



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : impressions 3D changeant de couleur

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologie	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment les animaux sont-ils capables de changer rapidement de couleur dans des situations critiques tout en consommant moins d'énergie ? Contexte Dans la nature, le caméléon change de couleur grâce à des cellules spécialisées appelées chromatophores, qui ajustent rapidement les pigments et reflètent différentes longueurs d'onde de lumière. Ce processus est contrôlé par des stimuli externes et ne nécessite pas beaucoup d'énergie. 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par les adaptations ou les comportements d'un organisme qui lui permettent de survivre. Elles peuvent également faire référence à quelque chose que vous attendez de votre solution de conception. ● Changement de couleur dynamique : les caméléons changent de couleur pour se camoufler et communiquer. ● Efficacité des matériaux : la peau du caméléon ajuste les pigments sans gaspillage. ● Haute précision : les chromatophores de la peau du caméléon contrôlent les teintes. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment les organismes vivants parviennent-ils à changer de couleur pour s'adapter rapidement à leur environnement ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Fonction Changement rapide de couleur pour le camouflage et la communication. Modèles naturels ● Céphalopodes : utilisation d'un système complexe de cellules pigmentaires pour une adaptation instantanée.



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

- **Papillons** : changent de couleur en fonction de l'angle de vue, améliorant ainsi l'attraction des partenaires et la protection.
- **Araignées** : utilisent la pigmentation et la texture pour se fondre dans leur habitat.

3.b Identifier les experts et entrer en contact avec les communautés de biologistes et de naturalistes.

- Universités et instituts de recherche (Université Harvard, Smithsonian Institution)
- Communautés professionnelles (Société internationale de biologie, Société d'écologie)
- Forums et groupes en ligne (ResearchGate)
- Organisations et événements locaux

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, créez un diagramme ou un dessin et/ou trouvez des images qui peuvent illustrer la conception.

Fonctions essentielles

- **Changement de couleur** : les caméléons changent de couleur pour se camoufler, communiquer et réguler leur température.
- **Pigments et couleurs structurales** : les caméléons utilisent à la fois des pigments et des couleurs structurales pour changer de couleur.
- **Chromatophores** : les caméléons possèdent des cellules colorées qui contiennent des pigments responsables de leur changement de couleur.
- **Iridophores** : les caméléons possèdent des cellules iridophores qui produisent des couleurs structurales grâce à des cristaux nanométriques qui réfléchissent la lumière.

Mots clés

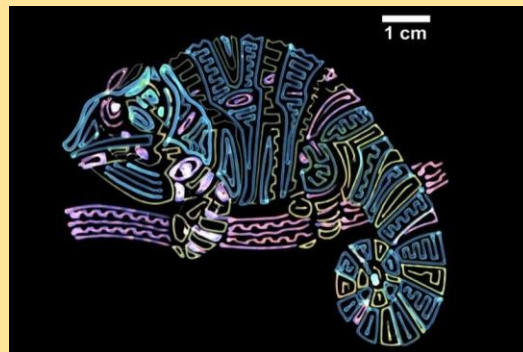
Adaptabilité, camouflage, communicativité, instantanéité, contrôle et réflexion.



<https://asknature.org/innovation/colourful-3d-printing-inspired-by-chameleons/>

4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

- **Adaptation dynamique des couleurs** : créer une imprimante permettant de modifier immédiatement les couleurs en fonction des préférences de l'utilisateur ou des signaux environnementaux.
- **Utilisation efficace des matériaux** : optimiser le processus d'impression afin d'utiliser un seul type de matériau tout en obtenant une large gamme de couleurs et d'effets.
- **Précision et détail** : intégrer des mécanismes de contrôle avancés pour garantir une application précise et détaillée des couleurs pendant l'impression.
- **Interface centrée sur l'utilisateur** : développer une interface intuitive qui permet aux utilisateurs de sélectionner et de personnaliser facilement les couleurs et les motifs.



<https://news.illinois.edu/view/6367/809468>

Étape 5 – Imiter

5.a Répertoriez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Caractéristiques

Adaptation dynamique des couleurs.

Idées

Bijoux personnalisés, vêtements adaptatifs, art dynamique, coques de téléphone, extérieurs ou intérieurs de voitures, jouets interactifs, moniteurs de santé portables, prothèses, emballages de produits

5.b Organisez vos idées en catégories qui incluent les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de design qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques

- Changez de couleur en fonction de l'éclairage ou des préférences de l'utilisateur.
- Ajustez la couleur en fonction des différentes tenues ou environnements.
- Changer de couleur à des fins esthétiques ou fonctionnelles.



Étape 6 – Évaluer

- Changer la couleur à des fins de personnalisation ou de sécurité.
- Changer la couleur pour attirer l'attention ou transmettre différents messages.

Contexte

Applications industrielles, éducation, milieux militaires et soins de santé.

Contraintes

- Complexité de l'intégration du mélange des couleurs en temps réel.
- Difficultés à maintenir la qualité d'impression lors des transitions de couleurs.
- Investissement initial dans la technologie et les matériaux.
- Équilibre entre prix abordable et fonctionnalités avancées.
- Garantir une interface intuitive pour les utilisateurs non techniciens.
- Fournir une assistance et des ressources adaptées aux différents profils d'utilisateurs.

Idée sélectionnée

Vêtements adaptatifs qui ajustent leur couleur pour s'harmoniser avec différentes tenues ou différents environnements.

6.a Évaluer le ou les concepts de conception par rapport à leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité du modèle technique et commercial.

Les concepts de conception de l'imprimante 3D à changement de couleur correspondent largement aux critères du défi de conception, notamment en termes d'innovation et de durabilité. Cependant, les défis liés à la mise en œuvre technique et à la gestion des coûts doivent être relevés. Le modèle commercial semble réalisable, en particulier s'il est soutenu par des partenariats stratégiques et axé sur la durabilité, ce qui correspond aux tendances actuelles du marché et aux préférences des consommateurs. Dans l'ensemble, avec une planification et une exécution minutieuses, le projet a toutes les chances de réussir.

6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

En réexaminant et en affinant chaque étape, la solution proposée pour une imprimante 3D à changement de couleur peut être rendue plus viable. En mettant l'accent sur une technologie simplifiée, des matériaux durables, une conception centrée sur l'utilisateur et un modèle commercial robuste, on augmentera les chances de succès tout en garantissant l'alignement avec les objectifs environnementaux et les demandes du marché. Un retour d'information régulier et une collaboration étroite seront essentiels pour adapter la solution au fur et à mesure de son évolution.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org>

<https://asknature.org/innovation/colourful-3d-printing-inspired-by-chameleons>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : le pigment blanc naturel du coléoptère Cyphochilus

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	
	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment certains organismes peuvent-ils réfléchir efficacement la lumière pour améliorer leur camouflage ? Contexte Certains organismes réfléchissent efficacement la lumière grâce à des structures spécialisées, telles que des écailles microscopiques ou des nanostructures, qui manipulent la lumière au niveau de la longueur d'onde. Ces adaptations leur permettent de se fondre parfaitement dans leur environnement, en reflétant les couleurs et les motifs qui les entourent. En imitant les conditions lumineuses environnantes, ils améliorent leur camouflage, rendant difficile leur repérage par les prédateurs ou les proies. Cette réflexion efficace de la lumière nécessite souvent un minimum d'énergie, ce qui permet à ces organismes de conserver leurs ressources tout en maximisant leurs chances de survie. 2.b Demandez-vous ce que votre conception veut accomplir. Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par les qui lui permettent de survivre. Elles peuvent également faire référence à quelque chose que vous attendez de votre solution de conception. ● Réflexion de la lumière : organismes qui utilisent des structures microscopiques pour se camoufler, comme le coléoptère Cyphochilus. ● Composition non toxique : les plantes et les micro-organismes qui produisent des pigments naturels tels que la chlorophylle. ● Durabilité et stabilité : pigments des ailes de papillon qui résistent aux UV et aux conditions météorologiques. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment les animaux camouflent-ils leurs couleurs pour s'adapter à différents environnements ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Fonction Réflexion de la lumière. Modèles naturels



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Étape 4 – Résumé

- **Ailes de papillon** : les papillons ont des structures microscopiques sur leurs ailes qui interagissent avec la lumière, générant des effets irisés. Cela leur permet de se camoufler dans leur environnement naturel et d'attirer des partenaires.
- **Peau de caméléon** : les caméléons possèdent des cellules spéciales appelées chromatophores qui leur permettent de changer rapidement de couleur en fonction de leur environnement ou de leur état émotionnel, ce qui les aide à se cacher de leurs prédateurs ou à communiquer avec d'autres caméléons.
- **Coraux** : les coraux développent des pigments naturels qui protègent leurs tissus des dommages causés par les rayons ultraviolets, tout en arborant des couleurs vives qui contribuent à la diversité des coraux dans les récifs.
- **Araignées** : certaines araignées développent des toiles dont les motifs et les couleurs s'harmonisent avec leur environnement naturel, ce qui leur permet de se protéger des prédateurs et d'attirer leurs proies.

3.b Identifier des experts et entrer en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes.

- Universités locales.
- Instituts de recherche.
- Société entomologique d'Amérique.
- Société pour la biologie intégrative et comparative.
- Communautés et forums en ligne.
- Conférences et ateliers.

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent illustrer la conception.

Fonctions essentielles :

- **Diffusion de la lumière** : la fonction principale des microstructures de l'exosquelette du coléoptère *Cyphochilus* est de diffuser la lumière, ce qui lui confère un aspect blanc brillant.
- **Production de couleurs** : dans la nature, les microstructures peuvent produire des couleurs grâce à l'interférence et à la diffusion des ondes lumineuses. Ce processus diffère de celui des pigments chimiques, car la couleur est générée par la structure physique plutôt que par un composé chimique.
- **Optimisation de l'interaction avec la lumière** : les écailles irrégulières qui recouvrent l'exosquelette du coléoptère *Cyphochilus* sont optimisées pour interagir avec la lumière de manière à améliorer sa visibilité. Cette optimisation garantit que la couleur blanche du coléoptère est très efficace dans son environnement naturel.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

Mots-clés

Microstructures, ondes lumineuses, diffusion de la lumière, exosquelette, écailles non uniformes, filaments espacés de manière irrégulière.



<https://asknature.org/innovation/super-white-material-inspired-by-the-typhochilus-beetle/>

4.b Traduire les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

- **Surfaces brillantes et réfléchissantes** : développer des surfaces qui réfléchissent efficacement la lumière, créant ainsi un aspect brillant et attrayant.
- **Matériaux sûrs et écologiques** : utilisez des matériaux d'origine naturelle et respectueux de l'environnement, en vous assurant qu'ils ne présentent aucun risque pour la santé des personnes et ne nuisent pas à la planète.
- **Performances durables** : développez des produits résistants à divers facteurs environnementaux, en veillant à ce qu'ils conservent leur qualité et leur apparence au fil du temps.
- **Options de couleurs polyvalentes** : développez des produits qui peuvent s'adapter à différents environnements ou préférences personnelles, en permettant de modifier leur couleur ou leur apparence selon les besoins.

<https://www.jacksonart.com/blog/2021/09/10/pigment-colour-index-white-pigments/>

5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Caractéristiques

Surfaces brillantes et réfléchissantes, matériaux sûrs et écologiques, performances durables, options de couleurs polyvalentes



Étape 5 – Imiter



	Idées Aliments sains et fonctionnels, ingrédients de longue conservation, peintures écologiques, revêtements pour bâtiments, cosmétiques, emballages, textiles, décoration intérieure et extérieure, jouets 5.b Classez vos idées par catégories en fonction des caractéristiques, du contexte, des contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de design qui correspondent le mieux à votre solution. Caractéristiques ● Surfaces brillantes et réfléchissantes : peintures écologiques, revêtements réfléchissants et résistants à l'eau pour les bâtiments, produits cosmétiques. ● Matériaux sûrs et écologiques : emballages biodégradables, matériaux non toxiques, mode et textiles, aliments sains et fonctionnels, ingrédients de longue conservation. ● Performances durables : équipement de plein air, décoration intérieure durable. ● Options de couleurs polyvalentes : mode et textiles, jouets et produits éducatifs, palettes de couleurs personnalisables. Contexte Biens de consommation, maison et habitat, applications extérieures, éducation et engagement communautaire. Contraintes ● Limites des matériaux : nécessité de s'approvisionner en matériaux durables, non toxiques, efficaces et esthétiques. ● Considérations relatives au coût : les produits doivent être abordables afin d'encourager leur adoption à grande échelle tout en conservant leur qualité. ● Exigences en matière de durabilité : les articles doivent résister aux facteurs environnementaux sans se dégrader rapidement. ● Conformité réglementaire : veiller à ce que les produits répondent aux normes de sécurité et soient conformes aux réglementations environnementales applicables. Idée sélectionnée Ingrédients à longue conservation : Développez des produits alimentaires à base d'ingrédients qui se conservent longtemps sans avoir recours à des conservateurs artificiels, afin de garantir leur fraîcheur et leur sécurité alimentaire.
Étape 6 – Évaluer	6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux. Les concepts de conception inspirés par le coléoptère Cyphochilus s'alignent bien sur les critères du défi de conception et démontrent leur compatibilité avec les systèmes terrestres grâce à des pratiques durables. Les progrès de la biochimie soutiennent la faisabilité technique de l'approvisionnement et de la production d'un





pigment blanc naturel, tandis que le modèle commercial est renforcé par les tendances du marché en faveur des produits écologiques. Il sera essentiel de lever les contraintes et d'investir dans la recherche et le développement pour réussir à commercialiser ces concepts.

6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

En réexaminant et en affinant les étapes précédentes du processus de conception, nous pouvons créer un plan solide pour développer un pigment blanc naturel et non toxique inspiré du coléoptère *Cyphochilus*. En nous concentrant sur le perfectionnement du produit, en surmontant les défis et en exécutant un plan de mise en œuvre complet, nous améliorerons la viabilité de cette solution sur le marché. Cette approche permettra non seulement de répondre à la demande des consommateurs en matière de produits durables, mais aussi de promouvoir une relation plus saine avec notre environnement.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org>

<https://asknature.org/innovation/super-white-material-inspired-by-the-cyphochilus-beetle>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : les tunnels des termitières

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Quelle est la stratégie de la nature pour créer des systèmes de ventilation naturels permettant de réguler la température et la circulation de l'air sans avoir recours à une énergie externe ? Contexte Les termitières sont conçues avec un réseau de tunnels qui aspirent l'air frais par le bas et expulsent l'air chaud par le haut, en utilisant les courants de convection. Les termitières exploitent le flux naturel de l'air, en utilisant les différences de température pour créer une circulation. Même en cas de chaleur extrême, les termitières maintiennent un environnement interne stable. La structure de la termitière assure le refroidissement et la circulation de l'air sans aucune consommation d'énergie, en s'appuyant uniquement sur sa conception et la dynamique naturelle de la circulation de l'air. 2.b Demandez-vous ce que vous souhaitez accomplir avec votre conception. Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par un organisme adaptations ou comportements qui lui permettent de survivre. Ils peuvent également faire référence à quelque chose que votre solution de conception doit accomplir. • Améliorer l'efficacité énergétique : les termitières utilisent la ventilation naturelle et la masse thermique pour réguler la température interne avec un apport énergétique minimal. • Maintenir le confort thermique : les matériaux de construction des termitières, tels que la terre et l'argile, ont une capacité thermique élevée. Cela permet à la termitière d'absorber et de stocker la chaleur pendant la journée et de la restituer pendant la nuit, plus fraîche, ce qui contribue à stabiliser la température interne. • Régulation de l'humidité : les termites maintiennent un environnement humide à l'intérieur de la termitière, ce qui contribue à réguler la température et l'humidité. L'humidité du sol et les activités des termites contribuent à créer un microclimat stable. • Architecture adaptative : l'architecture des termitières peut varier en fonction de l'environnement extérieur. Dans les habitats plus frais, les termitières sont conçues pour minimiser les pertes de chaleur, tandis que dans les régions plus chaudes, elles sont structurées de manière à améliorer la ventilation et le refroidissement. 2.c Inversez la question. Envisagez des fonctions opposées.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



	Quelle est la stratégie de la nature pour créer des systèmes naturels de contrôle de l'humidité afin de maintenir des niveaux d'humidité optimaux ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Fonctions • Régulation thermique : refroidissement passif et régulation de la température. • Ventilation naturelle : consommation d'énergie minimale. Modèles naturels • Termitières (Macrotermes michaelseni) : les termitières en Afrique maintiennent une température interne stable malgré des conditions extérieures extrêmes. Elles y parviennent grâce à des systèmes de ventilation complexes, à leur masse thermique et à des matériaux isolants. • Branchies des poissons et poumons : les branchies des poissons et les poumons des animaux respirant de l'air sont très efficaces pour les échanges gazeux, ce qui permet une fonction respiratoire optimale avec un minimum d'énergie. • Ruches : les abeilles régulent la température à l'intérieur de leurs ruches en battant des ailes pour créer un courant d'air et en se regroupant pour générer de la chaleur. Ce système de ventilation naturel permet de maintenir un environnement stable pour la ruche. • Les épines des cactus : les cactus des environnements arides utilisent leurs épines pour collecter et diriger les gouttelettes d'eau provenant du brouillard. Les épines fournissent également de l'ombre et réduisent les mouvements d'air autour du cactus, minimisant ainsi la perte d'eau et aidant à réguler la température. • Nids de fourmis : certaines espèces de fourmis construisent des nids dotés de systèmes de tunnels complexes qui favorisent la circulation de l'air et régulent la température. Ces tunnels permettent une ventilation passive, contribuant à maintenir le nid au frais dans les climats chauds. • Structures foliaires : de nombreuses plantes ont des feuilles dont la structure favorise la ventilation et le refroidissement naturels. Par exemple, les stomates des feuilles s'ouvrent et se ferment pour réguler les échanges gazeux et la perte d'eau, ce qui contribue à maintenir des conditions internes optimales. • Les regroupements de manchots : les manchots empereurs se regroupent pour conserver leur chaleur et se protéger du froid. Ce comportement collectif réduit la perte de chaleur et aide à maintenir une température stable au sein du groupe. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. • Départements universitaires et instituts de recherche. • Instituts de recherche. • Institut de biomimétisme.



Étape 4 – Résumé

- Sociétés d'écologie (par exemple, l'Ecological Society of America (ESA)).
- Musées d'histoire naturelle.
- Revues scientifiques et conférences.

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, créez un diagramme ou un dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Fonctions principales

- **Régulation thermique** : les termitières sont construites à partir de terre et d'argile, qui ont une capacité thermique élevée. Cela permet à la termitière d'absorber et de stocker la chaleur pendant la journée et de la restituer pendant la nuit, plus fraîche, stabilisant ainsi la température interne.
- **Ventilation naturelle** : les termitières sont dotées d'un réseau de tunnels et de cheminées qui facilitent la circulation naturelle de l'air. L'air chaud monte et s'échappe par les cheminées, créant un courant de convection qui aspire l'air plus frais de la base.



Généré à l'aide d'un outil d'IA.

4.b Traduisez les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrivez la stratégie sans utiliser de termes biologiques et reliez-la aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

- **Régulation thermique** : créez des bâtiments dotés de systèmes de ventilation et d'éléments de masse thermique bien conçus. Intégrez des caractéristiques telles que des murs épais ou des matériaux isolants qui maintiennent la température intérieure stable sans recourir au chauffage ou à la climatisation mécanique. Veillez à ce que la disposition du bâtiment favorise la circulation naturelle de l'air afin de maintenir un confort optimal dans des conditions météorologiques variables.
- **Ventilation naturelle** : intégrez des événements et des ouvertures stratégiquement placés pour favoriser la circulation naturelle de l'air dans tout le bâtiment. Utilisez des éléments de conception tels que des plafonds hauts, des ouvertures de ventilation transversale et des événements réglables pour améliorer la circulation de l'air et maintenir une bonne qualité de l'air intérieur.

Étape 5 – Imiter

5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Caractéristiques

Températures intérieures stables avec une consommation d'énergie minimale, amélioration de la qualité de l'air et réduction de la dépendance aux systèmes mécaniques.

Idées

Ventilation par cheminée, capteurs de vent, matériaux à haute capacité thermique, matériaux à changement de phase, toits verts, murs végétaux, fenêtres et persiennes ouvrables, façades dynamiques, ventilation nocturne, dispositifs d'ombrage, orientation des bâtiments, cours et atriums

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques

- **Régulation thermique (températures intérieures stables avec une consommation d'énergie minimale) :** matériaux à haute capacité thermique, matériaux à changement de phase (PCM), toits verts, murs végétaux, façades dynamiques, orientation du bâtiment.
- **Ventilation naturelle (améliore la qualité de l'air et réduit la dépendance aux systèmes mécaniques) :** ventilation par cheminée, capteurs de vent, fenêtres ouvrables, persiennes de ventilation, ventilation nocturne, dispositifs d'ombrage, cours et atriums.

Contexte

- Climats présentant des variations de température importantes.
- Climats où la ventilation naturelle peut améliorer considérablement la qualité de l'air intérieur.
- Les nouvelles constructions ou les rénovations importantes où la gestion thermique peut être intégrée dès le début du processus de conception.
- Les nouveaux bâtiments et les rénovations où le flux d'air peut être optimisé.

Contraintes

- Coûts initiaux plus élevés et complexité potentielle de l'installation.
- Un soutien structurel supplémentaire peut être nécessaire et l'entretien peut être intensif.
- Flexibilité limitée pour les structures existantes et les rénovations.
- Peut nécessiter des modifications structurelles importantes.
- Risque de défaillance mécanique et d'entretien.

Idée sélectionnée

- **Matériaux à haute capacité thermique :** tout comme les termitières utilisent la terre et l'argile pour absorber et stocker la chaleur, l'utilisation de matériaux à haute



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



	La masse thermique des bâtiments peut contribuer à stabiliser la température intérieure en stockant la chaleur pendant la journée et en la libérant pendant la nuit.
Étape 6 – Évaluer	6.a Évaluez le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluez la faisabilité du modèle technique et commercial. Les matériaux à haute capacité thermique ont la capacité d'absorber, de stocker et de libérer des quantités importantes de chaleur. Dans les bâtiments, l'utilisation de matériaux à masse thermique élevée peut contribuer à stabiliser les températures intérieures en modérant les fluctuations de température. Contraintes ● Adaptation au climat : les matériaux à masse thermique sont plus efficaces dans les climats où les variations de température entre le jour et la nuit sont importantes. Dans les régions où les températures sont constamment douces ou extrêmes, leurs avantages peuvent être limités. ● Coûts de construction initiaux : l'utilisation de matériaux à masse thermique élevée tels que le béton, la brique ou la terre battue peut augmenter les coûts de construction initiaux en raison de la nécessité de recourir à des matériaux et à des techniques de construction spécialisés. ● Considérations structurelles : le poids des matériaux à masse thermique nécessite un support structurel solide, ce qui peut compliquer la conception et augmenter les coûts. ● Intégration dans la conception : l'utilisation efficace de la masse thermique nécessite une conception et un emplacement minutieux dans le bâtiment afin de maximiser l'absorption et la libération de chaleur. Une mauvaise intégration peut entraîner des performances sous-optimales. ● Exigences en matière d'isolation : une isolation adéquate est nécessaire pour garantir que la chaleur stockée est conservée et ne se dissipe pas dans l'environnement extérieur. Compatibilité avec les systèmes terrestres ● Réduire la consommation d'énergie. ● Promouvoir la durabilité. ● Améliorer la qualité de l'air intérieur. Faisabilité technique ● Disponibilité des matériaux : les matériaux à haute masse thermique tels que le béton, la brique et la terre battue sont largement disponibles et peuvent être achetés localement, ce qui les rend techniquement réalisables pour la plupart des projets de construction.



- **Flexibilité de conception** : ces matériaux peuvent être intégrés dans divers types de bâtiments, des plus traditionnels aux plus modernes, ce qui permet une grande flexibilité dans les styles architecturaux.
- **Performances** : lorsqu'ils sont correctement conçus et intégrés, les matériaux à masse thermique peuvent améliorer considérablement les performances thermiques des bâtiments, réduisant ainsi la consommation d'énergie et améliorant le confort des occupants.

Faisabilité du modèle commercial

- **Économies** : bien que les coûts de construction initiaux puissent être plus élevés, les économies à long terme en termes de coûts énergétiques peuvent rendre les matériaux à masse thermique économiquement viables. La réduction de la dépendance aux systèmes mécaniques se traduit par une baisse des coûts d'exploitation.
- **Demande du marché** : La demande en solutions de construction durables et efficaces sur le plan énergétique est en hausse, ce qui rend les matériaux à masse thermique particulièrement intéressants pour les promoteurs et les investisseurs.
- **Soutien réglementaire** : les codes et réglementations de construction de plus en plus stricts qui favorisent l'efficacité énergétique et la durabilité encouragent l'adoption de matériaux à masse thermique.

6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Afin de trouver une solution viable pour maintenir des températures intérieures stables avec une consommation d'énergie minimale, améliorer la qualité de l'air et réduire la dépendance aux systèmes mécaniques, la conception proposée doit tenir compte des éléments suivants : adéquation au climat, intégration de la conception, évaluation du soutien structurel et équilibre entre les coûts initiaux et les économies à long terme.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org>

<https://asknature.org/innovation/passively-cooled-building-inspired-by-termite-mounds>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : aérodynamique des graines du sycamore

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE

Description

Étape 2 – Biologiser

2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème.

Comment la nature peut-elle relever ce défi avec moins d'énergie pour créer un flux d'air important ?

Contexte

Dans la nature, la forme des ailes des graines de sycamore leur permet de planer dans les airs, créant un mouvement spiralé.

2.b Demandez-vous ce que votre conception veut accomplir.

Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par les adaptations ou les comportements d'un organisme qui lui permettent de survivre. Elles peuvent également faire référence à quelque chose que votre solution de conception doit accomplir.

Résumé des fonctions clés et des contextes naturels

Fonction de conception	Contexte naturel (adaptation)
Circulation efficace de l'air	Nageoires des poissons, nageoires des baleines
Fonctionnement silencieux	Ailes de hibou, peau de requin
Durabilité et conception légère	Soie d'araignée, structure osseuse des oiseaux
Régulation thermique	Termitières, oreilles d'éléphant
Adaptabilité et flexibilité	Feuilles de plantes (tropisme), thermorégulation des pingouins
Durabilité et matériaux écologiques	Bambou, coquilles de mollusques
Flux d'air dispersé et uniforme	Bancs de poissons, régulation du flux d'air dans les ruches

2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées

Comment la nature peut-elle envisager de restreindre ou de bloquer le flux d'air ?

Étape 3 – Découvrez

3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception.

Fonctions



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

- **Circulation efficace de l'air** : déplacer l'air efficacement avec un minimum d'énergie.
- **Fonctionnement silencieux** : fonctionner silencieusement avec un minimum de bruit.
- **Graine de sycomore (graine d'érable)** : la structure en forme d'aile de la graine lui permet de tourner et de planer efficacement dans les airs, en utilisant les principes de l'aérodynamique pour parcourir de longues distances avec un minimum d'énergie.

Modèles naturels

- **Ailes de libellule** : les libellules ont des ailes très efficaces qui créent une portance et une propulsion avec un minimum d'énergie, ce qui leur permet de voler rapidement et avec agilité.
- **Ailes de chauve-souris** : les chauves-souris utilisent une membrane alaire flexible qui s'adapte pour leur permettre un vol efficace et contrôlé, optimisant le flux d'air autour de leurs ailes pour une meilleure maniabilité.
- **Ailes de hibou** : les hiboux ont des plumes d'ailes spécialisées avec des bords dentelés qui réduisent les turbulences et le bruit, leur permettant ainsi de voler presque sans bruit.
- **Ailes de coléoptères** : certains coléoptères, comme le coléoptère titan, ont des ailes dont la texture unique réduit le bruit pendant le vol.
- **Plumes de colibri** : les colibris utilisent des plumes spécialisées pour minimiser le bruit lorsqu'ils volent en stationnaire et se déplacent rapidement.

3.b Identifier des experts et entrer en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes.

- Universités et instituts de recherche (Université de Californie, Berkeley, Université Harvard)
- Experts spécifiques (Janine Benyus, Daniel Pauly, Mark Miodownik)
- Institut de biomimétisme
- Société américaine des ingénieurs mécaniciens (ASME)
- Société pour la biologie de la conservation.
- Revues et publications spécialisées.
- Forums en ligne et réseaux sociaux.
- Conférences et ateliers (Biomimicry Global Design Challenge, Conférence internationale sur les systèmes biomimétiques et biohybrides, réunion annuelle de l'Ecological Society of America (ESA)).
- Société internationale pour l'architecture bioclimatique (ISBA).
- Institut américain des architectes (AIA).

- Centres naturels locaux et jardins botaniques.
- Sections locales de l'Audubon Society.
- Academia.edu.

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent illustrer la conception.

Fonctions essentielles

- **Circulation d'air efficace** : permet un mouvement d'air fluide et efficace avec un minimum d'énergie et moins de bruit.
- **Autorotation** : permet à la capsule de rester plus longtemps en l'air et de parcourir de plus longues distances.
- **Forme incurvée** : facilite l'autorotation de la capsule.
- **Équilibre entre le poids et la longueur des ailes** : assure une autorotation fluide pendant la chute libre.



Copyright @Adobe Stock

4.b Traduisez les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrivez la stratégie sans utiliser de termes biologiques et reliez-la aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

- **Circulation d'air efficace** : concevez les pales du ventilateur de manière à créer un flux d'air fluide et sans effort. Les pales doivent être conçues pour déplacer l'air efficacement tout en utilisant un minimum d'énergie, afin de garantir un effet de refroidissement performant.
- **Assurer un fonctionnement silencieux** : intégrer des caractéristiques qui minimisent le bruit pendant le fonctionnement. Concevoir les pales du ventilateur et le moteur de manière à réduire les vibrations et le bruit, créant ainsi un environnement calme et agréable.
- **Équilibre entre le poids et la longueur des pales** : utilisez des matériaux à la fois solides et légers. Cela garantit que le ventilateur est durable et facile à manipuler, tout en étant suffisamment robuste pour résister à une utilisation régulière.

- **Régulez efficacement la température** : intégrez des éléments de conception qui permettent de gérer et de maintenir une température agréable. Cela peut impliquer d'optimiser les flux d'air afin d'améliorer le refroidissement et le contrôle global de la température.



Généré avec l'IA

Étape 5 – Imiter

5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Caractéristiques

Optimisez la circulation de l'air avec un minimum d'énergie, une réduction du bruit, une optimisation des matériaux et des matériaux durables.

Idées

Pales incurvées, pales aérodynamiques, moins de pales et pales équilibrées en termes de poids et de longueur.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques

- **Conception des pales** : pales en forme d'ailes inspirées des graines de sycomore et des ailes de libellule pour améliorer l'efficacité du flux d'air.
- **Mécanisme à vitesse variable** : angles ou vitesses des pales réglables pour optimiser le débit d'air en fonction de la taille et des conditions de la pièce.

Contexte

- **Usage résidentiel** : le ventilateur doit être adapté à divers environnements domestiques, notamment les salons, les chambres et les bureaux.

Contraintes

- **Budget** : les considérations relatives au coût des matériaux et des processus de production doivent être mises en balance avec les caractéristiques et fonctionnalités souhaitées.

Étape 6 – Évaluer

6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité



avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

Les concepts de conception du ventilateur de plafond inspiré des graines de sycomore répondent parfaitement aux critères du défi, offrant une circulation d'air efficace, un fonctionnement silencieux, une grande résistance, une bonne adaptabilité et une durabilité environnementale. Ils sont compatibles avec les systèmes terrestres en favorisant l'efficacité énergétique et en réduisant les déchets. Les modèles techniques et commerciaux sont réalisables, mais il faudra tenir compte des coûts et de la sensibilisation du marché pour garantir le succès de la mise en œuvre. Les caractéristiques innovantes et la conception écologique du ventilateur lui confèrent une position favorable sur un marché en pleine croissance pour les produits domestiques durables.

6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

En révisant et en affinant chaque concept, le ventilateur de plafond peut être mieux adapté aux critères du défi de conception, garantissant une circulation d'air efficace, un fonctionnement silencieux et une adaptabilité tout en tirant parti de matériaux écologiques. L'approche révisée aborde la faisabilité technique et commerciale, en mettant l'accent sur la durabilité et la demande des consommateurs. La conception finale intégrera des fonctionnalités avancées et des pratiques respectueuses de l'environnement, le positionnant comme un produit compétitif et innovant sur le marché.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>

<https://asknature.org/innovation/aerodynamic-ceiling-fan-inspired-by-sycamore-seedpods>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : Toilettes portables et sans eau

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment la nature assure-t-elle la filtration naturelle ? Contexte La nature offre plusieurs solutions aux défis liés à l'assainissement grâce à une gestion efficace des déchets et au recyclage des ressources. Par exemple, les zones humides filtrent les polluants présents dans l'eau grâce à l'action des racines des plantes et à l'activité microbienne. Ce principe peut être appliqué aux systèmes d'assainissement qui traitent les déchets et recyclent l'eau, garantissant ainsi la propreté et l'équilibre écologique. 2.b Que veux-je que ma conception fasse ? Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par les adaptations ou les comportements d'un organisme qui lui permettent de survivre. Elles peuvent également faire référence à quelque chose que votre solution de conception doit accomplir. Fonctions clés de la conception • Confinement des déchets. • Décomposition naturelle. • Contrôle des odeurs. • Conservation de l'eau. • Facilité de transport. • Facilité d'utilisation. Modèles naturels • Écosystèmes humides. • Systèmes de compostage. • Stockage de l'eau par les plantes. • Canopées forestières. • Habitats des insectes. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment la nature peut-elle envisager de restreindre ou de bloquer la filtration naturelle ?



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

Étape 3 – Découvrir

3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception.

Plantes des zones humides (par exemple, les roseaux et les joncs).

- **Fonction** : confinement des déchets et filtration naturelle
- **Modèle** : les plantes des zones humides prospèrent dans les environnements gorgés d'eau et contribuent à filtrer les polluants de l'eau grâce à leur système racinaire. Elles contiennent et gèrent les nutriments, ce qui les rend efficaces pour maintenir la santé de l'écosystème.

Termitières

- **Fonction** : Décomposition naturelle et contrôle des odeurs.
- **Modèle** : Les termitières maintiennent un environnement interne stable qui favorise la décomposition des matières organiques. Elles sont dotées de systèmes de ventilation qui régulent la température et l'humidité, ce qui aide à contrôler les odeurs et facilite la décomposition.

Vers de compostage (par exemple, les lombrichs rouges).

- **Fonction** : Décomposition des déchets et cycle des nutriments.
- **Modèle** : ces vers jouent un rôle crucial dans le compostage en décomposant les déchets organiques en un sol riche en nutriments. Leur comportement de creusement aère le compost, favorisant la décomposition et améliorant la qualité du sol.

Plantes succulentes (par exemple, l'aloë vera).

- **Fonction** : conservation et stockage de l'eau
- **Modèle** : les plantes succulentes stockent l'eau dans leurs feuilles, ce qui leur permet de survivre dans des conditions arides. Cette stratégie d'adaptation peut inspirer des conceptions qui minimisent la consommation d'eau et gèrent efficacement les déchets sans nécessiter de grandes quantités d'eau.

Cycle des nutriments dans les écosystèmes forestiers.

- **Fonction** : décomposition et enrichissement du sol.
- **Modèle** : Le processus naturel qui se produit dans les écosystèmes forestiers, où les matières végétales mortes se décomposent et enrichissent le sol, peut inspirer la conception de toilettes à compost qui recyclent les déchets en compost utilisable pour enrichir le sol.

3.b Identifier des experts et entrer en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes.

- Universités dotées de départements de sciences environnementales ou de biologie.
- Centres de recherche.
- Société écologique américaine (ESA).
- Société pour la biologie de la conservation.
- The Nature Conservancy.

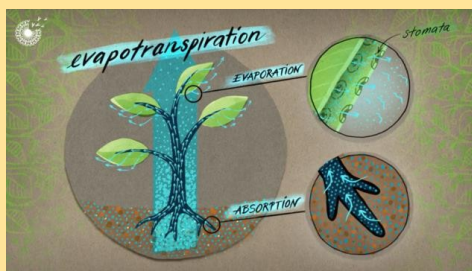
- ResearchGate.
- Conférences sur l'écologie.
- Ateliers locaux sur la nature

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent illustrer la conception.

Fonctions essentielles

- **Transport de l'eau** : l'évapotranspiration implique le mouvement de l'eau depuis le sol à travers la plante, puis vers l'extérieur par les stomates des feuilles. Ce processus aide à transporter les nutriments essentiels du sol vers différentes parties de la plante.
- **Mécanisme de refroidissement** : lorsque l'eau s'évapore par les stomates, elle refroidit la plante, de la même manière que la transpiration refroidit le corps humain. Cela permet de maintenir des températures optimales pour les processus métaboliques.
- **Absorption des nutriments** : le mouvement ascendant de l'eau à travers la plante facilite l'absorption et la distribution des nutriments dissous dans l'eau. Ce processus est essentiel à la croissance et au développement de la plante.
- **Contribution au cycle de l'eau** : l'évapotranspiration contribue au cycle de l'eau en renvoyant la vapeur d'eau dans l'atmosphère. Ce processus est essentiel pour maintenir l'équilibre hydrique dans l'environnement.



<https://thekidshouldseethis.com/post/how-did-trees-inspire-the-sustainable-superstar-of-toilets>

4.b Traduisez les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrivez la stratégie sans utiliser de termes biologiques et reliez-la aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Stratégies de conception inspirées de la nature

- **Confinement des déchets** : créer une structure robuste qui retient les déchets de manière sécurisée afin d'éviter les fuites et les odeurs, garantissant ainsi la sécurité et l'hygiène.
- **Décomposition naturelle** : mettre en place un système qui favorise la décomposition des déchets en matières inoffensives, à l'aide de processus simples et efficaces.
- **Gestion des odeurs** : concevez un système de ventilation qui permet à l'air frais de circuler tout en contrôlant efficacement les odeurs désagréables.

Étape 5 – Imiter

- **Efficacité hydrique** : utiliser un minimum d'eau, voire pas du tout, pour le fonctionnement, afin de maximiser l'efficacité et de réduire la dépendance aux ressources en eau.
- **Portabilité** : concevez des toilettes légères et faciles à transporter, permettant une installation rapide dans divers endroits, que ce soit pour des événements, dans des zones rurales ou dans des situations d'urgence.



<https://thekidshouldseethis.com/post/how-old-trees-inspire-the-sustainable-wildstar-of-toilets>

« L'imitation est un processus exploratoire qui vise à capturer une « recette » ou « un modèle » dans la nature qui peut être reproduit dans nos propres créations. »

<https://toolbox.biomimicry.org/methods/emulate/>

5.a Dressez la liste des informations clés et explorez autant d'idées que possible. Caractéristiques

Prévention des fuites et des odeurs, stockage sécurisé des déchets humains, décomposition sûre des déchets, utilisation de processus microbiens ou de techniques de compostage, ventilation adéquate et contrôle des odeurs, confort et hygiène, réduction de la consommation d'eau, options de séchage ou de rinçage minimal, transport facile et installation rapide.

Idées

Conception modulaire, matériaux biodégradables, intégration d'une fonction de compostage et systèmes de ventilation actifs ou passifs.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques

- **Confinement des déchets** : stockage sécurisé pour éviter les fuites et les odeurs.
- **Décomposition naturelle** : mécanisme de compostage pour le recyclage des nutriments, matériaux biodégradables pour améliorer la durabilité.
- **Gestion des odeurs** : système de ventilation efficace (passif ou actif).
- **Efficacité hydrique** : options sèches ou à chasse d'eau minimale.
- **Portabilité** : conception légère et modulaire pour un transport facile.

- **Fonctions intelligentes** : capteurs pour surveiller les niveaux de déchets.

Contexte

Zones rurales aux infrastructures limitées, événements en plein air (festivals, concerts), zones sinistrées et zones urbaines en développement.

Contraintes

- **Coût** : limites de l'investissement initial, en particulier pour les communautés à faibles revenus.
- **Entretien** : Nécessité de former les utilisateurs et d'assurer un entretien continu.
- **Conformité réglementaire** : respecter les réglementations locales en matière de santé et de sécurité.
- **Impact environnemental** : veiller à ce que les matériaux et les processus ne nuisent pas aux écosystèmes locaux.

Idée sélectionnée

- **Toilettes à compostage modulaires** : combinent un stockage sécurisé des déchets et une fonction de compostage. Légères et portables, elles peuvent être facilement installées à divers endroits.



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

Étape 6 – Évaluer

6.a Évaluer le ou les concepts de conception par rapport à leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité du modèle technique et commercial.

Conformité aux critères du défi de conception :

- **Gestion des déchets** : contient et décompose efficacement les déchets, favorisant ainsi la durabilité.
- **Efficacité hydrique** : nécessite peu ou pas d'eau, conformément aux objectifs de conservation.
- **Portabilité** : conçu pour être facilement transporté et installé dans divers endroits.

Compatibilité avec les systèmes terrestres :

- **Recyclage des nutriments** : transforme les déchets en compost, enrichit le sol et soutient les écosystèmes locaux.
- **Conservation des ressources** : minimise la consommation d'eau et tire parti des processus naturels de décomposition.

Faisabilité :

- **Technique** : nécessite des recherches sur les matériaux et la conception pour un compostage efficace et un contrôle des odeurs. Les défis potentiels comprennent la garantie d'une décomposition efficace dans divers climats.
- **Modèle commercial** : peut cibler à la fois les consommateurs individuels et les organisations (par exemple, événements, ONG), mais les coûts initiaux peuvent limiter l'accessibilité dans les zones à faibles revenus.

6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Toilettes à compostage modulaires intégrées avec ventilation

- **Composants modulaires** : permettent une personnalisation en fonction des besoins des utilisateurs et des conditions environnementales (par exemple, unités de compostage supplémentaires, différentes tailles).
- **Système de ventilation naturelle** : intégrez des éléments tels que des événements ou des cheminées pour favoriser la circulation de l'air et contrôler les odeurs sans composants mécaniques.
- **Matériaux biodégradables** : utilisez des matériaux qui se décomposent avec le temps, conformément aux objectifs de durabilité.
- **Accès convivial** : assurez un accès facile pour la maintenance, le matériel pédagogique et la gestion des déchets.



Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>

<https://asknature.org/innovation/low-cost-portable-toilet-inspired-by-evapotranspiration-in-plants>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : formation en V des oiseaux migrateurs

BIOMIMÉTISME CONCEPTION	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment les oiseaux volent-ils plus efficacement et en toute sécurité pour atteindre leur destination ? Contexte Lorsque nous levons les yeux vers le ciel, nous pouvons apercevoir une volée d'oiseaux volant vers le sud, disposés en formation en V. C'est un spectacle incontournable en automne, qui nous rappelle que des jours plus froids et plus sombres nous attendent. Il existe en fait une science assez intéressante qui explique pourquoi certaines espèces de grands oiseaux s'organisent de cette manière, et cela a tout à voir avec l'efficacité, en particulier pour les longs vols migratoires. Ce mode de vol aide tous les oiseaux à économiser leur énergie. Il s'avère que lorsque les grands oiseaux battent des ailes, ils génèrent des circulations d'air appelées tourbillons, qui comportent à la fois des segments ascendants et descendants, des poches d'air tourbillonnant. 2.b Posez-vous la question suivante : que veux-je que mon design accomplisse ? • Réduire les émissions de CO₂. • Réduire la consommation de carburant. • Assurer la sécurité de l'avion et des personnes à bord. 2.c Inversez la question. <i>Envisagez</i> des fonctions opposées. Comment les oiseaux consomment-ils moins d'énergie ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Lisez des publications scientifiques. • Modèles naturels • Les chauves-souris : les chauves-souris sont connues pour leur vol agile et leur capacité à naviguer dans des environnements complexes. Elles utilisent l'écholocation pour éviter les obstacles et localiser leurs proies, ce qui leur permet de voler efficacement même dans l'obscurité totale. • Insectes : De nombreux insectes, tels que les abeilles et les libellules, possèdent des mécanismes de vol très efficaces. Les abeilles, par exemple, combinent des battements d'ailes rapides et des mouvements du corps pour planer et manœuvrer avec précision. Les libellules peuvent modifier l'angle de leurs ailes afin de maximiser la portance et de minimiser la traînée. • Mammifères planeurs : Les animaux tels que les écureuils volants et les phalangers volants utilisent une approche différente pour se déplacer efficacement. Ils planent d'arbre



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

	arbre en utilisant une membrane tendue entre leurs membres, ce qui leur permet de parcourir de longues distances avec un minimum d'énergie. • Poissons : certains poissons, comme les poissons volants, peuvent sauter hors de l'eau et planer à la surface pour échapper à leurs prédateurs. Ils utilisent leurs nageoires pectorales pour attraper l'air et planer efficacement. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. • Laboratoire d'ornithologie de Cornell. • Société royale pour la protection des oiseaux (RSPB). • Partenaires dans le vol (PIF). • Institut Max Planck d'ornithologie.
Étape 4 – Résumé	4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception. • Stratégies biologiques appliquées par les oiseaux migrateurs : • Modèles de vol aérodynamiques. • Planage et vol plané. • Forme et flexibilité des ailes (ailes à forte allongement, utilisation flexible des ailes). • Adaptations métaboliques (musculature efficace, réserves de graisse). • Optimisation du battement des ailes (battement intermittent (battement-planeur ou battement-bondissant), fréquence de battement efficace). • Aérodynamisme (forme aérodynamique du corps). • Exploitation de l'environnement (vents arrière et courants ascendants, ascendance des crêtes et thermiques). • Adaptations comportementales (itinéraires économes en énergie, coordination du groupe). 

https://en.wikipedia.org/wiki/V_formation

4.b Traduire les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

- Les deux avions doivent se diriger dans la même direction.
- Comme il est plus facile de former une formation en V en plein vol, les avions n'ont pas besoin de décoller ou d'atterrir en même temps.
- À partir de là, les pilotes activent une balise de couplage.
- Une fois synchronisés, le logiciel détermine où doit se trouver le deuxième avion pour tirer parti des tourbillons d'air générés par le premier.
- Le pilote automatique peut être utilisé à partir de là pour maintenir une distance appropriée.



https://en.wikipedia.org/wiki/V_formation

« L'émulation est un processus exploratoire qui vise à capturer une « recette » ou un « modèle » dans la nature qui peut être reproduit dans nos propres conceptions. »

<https://toolbox.biomimicry.org/methods/emulate/>

Étape 5 – Imiter

5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

- **Efficacité énergétique** : les oiseaux volant en formation en V bénéficient d'une résistance à l'air réduite. L'oiseau de tête crée un vortex qui fournit une portance aux oiseaux derrière lui, leur permettant de dépenser moins d'énergie. Ce principe a été appliqué aux avions militaires afin d'améliorer leur rendement énergétique et d'étendre leur autonomie de vol.
- **Économies de carburant** : dans l'aviation militaire, la formation en « V » ou « Vic » est une pratique courante. Elle a été utilisée pour la première fois pendant la Première Guerre mondiale et s'est avérée efficace pour améliorer le rendement énergétique en réduisant la traînée. Cette formation permet aux avions de parcourir de plus longues distances sans ravitaillement.

- **Coordination et sécurité** : voler en formation en V nécessite une coordination précise entre les oiseaux, ce qui se traduit par une sécurité et une communication accrues dans l'aviation. Les pilotes militaires utilisent cette formation pour maintenir un contact visuel et assurer des manœuvres synchronisées.
- **Recherche et simulation** : bien que moins courants, les principes de la formation en V sont parfois appliqués dans l'aviation commerciale, en particulier dans le cadre de vols de recherche et d'expérimentation. Des études ont montré que les avions commerciaux volant en formation pouvaient réaliser des économies de carburant et réduire leurs émissions, mais la mise en œuvre pratique en est encore au stade expérimental.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

	Contexte	Caractéristiques	Contraintes
Efficacité énergétique	aviation militaire aviation commerciale aviation	Améliorer le rendement énergétique augmenter l'autonomie de vol	Obstacles technologiques : nécessite des investissements importants dans la recherche et le développement Changements opérationnels : les nouvelles procédures de vol et l'optimisation des itinéraires pour améliorer le rendement énergétique nécessitent des changements dans la formation des pilotes et la gestion du trafic aérien Facteurs environnementaux : les conditions météorologiques, la congestion du trafic aérien et d'autres facteurs environnementaux peuvent avoir une incidence sur l'efficacité des mesures d'économie de carburant
Économie de carburant		améliorer l'efficacité énergétique en réduisant la traînée voler sur de plus longues distances sans ravitaillement	
Coordination et sécurité		amélioration de la sécurité et de la communication manœuvres synchronisées maintien de l'intégrité de la formation	
Recherche et simulation		économies de carburant réduction des émissions planification des vols optimisation des itinéraires innovation technologique	

Étape 6 – Évaluer

6.a Évaluer le ou les concepts de conception par rapport aux critères et contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité du modèle technique et commercial.

Critères de conception

- **Aérodynamique** : l'avion doit avoir une forme optimisée pour réduire la traînée. Cela inclut des caractéristiques telles que des ailes intégrées au fuselage, des ailettes et un contrôle du flux laminaire.
- **Réduction du poids** : utiliser des matériaux légers tels que les composites en fibre de carbone pour réduire le poids total de l'avion.



- **Moteurs efficaces** : développer des moteurs plus efficaces, tels que des turboréacteurs à double flux avec des taux de dilution plus élevés ou des systèmes de propulsion hybrides-électriques.
- **Sources d'énergie** : exploration de sources d'énergie alternatives telles que les biocarburants, l'hydrogène ou les groupes motopropulseurs entièrement électriques.
- **Efficacité opérationnelle** : mise en œuvre de systèmes avancés de gestion des vols pour une planification optimale des itinéraires et des profils de vol économes en carburant.

Contraintes

- **Faisabilité technologique** : la technologie doit être suffisamment mature pour être mise en œuvre de manière sûre et fiable dans les avions commerciaux et militaires.
- **Conformité réglementaire** : la conception doit respecter les réglementations strictes en matière de sécurité aérienne et d'environnement.
- **Viabilité économique** : l'avion doit être rentable à produire et à exploiter, afin d'être financièrement viable pour les compagnies aériennes et les opérateurs militaires.
- **Compatibilité avec les infrastructures** : la conception doit être compatible avec les infrastructures aéroportuaires et les installations de maintenance existantes.

Compatibilité avec les systèmes terrestres

- **Impact environnemental** : l'avion doit minimiser les émissions et la pollution sonore, contribuant ainsi aux objectifs mondiaux de développement durable.
- **Utilisation des ressources** : utilisation efficace des matériaux et des sources d'énergie afin de réduire l'empreinte environnementale pendant la fabrication et l'exploitation.
- **Gestion du cycle de vie** : prise en compte de l'ensemble du cycle de vie de l'avion, de la production à la mise au rebut, afin de garantir un impact environnemental minimal.

Faisabilité technique

- **Technologies actuelles** : bon nombre des technologies requises, telles que les composites avancés et les moteurs efficaces, sont déjà utilisées ou en cours de développement. Cependant, les avions entièrement électriques ou à hydrogène en sont encore au stade expérimental.
- **Recherche et développement** : des investissements importants en R&D sont nécessaires pour que les technologies émergentes soient prêtes à être commercialisées.

Faisabilité du modèle économique

- **Réduction des coûts** : les avions économes en carburant peuvent permettre de réaliser des économies substantielles tout au long de leur durée de vie, ce qui les rend attractifs pour les compagnies aériennes malgré leur coût initial plus élevé.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



- **Demande du marché** : Les consommateurs et les organismes de réglementation sont de plus en plus demandeurs de solutions aéronautiques durables, ce qui justifie l'intérêt commercial des avions économes en carburant.
- **Investissements et incitations** : les incitations gouvernementales et les investissements dans les technologies vertes peuvent contribuer à compenser les coûts de développement et encourager l'adoption de ces technologies.

6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

En tenant compte des critères et des contraintes identifiés lors des étapes précédentes, nous pouvons développer une solution viable pour des avions plus économes en carburant.

Il convient de mettre davantage l'accent sur l'intégration des technologies de pointe, l'optimisation de l'efficacité opérationnelle et la garantie de la durabilité économique et environnementale. La collaboration entre l'industrie aéronautique, les organismes de réglementation et les instituts de recherche pourrait être la clé pour atteindre ces objectifs.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>

<https://www.airlinepilotcentral.com/articles/news/should-airplanes-follow-bird-flight-formation.html>

<https://www.theweathernetwork.com/en/news/nature/animals/the-science-behind-migratory-birds-v-shaped-formations>

<https://birdsconnectsea.org/2023/09/21/its-a-bird-its-a-plane-aviation-designs-inspired-by-birds-earthcare-northwest/>

<https://www.flyajetfighter.com/why-fighter-planes-fly-in-formation/>

<https://edition.cnn.com/travel/article/airbus-formation-flight/index.html>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : vol rapide et précis d'un colibri

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment les colibris parviennent-ils à voler avec une telle précision ? Contexte L'évolution est-elle la meilleure inventrice ? Avec des centaines de millions d'années de travail et le monde naturel comme toile de fond, il semblerait que oui. Le vol rapide et précis des colibris a inspiré les scientifiques, les chercheurs et l'industrie des drones à développer des appareils volants également capables de manœuvres complexes. Les colibris font partie des plus petits oiseaux au monde et occupent une place unique dans la nature : ils volent comme des insectes, mais possèdent le système musculo-squelettique des oiseaux. Ils ont un torse petit et léger et des ailes relativement grandes qui leur permettent de voler à une vitesse remarquable avec une précision incroyable. 2.b Demandez-vous : « Que veux-je que mon projet accomplisse ? » • Aider l'armée et les autres organismes chargés de l'application de la loi à mener des missions de surveillance, de reconnaissance, de sécurité ou secrètes dans des zones sensibles ou hostiles avec une grande précision et sans être détectés par les forces ennemies. • Proposez une alternative plus silencieuse aux drones existants et trouvez un moyen plus rapide de livrer différents types de marchandises. • Fournir un moyen plus précis et plus silencieux de collecter des données sur la faune sauvage, sans perturber les animaux étudiés. • Créer un moyen plus précis et plus sûr pour les secouristes de venir en aide aux personnes dans les zones sinistrées. • Devenir un outil important dans l'agriculture de précision en pollinisant les cultures, en surveillant à la fois la santé des plantes et les champs sans déranger le bétail ni créer de pollution sonore, et ainsi résoudre l'un des problèmes auxquels les agriculteurs sont confrontés aujourd'hui : le déclin des pollinisateurs naturels comme les abeilles. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Quels sont les défis auxquels sont confrontés les colibris lors de conditions météorologiques turbulentes, et comment adaptent-ils leur vol ?



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

Étape 3 – Découvrir

3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Par exemple, lisez des publications scientifiques.

- **Les hiboux** : les hiboux volent en silence grâce à des plumes spécialisées qui réduisent le bruit. Leurs bords dentelés brisent les turbulences et leur plumage doux absorbe le son, inspirant ainsi la conception de drones plus silencieux. L'excellente vision nocturne et l'ouïe fine des hiboux leur permettent de chasser avec précision dans des conditions de faible luminosité, ce qui suggère l'utilisation de capteurs et de systèmes de vision avancés pour que les drones puissent fonctionner dans diverses conditions d'éclairage.
- **Chauves-souris** : les chauves-souris utilisent l'écholocation pour se déplacer et chasser dans l'obscurité, ce qui inspire la conception de drones équipés de sonars ou de lidars avancés pour la navigation à faible visibilité et la détection d'obstacles. Leurs membranes alaires flexibles leur permettent de voler avec agilité, ce qui suggère la conception de drones dotés d'ailes flexibles ou morphologiques pour une adaptabilité et une précision similaires.
- **Libellules** : les libellules peuvent voler dans plusieurs directions, planer et effectuer des virages serrés avec précision, inspirant des drones dotés d'une agilité et d'un contrôle améliorés. Leurs grands yeux composés leur offrent un large champ de vision et une excellente détection des mouvements, suggérant des systèmes visuels avancés pour une meilleure perception de la situation et une meilleure navigation des drones.
- **Faucons** : les plongeurs à grande vitesse et les techniques de chasse précises des faucons inspirent la conception de drones capables de voler à grande vitesse et avec une grande précision. Leur corps aérodynamique réduit la résistance à l'air, ce qui suggère des conceptions aérodynamiques pour des drones plus rapides et plus efficaces.

3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes.

- Université Purdue .
- Agence américaine pour les projets de recherche avancée de défense (DARPA).
- Société américaine des naturalistes (ASN).
- Société écologique américaine (ESA).
- Société pour la biologie de la conservation (SCB).

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent illustrer la conception.

- **Structure et mécanique des ailes** : les ailes des colibris pivotent au niveau de l'épaule, ce qui leur confère une grande amplitude de mouvement et leur permet de voler sur place, de voler à reculons et d'effectuer des virages serrés avec précision. Leurs ailes battent jusqu'à 80 fois par seconde, générant la portance et la stabilité nécessaires à un vol précis.
- **Adaptations musculaires** : les colibris ont de gros muscles pectoraux qui leur fournissent la puissance nécessaire pour planer longtemps et effectuer des manœuvres agiles. Ces muscles représentent une part importante de leur poids corporel.



- **Gestion de l'énergie** : les colibris ont l'un des taux métaboliques les plus élevés parmi les animaux, ce qui leur permet de répondre aux besoins énergétiques liés à leurs battements d'ailes rapides et à leur vol agile. Ils consomment de grandes quantités de nectar pour alimenter leurs activités.
- **Vision et navigation** : les colibris ont une vision très nette et peuvent voir un large spectre de couleurs, y compris les ultraviolets, ce qui les aide à naviguer avec précision et à localiser leur nourriture. Leur traitement visuel rapide leur permet d'ajuster rapidement leur vol pour éviter les obstacles et capturer leurs proies.
- **Aérodynamique** : leur corps est profilé pour réduire la résistance de l'air, ce qui améliore leur capacité à se déplacer rapidement et précisément dans les airs. La forme de leurs ailes est optimisée pour la portance et la maniabilité, ce qui leur permet d'effectuer des manœuvres aériennes complexes.
- **Intégration sensorielle** : les colibris ont une excellente coordination entre leurs systèmes visuel et moteur, ce qui leur permet d'exécuter des mouvements précis et de maintenir leur stabilité pendant le vol.

Droits d'auteur de l'image : <https://watchingthebirds.com/how-hummingbirds-fly-the-structure-of-a-flight/>

4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Les fonctions essentielles identifiées à partir de l'étude des colibris peuvent être transposées dans un contexte centré sur l'humain, en mettant l'accent sur :

Conception structurelle et mécanique

- **Composants flexibles** : le drone doit être doté de pièces très flexibles pour offrir une grande amplitude de mouvement, lui permettant de voler en stationnaire, de reculer et d'effectuer des virages serrés avec précision.
- **Mouvement rapide** : les composants du drone doivent se déplacer à grande vitesse pour fournir la portance et la stabilité nécessaires à des manœuvres précises.

Puissance et efficacité

- **Moteurs puissants** : équiper le drone de moteurs puissants pour un vol stationnaire soutenu et des mouvements agiles.



Étape 5 – Imiter

- **Gestion de l'énergie** : concevez un système de gestion de l'énergie efficace pour permettre des mouvements rapides et maintenir les activités.

Vision et navigation

- **Systèmes de vision avancés** : utilisation de caméras et de capteurs haute résolution pour une navigation précise et la localisation des cibles.
- **Traitement rapide des données** : permet un traitement rapide des informations visuelles pour des ajustements de vol rapides et l'évitement des obstacles.

Aérodynamique

- **Conception aérodynamique** : concevez un corps aérodynamique pour réduire la résistance à l'air et améliorer la rapidité et la précision des mouvements.
- **Forme optimisée des ailes** : concevez les ailes pour qu'elles offrent à la fois portance et maniabilité afin d'effectuer des manœuvres aériennes complexes.

Intégration sensorielle

- **Systèmes de coordination** : assurez une excellente coordination entre les systèmes visuels et moteurs pour des mouvements précis et une stabilité de vol.

<https://www.purdue.edu/newsroom/archive/releases/2019/02/hummingbird-robo-robot-go-where-drones-cant.html>



5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

- Maniabilité agile grâce à une conception d'ailes flexible et des battements d'ailes rapides.
- Système de navigation avancé pouvant inclure l'IA ou l'apprentissage automatique et fournissant un retour tactile.
- Intégration sensorielle, telle que des caméras haute résolution ou la fusion multicapteurs.
- Conception axée sur l'efficacité énergétique grâce à l'utilisation de matériaux légers.
- Système de navigation autonome et outils de prise de décision en temps réel intégrés.
- Mécanisme de sécurité et système redondant.

- Application de fonctionnalités spécifiques pouvant être adaptées à différents défis environnementaux.

5.b Classez vos idées en catégories comprenant les fonctionnalités, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

	Contexte	Fonctionnalités	Contraintes
Maniabilité agile	Permet un contrôle précis et des manœuvres agiles dans des environnements étroits et complexes	Conception d'ailes flexibles Battements d'ailes rapides	● Nécessite des matériaux et une ingénierie de pointe pour obtenir la flexibilité et la vitesse nécessaires sans compromettre la durabilité
Système de navigation avancé	Améliore la navigation et l'évitement des obstacles, en particulier dans les environnements à faible visibilité ou encombrés	IA Apprentissage automatique Retour tactile	● Puissance de calcul élevée Puissance de calcul nécessaire pour le traitement en temps réel ● Difficultés potentielles dans l'entraînement des modèles d'IA pour divers environnements
Intégration sensorielle	Offre une connaissance globale de la situation et des capacités de navigation précises	Caméra haute résolution Fusion multicapteurs Caméras thermiques	● L'intégration de plusieurs capteurs peut augmenter le poids et la consommation d'énergie. ● Assure une fusion transparente des données provenant de différents capteurs.
Efficacité énergétique	Réduit la consommation d'énergie, ce qui permet d'allonger la durée de vol et d'améliorer les performances.	Gestion efficace de l'énergie Matériaux légers	● Équilibre entre conception légère, intégrité structurelle et durabilité
Capacités autonomes	Permet aux drones de fonctionner de manière indépendante dans des environnements complexes, en s'adaptant aux changements	Navigation autonome Traitement des données en temps réel et systèmes de prise de décision	● Garantir la fiabilité et la sécurité des systèmes autonomes. ● Étape 6 – Évaluer

Étape 6 – Évaluer

	conditions		Exigences informatiques pour le traitement en temps réel.
Sécurité et redondance	Améliore la fiabilité et la sécurité, garantissant la continuité du fonctionnement en cas de défaillance.	Fonctions de retour à la base protocoles d'atterrissage d'urgence Conception redondante des composants critiques pour garantir la continuité du fonctionnement en cas de panne	- Poids et complexité supplémentaires liés aux systèmes redondants. - Conception de protocoles de sécurité efficaces.
Application de fonctionnalités spécifiques	Adapte les capacités des drones à des cas d'utilisation spécifiques, améliorant ainsi leur efficacité et leur efficacité.	Caméras thermiques ou autres capteurs Surveillance environnementale, notamment : qualité de l'air et santé de la végétation Logistique urbaine	- La personnalisation pour différentes applications peut nécessiter des conceptions modulaires. - Équilibre entre polyvalence et performances spécialisées.

Idée sélectionnée

Système de navigation avancé.

6.a Évaluer le ou les concepts de conception par rapport à leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité du modèle technique et commercial.

Conformité aux critères du défi

1. Vol de haute précision

- IA et apprentissage automatique** : ces technologies améliorent la capacité du drone à naviguer avec une grande précision en apprenant de son environnement et en effectuant des ajustements en temps réel. Cela répond directement au besoin d'un contrôle précis dans des environnements complexes.
- Retour tactile** : fournit des informations sensorielles supplémentaires, permettant au drone de naviguer même dans des conditions de faible visibilité, ce qui améliore encore la précision.

2. Furtivité

- Trajectoires de vol optimisées** : l'IA peut optimiser les trajectoires de vol afin de minimiser le bruit et la visibilité, rendant le drone plus furtif. Cela est crucial pour des applications telles que la surveillance et la reconnaissance.
- Navigation adaptative** : la capacité à s'adapter à des conditions changeantes réduit le risque de détection et améliore les capacités de furtivité.

3. Polyvalence dans des environnements complexes

- **Évitement d'obstacles** : les systèmes de navigation avancés améliorent la capacité du drone à éviter les obstacles, ce qui le rend adapté à divers environnements tels que les zones urbaines, les forêts et les zones sinistrées.
- **Prise de décision en temps réel** : permet au drone de réagir de manière dynamique aux changements environnementaux, garantissant ainsi un fonctionnement efficace dans divers scénarios.

Contraintes

- Puissance de calcul élevée
- Formation et adaptation
- Intégration de plusieurs capteurs

Compatibilité avec les systèmes terrestres

1. Impact environnemental

- **Efficacité énergétique** : grâce à l'utilisation de matériaux légers et à l'optimisation de la consommation d'énergie, le drone peut minimiser son empreinte environnementale.
- **Matériaux durables** : Intégrer des matériaux durables et recyclables dans la construction du drone afin de réduire son impact environnemental.

2. Adaptabilité à diverses conditions :

- **Résistance aux intempéries** : concevez le drone pour qu'il résiste à différentes conditions météorologiques, telles que la pluie, le vent et les fluctuations de température, afin de garantir un fonctionnement fiable dans divers environnements.
- **Conception robuste** : Veiller à ce que la structure du drone puisse supporter les contraintes environnementales, afin d'améliorer sa durabilité et sa longévité.

3. Conformité réglementaire :

- **Normes de sécurité** : veiller à ce que le drone respecte les normes de sécurité et réglementaires pour fonctionner dans les espaces publics, en tenant compte des préoccupations relatives à la vie privée et à la gestion de l'espace aérien.
- **Considérations éthiques** : mettre en œuvre des directives éthiques pour l'utilisation de l'IA et la collecte de données afin de protéger la vie privée et de garantir une utilisation responsable.

Faisabilité technique de la mise en œuvre d'un **système de navigation avancé**

Caractéristiques	État actuel	Faisabilité
Intégration de l'IA et de l'apprentissage automatique	Les technologies d'IA et d'apprentissage automatique sont bien développées et de plus en plus	Avancée L'intégration de l'IA pour la navigation et la détection d'obstacles

	utilisée dans diverses applications, notamment les véhicules autonomes et la robotique	est techniquement possible avec la technologie existante. Les progrès continus de l'IA permettront d'améliorer encore ses capacités.
Systèmes de retour tactile	Les capteurs tactiles sont utilisés en robotique pour la navigation et la cartographie tactiles	Modérée à élevée Bien que les systèmes de retour tactile soient moins courants dans les drones, ils sont techniquement réalisables et peuvent être développés avec la technologie actuelle des capteurs

Faisabilité du modèle commercial

1. Demande du marché

- **Tendances actuelles** : la demande en drones avancés est en hausse dans divers secteurs, notamment la logistique, la surveillance, la surveillance environnementale et les interventions d'urgence.
- **Faisabilité** : élevée. La demande du marché pour des drones furtifs et de haute précision est forte et devrait continuer à croître.

2. Coût et prix

- **Coûts de développement** : les coûts de développement initiaux peuvent être élevés en raison de l'intégration de technologies avancées.
- **Stratégie de tarification** : une tarification élevée peut se justifier par les capacités avancées et les applications spécialisées des drones.
- **Faisabilité** : modérée à élevée. Bien que les coûts de développement soient importants, le potentiel de rendements élevés sur des marchés spécialisés soutient le modèle commercial.

3. Contexte concurrentiel

- **Concurrents actuels** : le marché des drones est concurrentiel, avec plusieurs acteurs bien établis.
- **Différenciation** : les caractéristiques uniques de haute précision et de furtivité constituent un avantage concurrentiel.
- **Faisabilité** : élevée. La différenciation grâce à des fonctionnalités avancées et des applications spécialisées peut positionner le produit de manière favorable sur le marché.

4. Conformité réglementaire

- **Réglementations actuelles** : les drones doivent être conformes aux réglementations aériennes, qui varient selon les régions.
- **Stratégie de conformité** : Il est essentiel de garantir la conformité aux réglementations en matière de sécurité et de confidentialité.

- **Faisabilité** : modérée à élevée. Bien que la conformité réglementaire puisse être difficile à atteindre, elle est gérable grâce à une planification adéquate et au respect des directives.

5. Évolutivité

- **Production et distribution** : l'évolutivité de la production et la mise en place de canaux de distribution sont essentielles à la croissance de l'entreprise.
- **Faisabilité** : élevée. Avec une stratégie de production et de distribution bien planifiée, l'évolutivité de l'entreprise est réalisable.

6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Principales caractéristiques à suivre

- Algorithmes adaptatifs.
- Détection et évitement des obstacles.
- Optimisation du trajet.
- Adaptation à l'environnement.
- Navigation tactile.
- Cartographie de l'environnement.
- Évitement des collisions.
- Redondance des systèmes visuels.

Intégration dans la conception des drones

- Fusion des capteurs.
- Conception légère et efficace.
- Architecture modulaire.

Plan de mise en œuvre

- **Développement d'un prototype** : créer un prototype intégrant les principales fonctionnalités et le tester dans des environnements contrôlés.
- **Test et validation** : réaliser des tests approfondis dans divers scénarios afin de valider les performances et la fiabilité.
- **Optimisation** : affiner la conception en fonction des résultats des tests, en mettant l'accent sur l'amélioration de l'efficacité énergétique et la réduction du poids.
- **Conformité réglementaire** : s'assurer que la conception répond à toutes les normes de sécurité et réglementaires.
- **Production et mise à l'échelle** : élaborer un plan de production évolutif et établir des canaux de distribution.



Ressources supplémentaires :

<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsfs.2016.0078>

<https://www.audubon.org/news/hummingbirds-inspire-drone-design>

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28675148/>

<https://biomimicryuniverse.com/concept/hummingbird-drones>

<https://newsroom.carleton.ca/story/hummingbirds-wings-inspire-technology/>

<https://www.psu.edu/news/engineering/story/hummingbird-flight-could-provide-insights-biomimicry-aerial-vehicles>

<https://spectrum.ieee.org/aerovironments-nano-hummingbird-surveillance-bot-would-probably-fool-you>

<https://www.purdue.edu/newsroom/archive/releases/2019/Q2/hummingbird-robot-uses-ai-to-soon-go-where-drones-cant.html>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



- WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : Le martin-pêcheur, la chouette et le pingouin

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. • Comment les hiboux volent-ils si silencieusement ? Comment les pingouins Adélie réduisent-ils la résistance de l'air ? Comment les martins-pêcheurs plongent-ils dans l'eau sans faire d'éclaboussures ? Contexte • Les chouettes : les chouettes sont des chasseuses silencieuses qui comptent sur la structure unique de leurs plumes pour réduire le bruit pendant leur vol. Leurs grandes ailes génèrent une portance, mais les battre pourrait créer des turbulences et du bruit. Cependant, les chouettes ont développé des plumes dentelées à l'avant et des structures en forme de franges à l'arrière, qui brisent les turbulences et les dispersent, minimisant ainsi le bruit. De plus, leur visage concave et leur corps duveteux absorbent le son, rendant leur vol presque silencieux. • Les manchots Adélie : Les manchots Adélie sont des nageurs exceptionnels, passant environ 75 % de leur temps dans l'eau. Leurs ailes ont évolué pour devenir de puissantes nageoires, leur permettant de nager sur de longues distances et à des profondeurs plus importantes, comme s'ils volaient sous l'eau. Leur corps en forme de torpille et leurs pattes placées à l'arrière minimisent la traînée, leur permettant d'atteindre des vitesses allant jusqu'à 40 km/h. Ils réduisent encore davantage la traînée en gonflant leurs plumes et en libérant des bulles, triplant ainsi leur vitesse. Grâce à une technique appelée « porpoising », ils nagent juste sous la surface, sautant hors de l'eau pour respirer sans ralentir. Ce sont également d'excellents plongeurs, capables de retenir leur respiration pendant environ 6 minutes et de plonger à des profondeurs de 9 à 18 mètres. De plus, ils avalent de petites pierres pour faciliter leur digestion et les aider à plonger plus profondément. • Martin-pêcheur : La forme de la tête et du bec du martin-pêcheur lui permet de planer dans les airs et de plonger dans l'eau efficacement, passant de l'air à l'eau sans difficulté. Volant à une vitesse pouvant atteindre 40 km/h, leur long bec acéré fend l'eau en silence, leur permettant de plonger furtivement pour attraper des poissons. Bien que la longueur du bec soit un défi dans les nids sombres, les oisillons martins-pêcheurs ont un bec à pointe blanche et leurs parents ont des taches blanches sur le visage, ce qui leur fournit des repères visuels pour les nourrir. 2.b Posez-vous la question suivante : que veux-je que mon design fasse ?



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



- **Transport à grande vitesse et plus sûr** : facilite la croissance économique, le développement régional et l'intégration sociale en reliant les grandes villes, améliorant les déplacements professionnels, les trajets domicile-travail et le tourisme.
- **Réduction des embouteillages** : offre un service ferroviaire à grande capacité pour fluidifier le trafic routier et aérien et soulager la pression sur les autres réseaux ferroviaires.
- **Respectueux de l'environnement** : émet nettement moins de CO2 par passager-kilomètre que les voitures ou les avions, ce qui contribue aux objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de promotion des transports durables.

2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées.

Comment les oiseaux améliorent-ils leur efficacité de vol ou de nage dans leur environnement ?

Étape 3 – Découvrez

3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Par exemple, lisez des publications scientifiques.

- **Les requins** : la texture de leur peau réduit la traînée et empêche l'encrassement biologique, inspirant ainsi la conception de surfaces efficaces pour les navires et les avions.
- **Les dauphins** : leur corps profilé et leur queue puissante leur permettent de nager à grande vitesse et d'effectuer des acrobaties. Ils utilisent l'écholocation pour naviguer et chasser efficacement.
- **Les oiseaux de proie** : la forme des ailes et la mécanique de vol des faucons et des aigles influencent la conception des ailes des avions pour une meilleure portance et une meilleure maniabilité.
- **Les colibris** : agiles et rapides, ils peuvent voler sur place, voler à reculons et changer rapidement de direction grâce à la structure unique de leurs ailes et à leur métabolisme élevé.
- **Les albatros** : maîtres du vol plané, ils parcourent de longues distances avec un minimum d'énergie grâce à leurs ailes longues et étroites qui leur permettent de planer de manière dynamique.
- **Les chauves-souris** : seuls mammifères capables de voler de manière prolongée, elles possèdent des ailes souples qui leur permettent un contrôle précis. Elles utilisent l'écholocation pour se déplacer et chasser efficacement dans l'obscurité.

3.b Identifiez les experts et connectez-vous à des communautés de biologistes et de naturalistes.

- National Geographic.
- Journal of Ornithology.
- Départements de recherche universitaires.
- iNaturalist.
- Société américaine des naturalistes.
- AskNature.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent illustrer la conception.

Hiboux

- **Fonctions essentielles** : vol silencieux, réduction du bruit.
- **Mots clés** : chasseurs silencieux, structure des plumes, plumes dentelées, structures en franges, turbulence, faces concaves, corps duveteux.

Manchots Adélie

- **Fonctions principales** : nage efficace, réduction de la traînée, plongée profonde.
- **Mots clés** : nageurs exceptionnels, nageoires puissantes, corps en forme de torpille, pattes placées à l'arrière, réduction de la traînée, plumage gonflé, libération de bulles, sauts, plongées, ingestion de pierres.

Martin-pêcheur

- **Fonctions principales** : plongée efficace, chasse furtive.
- **Mots-clés** : forme de la tête et du bec, glisse, plongée, transition, becs acérés, plongées silencieuses, repères visuels, becs à pointe blanche, reflets blancs sur le visage.



4.b Traduisez les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrivez la stratégie sans utiliser de termes biologiques et reliez-la aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.



<https://medium.com/@StammBio/what-is-biomimicry-the-train-and-the-kingfisher-1a459ef21af0>

En 1987, le Japon a été confronté à un problème de bruit avec ses trains à grande vitesse Shinkansen, qui produisaient un « bruit de tunnel » très fort lorsqu'ils traversaient des tunnels à grande vitesse. Eiji Nakatsu, inspiré par le bec du martin-pêcheur, a redessiné l'avant du train afin de réduire le bruit et d'améliorer son efficacité. Cette nouvelle conception a permis au train de rouler 10 % plus vite, de consommer 15 % d'électricité en moins et d'éliminer le bruit de tunnel. La carrosserie aérodynamique, inspirée du manchot Adélie, a encore réduit la résistance à l'air. Ce biomimétisme a non seulement résolu le problème du bruit, mais a également mis en évidence le potentiel d'innovation durable dans divers secteurs.

Stratégies de conception clés

1. Réduction du bruit et efficacité

- **Problème** : les trains généraient un bruit perturbateur à la sortie des tunnels.
- **Solution** : redessiner l'avant du train afin de réduire le bruit et d'améliorer l'efficacité.
- **Résultat** : la nouvelle conception a permis au train de rouler 10 % plus vite, de consommer 15 % d'électricité en moins et d'éliminer le besoin d'une barrière de tunnel.

2. Optimisation aérodynamique

- **Problème** : la vitesse élevée entraînait une résistance aérodynamique importante.
- **Solution** : Aérodynamiser la carrosserie du train afin de réduire la résistance à l'air.
- **Résultat** : la conception épurée a permis de réduire davantage la résistance à l'air, contribuant ainsi à l'amélioration des performances du train.

Contexte et perspective humaine

- **Fonction** : L'objectif principal est de créer un train à grande vitesse plus silencieux et plus efficace.
- **Impact humain** : la refonte a non seulement résolu le problème du bruit, rendant l'environnement plus agréable pour les riverains, mais elle a également amélioré la vitesse et l'efficacité énergétique du train. Cette innovation a démontré le potentiel des solutions durables dans les transports et d'autres industries, soulignant à quel point une conception



	inspiré des principes naturels peut conduire à des avancées significatives en matière de technologie et d'efficacité.
Étape 5 – Imiter	5.a Dresser la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Réduction du bruit • Imiter les formes naturelles pour réduire le bruit aérodynamique. • Installez des dentelures ou d'autres dispositifs d'atténuation du bruit sur les composants critiques. • Utilisez des matériaux qui absorbent ou réfléchissent le son. Amélioration de l'efficacité • Rationalisez les conceptions afin de réduire la résistance à l'air. • Optimisez la consommation d'énergie grâce à des modifications de conception. • Intégrez des fonctionnalités qui améliorent la vitesse sans augmenter la consommation d'énergie. Innovation durable Appliquer les principes du biomimétisme à d'autres modes de transport. • Explorer des solutions naturelles pour résoudre les problèmes techniques courants. • Promouvoir des conceptions qui équilibrent les performances et l'impact environnemental. 5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution. Caractéristiques • Avant redessiné : imite le bec du martin-pêcheur pour réduire le bruit. • Dentelures sur le pantographe : réduisent le bruit aérodynamique. • Carrosserie aérodynamique : inspirée du manchot Adélie pour réduire la résistance à l'air. Contexte • Transport à grande vitesse : trains circulant à plus de 320 km/h. • Pollution sonore : le bruit des tunnels dérange les riverains. • Efficacité énergétique : nécessité de réduire la consommation d'électricité. Contraintes • Limite en décibels : respect des réglementations en matière de bruit (70 dB). • Défis aérodynamiques : les vitesses élevées augmentent le bruit et la résistance. • Intégration de la conception : les modifications doivent s'adapter à l'infrastructure ferroviaire existante.





	Idee retenue Carrosserie aérodynamique - conception inspirée du manchot Adélie. • Fonction : Réduire la résistance à l'air et améliorer l'efficacité. • Contexte : Déplacement à grande vitesse et économe en énergie.
Étape 6 – Évaluer	6.a Évaluer le ou les concepts de conception par rapport à leur conformité avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité du modèle technique et commercial. Conformité aux critères et contraintes du défi de conception 1. Réduction du bruit • Critères : la conception doit réduire la pollution sonore, en particulier le « bruit de tunnel ». • Évaluation : la carrosserie aérodynamique inspirée du manchot Adélie réduit la résistance à l'air, ce qui contribue indirectement à la réduction du bruit en minimisant les turbulences et le bruit aérodynamique. 2. Efficacité énergétique • Critères : la conception doit améliorer l'efficacité énergétique. • Évaluation : la conception aérodynamique réduit la traînée, ce qui permet au train de rouler plus vite tout en consommant moins d'énergie. Cela correspond à l'objectif de réduction de 15 % de la consommation d'électricité. 3. Déplacement à grande vitesse • Critères : La conception doit permettre une vitesse de déplacement élevée (plus de 320 km/h). • Évaluation : la carrosserie aérodynamique est optimisée pour la grande vitesse, réduisant la résistance à l'air et permettant au train de maintenir plus efficacement des vitesses élevées. 4. Conformité réglementaire • Critères : la conception doit respecter les réglementations en matière de bruit (limite de 70 dB). • Évaluation : en réduisant le bruit aérodynamique, la conception aérodynamique aide le train à se conformer aux réglementations en matière de bruit. Compatibilité avec les systèmes terrestres • Impact environnemental : la conception aérodynamique réduit la consommation d'énergie, ce qui entraîne une diminution des émissions de gaz à effet de serre. Cela contribue aux objectifs de transport durable et minimise l'empreinte environnementale. • Efficacité des ressources : la conception tire parti des principes naturels pour atteindre l'efficacité, réduisant ainsi le besoin de ressources supplémentaires ou de technologies complexes. Faisabilité du modèle technique et commercial



- **Faisabilité technique** : la conception simplifiée est techniquement réalisable, car elle implique la modification de la forme extérieure du train. Cela peut être réalisé avec les capacités techniques et les matériaux actuels.
- **Faisabilité du modèle commercial** : la conception permet de réaliser des économies grâce à la réduction de la consommation d'énergie et des coûts de maintenance. L'amélioration de l'efficacité et la conformité aux réglementations en matière de bruit peuvent renforcer la commercialisation et la viabilité opérationnelle du train.

6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Réexaminer l'intégration de la conception

- S'assurer que la conception aérodynamique de la carrosserie est compatible avec l'infrastructure ferroviaire existante et ne nécessite pas de modifications importantes.
- Effectuer des tests supplémentaires afin d'optimiser la forme pour une réduction maximale du bruit et une efficacité énergétique optimale.

Améliorer les caractéristiques de réduction du bruit

Combiner la carrosserie aérodynamique avec des technologies supplémentaires d'atténuation du bruit, telles que des matériaux insonorisants ou des pantographes de conception avancée.

Priorité à la durabilité

Explorer l'utilisation de matériaux écologiques dans la construction de la carrosserie aérodynamique.

Mettre en œuvre des systèmes de récupération d'énergie pour améliorer encore l'efficacité.

Solution finale viable

La conception aérodynamique inspirée du manchot Adélie répond efficacement au défi de conception en réduisant la résistance à l'air, en améliorant l'efficacité énergétique et en minimisant la pollution sonore. En intégrant cette conception à des fonctionnalités supplémentaires de réduction du bruit et en mettant l'accent sur la durabilité, la solution répond aux critères et aux contraintes, garantissant ainsi la faisabilité technique et commerciale du modèle. Cette approche permet non seulement de résoudre le problème immédiat, mais aussi de promouvoir l'innovation durable dans le domaine du transport ferroviaire à grande vitesse.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>

https://www.japanfs.org/en/news/archives/news_id027795.html <https://asknature.org/innovation/high-speed-train-inspired-by-the-kingfisher/>

<https://medium.com/@StammBio/what-is-biomimicry-the-train-and-the-kingfisher-1a459ef21af0>

https://labs.blogs.com/its_alive_in_the_lab/2019/04/bbc-the-unexpected-inspiration-behind-japans-bullet-train.html

<https://asknature.org/strategy/beak-provides-streamlining/#introduction>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



<https://pastcontest.diproinduca.com/how-nature-inspired-japans-shinkansen/>

<https://xshore.com/us/news/penguins-swim-underwater-at-up-to-25-miles-per-hour>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : comportement adaptatif des moisissures visqueuses

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment les moisissures visqueuses peuvent-elles relier différentes sources de nourriture ? Contexte Physarum polycephalum est une moisissure visqueuse jaune verdâtre qui peut se transformer en plusieurs formes. Bien qu'elle n'ait pas de cerveau, elle affiche un comportement complexe, formant un réseau tubulaire pour transférer efficacement les nutriments. Elle se développe sur les matières végétales en décomposition dans des environnements frais, humides et sombres, comme la litière de feuilles des forêts. Les moisissures visqueuses se nourrissent largement, puis optimisent leur réseau pour le transport des nutriments. En laboratoire, elles peuvent atteindre plus de 30 cm de diamètre. Elles utilisent leurs expériences passées pour ajuster leur comportement, bien que les mécanismes soient inconnus. Leur réseau ressemble aux synapses du cerveau animal, avec des tubes interconnectés et des oscillations créant des motifs ondulatoires. Les moisissures visqueuses résolvent des problèmes complexes, comme trouver le chemin le plus court dans un labyrinthe ou équilibrer les niveaux de nutriments. Leur capacité à naviguer et à former des réseaux a intrigué les chercheurs dans des domaines tels que l'intelligence artificielle. 2.b Demandez-vous « Que veux-je que mon projet accomplisse ? » - Concevez un réseau de transport plus efficace, adaptable et résilient en imitant le comportement naturel des moisissures visqueuses qui trouvent les chemins optimaux. Ce réseau devrait utiliser moins de ressources, consommer moins d'énergie et avoir un impact environnemental moindre. - Créez un réseau de métro résilient face aux perturbations telles que les pannes, les travaux ou les catastrophes naturelles, et capable de s'adapter à la croissance urbaine et à l'évolution démographique. Répondez aux complexités du transport urbain, telles que la congestion, en optimisant plusieurs facteurs. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment les moisissures visqueuses peuvent-elles transporter efficacement les nutriments dans tout leur corps ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Par exemple, lisez des publications scientifiques.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



- Réseaux fongiques : le mycélium forme des réseaux souterrains qui transportent les nutriments et se réorganisent pour optimiser la distribution des ressources.
- Systèmes vasculaires chez les plantes : le xylème et le phloème transportent l'eau, les nutriments et les sucres, s'adaptant aux changements environnementaux pour une distribution efficace.
- Traces de fourmis : les colonies de fourmis créent des traces optimisées grâce à des signaux phéromonaux afin de trouver les chemins les plus courts vers la nourriture.
- Systèmes circulatoires des animaux : les systèmes circulatoires des animaux transportent efficacement le sang, l'oxygène et les nutriments, s'adaptant aux changements de la demande.
- Colonies microbiennes : les colonies bactériennes forment des réseaux pour optimiser l'absorption des nutriments et l'élimination des déchets, se réorganisant en réponse aux changements environnementaux.

3.b Identifier des experts et entrer en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes.

- Institut de conception expérimentale et de cultures médiatiques (IXDM).
- Réseau Physarum.
- Slime Mould Time Mould.

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Éléments clés de la stratégie biologique

- Exploration et détection : les moisissures visqueuses étendent leur réseau de tubes protoplasmiques dans différentes directions afin d'explorer leur environnement et de détecter des sources de nourriture.
- Réponse aux signaux : lorsqu'elles trouvent de la nourriture, elles libèrent des signaux chimiques qui attirent davantage de protoplasme vers cette zone et provoquent un épaississement des tubes.
- Renforcement sélectif : les tubes qui transportent efficacement les nutriments sont renforcés, tandis que les tubes moins efficaces ou redondants sont réabsorbés.
- Ajustement dynamique : le réseau s'ajuste en permanence en fonction de la disponibilité de la nourriture et des conditions environnementales.
- Mémoire et efficacité : la moisissure visqueuse conserve une « mémoire » des emplacements précédents de la nourriture en maintenant des tubes plus épais dans ces zones, ce qui permet une reconnexion rapide si la nourriture redevient disponible.

Fonctions essentielles



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

- Transport des nutriments : transporter efficacement les nutriments dans tout l'organisme.
- Adaptabilité : ajuster le réseau en fonction des changements environnementaux.
- Optimisation : maintenir une structure réseau optimale pour la distribution des ressources.
- Résolution de problèmes : démontrer sa capacité à résoudre des problèmes complexes, tels que trouver le chemin le plus court dans un labyrinthe.

Mots clés : Tubes protoplasmiques ; Signalisation chimique ; Renforcement du réseau ; Réorganisation dynamique ; Transport des nutriments ; Adaptation à l'environnement ; Optimisation ; Résolution de problèmes



Représentation graphique d'une moisissure visqueuse qui se propage et établit des réseaux de connexion autour de différents points marqués par des flocons d'avoine.

4.b Traduire les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Des chercheurs japonais ont utilisé le comportement d'un organisme simple pour repenser le réseau métropolitain de Tokyo. Dans une étude réalisée en 2010, ils ont placé cet organisme dans une boîte contenant des restes alimentaires disposés de manière à reproduire les principaux sites de Tokyo. Le réseau formé par l'organisme reflétait fidèlement le réseau métropolitain réel, démontrant ainsi l'efficacité et la résilience de sa conception.

Cette expérience a démontré que les stratégies naturelles pouvaient inspirer la conception des infrastructures urbaines. Le réseau de l'organisme était efficace pour relier les points clés et résistant aux perturbations, soulignant le potentiel de création de réseaux de transport plus efficaces, adaptables et résilients.

Étape 5 – Émuler

Contexte d'application

- **Urbanisme** : optimiser la circulation et les itinéraires des transports publics afin de réduire les embouteillages et d'améliorer les temps de trajet.
- **Gestion de la chaîne d'approvisionnement** : améliorer les réseaux logistiques pour garantir la livraison des marchandises dans les délais et réduire les coûts de transport.
- **Télécommunications** : améliorer le routage des données dans les réseaux de communication afin d'améliorer la connectivité et de réduire la latence.
- **Distribution d'énergie** : optimiser les réseaux électriques afin d'équilibrer l'offre et la demande, de réduire le gaspillage d'énergie et d'améliorer la fiabilité.

<https://saugata.darpa.mil/announcements/2019/04/04/new-lessons-from-slime-mold-to-tokyos-subway-265cdb1904ff>

5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

Principes clés

- Adaptation dynamique.
- Efficacité des ressources.
- Résilience.
- Évolutivité.
- Contrôle décentralisé.

Idées : surveiller en permanence les performances et les conditions, ajuster les trajectoires en temps réel pour optimiser la distribution des ressources et minimiser les perturbations, donner la priorité aux itinéraires efficaces, prévoir des itinéraires alternatifs pour faire face aux changements imprévus, mettre en place des réseaux qui se développent et évoluent de manière transparente en fonction de l'augmentation de la demande et des nouveaux nœuds, créer des nœuds individuels pour accélérer la prise de décision et permettre des ajustements rapides.

5.b Organisez vos idées en catégories qui incluent les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Adaptation dynamique



	• Surveillez en permanence les performances et les conditions. • Ajustez les itinéraires en temps réel pour optimiser la répartition des ressources et minimiser les perturbations. Efficacité des ressources • Donnez la priorité aux itinéraires efficaces. • Reconfigurez rapidement pour éviter les goulots d'étranglement et maintenir un flux optimal. Résilience • Renforcez la flexibilité grâce à plusieurs itinéraires alternatifs. • Adaptez-vous rapidement aux changements ou défis imprévus. Évolutivité • Concevez un réseau capable de croître et d'évoluer en toute transparence. • Intégrez de nouveaux nœuds et augmentez la demande sans compromettre les performances. Contrôle décentralisé • Donnez à chaque nœud la possibilité de prendre des décisions locales. • Permettez des ajustements plus rapides et plus réactifs. Idée sélectionnée La meilleure idée concerne la résilience : renforcez la flexibilité grâce à plusieurs itinéraires alternatifs pouvant s'adapter rapidement à des changements ou des défis imprévus.
Étape 6 – Évaluer	6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux. Faisabilité technique • Optimisation du réseau : les conceptions inspirées des moisissures visqueuses peuvent optimiser les réseaux de métro ou ferroviaires, réduisant ainsi les temps de trajet et augmentant la résilience face aux perturbations. • Développement d'algorithmes : les algorithmes simulant le comportement des moisissures visqueuses peuvent créer des réseaux qui équilibrent les coûts, les temps de trajet et la vulnérabilité aux perturbations. • Intégration aux systèmes existants : l'intégration de ces conceptions aux outils actuels de planification des transports est réalisable, mais nécessite d'importantes ressources informatiques et une expertise considérable. • Évolutivité : les modèles inspirés des moisissures visqueuses peuvent être adaptés à différentes échelles, allant des petits réseaux urbains aux grands systèmes régionaux.

Faisabilité du modèle commercial

- **Rentabilité** : les conceptions inspirées des moisissures visqueuses peuvent réduire les coûts en optimisant la configuration des réseaux, en réduisant les investissements dans les infrastructures et en attirant les parties prenantes.
- **Résilience et fiabilité** : ces réseaux sont moins sujets aux perturbations, ce qui améliore la fiabilité du service et attire davantage d'utilisateurs, augmentant ainsi les revenus.
- **Durabilité** : l'optimisation des itinéraires réduit la consommation d'énergie, ce qui favorise les objectifs de durabilité et attire les investisseurs et les gouvernements soucieux de l'environnement.
- **Différenciation sur le marché** : les conceptions innovantes inspirées de la nature peuvent permettre à une entreprise de transport de se différencier, attirant ainsi davantage de clients et de partenaires.
- **Soutien réglementaire et politique** : démontrer l'efficacité et la résilience de ces conceptions peut aider à obtenir l'approbation réglementaire et le soutien politique.

6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

La conception doit tenir compte des étapes suivantes pour aboutir à une solution viable :

- **Recherche et développement** : mener des études détaillées sur le comportement des moisissures visqueuses et leur application à la conception de réseaux. Développer et tester des algorithmes qui simulent le comportement des moisissures visqueuses pour l'optimisation des réseaux.
- **Projets pilotes** : mettre en œuvre des projets pilotes dans de petites zones urbaines afin de tester la faisabilité et l'efficacité des conceptions. Surveiller les performances et apporter les ajustements nécessaires.
- **Intégration et mise à l'échelle** : intégrer les conceptions des projets pilotes réussis aux systèmes de transport existants et les adapter à des réseaux urbains et régionaux plus vastes.
- **Engagement des parties prenantes** : collaborer avec les parties prenantes, notamment les investisseurs, les agences gouvernementales et le grand public, afin de mettre en avant les avantages en termes de rentabilité, de résilience, de durabilité et de différenciation sur le marché.

Suivi et adaptation continus : surveiller en permanence les performances du réseau et les conditions environnementales. Ajuster les itinéraires et les connexions en temps réel afin d'optimiser la répartition des ressources et de minimiser les perturbations.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>

<https://phys.org/news/2022-01-virtual-slime-mold-subway-network.html>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



<https://www.sd-zen-zone.in/post/slime-mold-tokyo-subway-a-étude-de-cas-sur-le-biomimétisme-dans-la-conception-innovante>

<https://blogs.ubc.ca/communicatingscience2017w211/2018/01/29/brainless-slime-mold-grows-in-pattern-like-tokyos-subway-system/>

<https://www.linkedin.com/pulse/harnessing-natures-genius-how-slime-mold-inspired-sahil-srichandan-qa1gf>

<https://saugatadastider.medium.com/nature-as-an-innovator-lessons-from-slime-mold-to-tokyos-subway-265cdb1904ff>

<https://biodesign.berkeley.edu/2022/02/18/brainless-slime-mold-grows-in-pattern-like-tokyos-subway-system/>

<https://knowledge.carolina.com/discipline/life-science/biology/the-slime-mold-physarum-polycephalum/>

<https://www.freethink.com/science/slime-molds-subways>

<https://www.nature.com/articles/s41598-022-05439-w>

<https://www.utoronto.ca/news/researchers-use-virtual-slime-mould-design-ttc-subway-network-less-prone-disruption>

<https://www.ribaj.com/culture/reseaux-mondes-centre-pompidou-paris-ecologicstudio-slime-mould> <https://www.theguardian.com/cities/2014/feb/18/slime-mould-rail-road-transport-routes> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023042500> <https://www.slideshare.net/slideshow/slime-mould-inspired-urban-planning-2pptx/266839877>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : protection solide et durable L'écaille de pangolin

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. Comment les animaux améliorent-ils leur flexibilité et leur résistance dans des situations critiques ? Contexte Les écailles des pangolins sont composées de kératine, ce qui leur confère résistance et adaptabilité. Les écailles hexagonales qui se chevauchent offrent souplesse et protection robuste, permettant aux pangolins de se rouler en boule. Ces écailles sont résistantes mais élastiques, elles se plient sans se fissurer et s'adaptent à divers terrains. Les pangolins peuvent régénérer leurs écailles endommagées, ce qui leur assure une durabilité à long terme. Les écailles imbriquées répartissent la tension de manière uniforme, ce qui offre des pistes de réflexion pour la conception de produits souples et durables, tels que les sacs à dos. 2.b Demandez-vous : « Que veux-je que mon design fasse ? » • Offrir une flexibilité et une durabilité similaires à celles des écailles du pangolin. • Protéger le contenu du sac à dos. • S'adapter aux différents besoins des utilisateurs. 2.c Inversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment les pangolins se protègent-ils ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Fonctions • Protection : les écailles du pangolin, composées de kératine, sont résistantes et souples. Leur disposition enchevêtrée et imbriquée absorbe et répartit les forces d'impact, agissant comme une armure presque impénétrable lorsque le pangolin se recroqueville en boule. • Flexibilité et adaptabilité : l'élasticité des écailles leur permet de se plier sans se fissurer, ce qui permet aux pangolins de s'adapter à diverses postures défensives et à divers environnements. • Régénération : les pangolins peuvent régénérer leurs écailles endommagées, ce qui garantit l'efficacité de leur armure protectrice au fil du temps. Modèles naturels



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



- **Tatous** : comme les pangolins, les tatous ont une armure protectrice composée de plaques osseuses recouvertes de kératine. Ils peuvent se rouler en boule pour se protéger des prédateurs.
- **Tortues** : les tortues ont une carapace dure et protectrice composée de plaques osseuses recouvertes d'écailles, similaires aux écailles kératiniques des pangolins. Leur carapace leur offre une excellente protection contre les prédateurs.
- **Tortues alligators** : ces tortues ont une carapace rugueuse et hérissée de pointes et des mâchoires puissantes. Leur carapace, semblable à une armure, leur offre une protection importante, similaire à celle des écailles des pangolins.
- **Hérissons** : Les hérissons ont des épines faites de kératine qu'ils utilisent pour se protéger. Lorsqu'ils se sentent menacés, ils se recroquevillent en boule, un peu comme les pangolins.
- **Ankylosaurus** : ce dinosaure disparu avait un corps recouvert de plaques osseuses et une queue en forme de massue pour se défendre. Son armure rappelle les écailles protectrices des pangolins.

3.b Identifier des experts et entrer en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes.

- **Dr Ravi Sundaram, Dr K. S. R. Reddy et Dr Andrew J. K. C. Wong ont publié** : Journal of Biomimetic Materials and Engineering, 2021.
- **Le Dr Jonathan Baillie et le Dr Susie Ellis** ont travaillé sur la conservation des pangolins et pourraient avoir des connaissances sur les aspects structurels des pangolins.

Étape 4 – Résumé

4. Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Protection

- **Écailles de kératine** : résistantes et souples.
- **Disposition superposée et imbriquée** : absorbe et répartit les forces d'impact.
- **Armure impénétrable** : protège des prédateurs lorsque l'animal se recroqueville en boule.

Flexibilité et adaptabilité

- **Élasticité** : les écailles se plient sans se fissurer.
- **Postures défensives** : s'adaptent à divers environnements et menaces.

Régénération

- **Régénération des écailles** : maintient une armure protectrice efficace au fil du temps.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



<https://www.discoverwildlife.com/animal-facts/mammals/facts-about-pangolins>

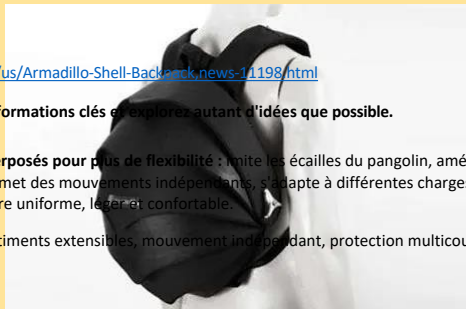
4.b Traduire les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

- **Choix des matériaux** : utiliser des matériaux résistants, souples et élastiques qui imitent la kératine.
- **Conception structurelle** : intégrez des couches qui se chevauchent et s'emboîtent afin de répartir les contraintes et d'améliorer la flexibilité.
- **Caractéristiques de protection** : intégrer un rembourrage absorbant les chocs et renforcer les zones soumises à de fortes contraintes.
- **Adaptabilité** : concevez des composants modulaires et ajustables pour répondre à divers besoins.
- **Capacités de régénération** : utilisez des matériaux réparables ou auto-cicatrisants pour maintenir la fonctionnalité.
- **Ergonomie** : assurez un ajustement confortable grâce à des structures de soutien flexibles pour une meilleure utilisation.

<https://www.tomsguide.com/us/Armadillo-Shell-Backpack-news-11198.html>

5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

- **Panneaux superposés pour plus de flexibilité** : imite les écailles du pangolin, améliore la flexibilité et la protection, permet des mouvements indépendants, s'adapte à différentes charges et mouvements, répartit la force de manière uniforme, léger et confortable.
- Idées** : compartiments extensibles, mouvement indépendant, protection multicouche, charnières flexibles



Étape 5 – Imiter



- **Matériaux durables et légers** : inspirés de la kératine, ces matériaux avancés et résistants supportent des conditions difficiles, améliorent la mobilité et réduisent la fatigue, tout en étant imperméables ou résistants à l'eau.
Idées : composites avancés, revêtements imperméables, résistance à l'abrasion, isolation thermique
- **Conception modulaire pour une meilleure adaptabilité** : réglage et personnalisation faciles, sections indépendantes qui conservent leur intégrité, extensibles ou remodelables selon les besoins, ajout ou suppression de compartiments, réparations et mises à niveau plus faciles, favorise la durabilité.
Idées : sections personnalisables, pièces interchangeables, modules extensibles, matériaux durables, assemblage facile à utiliser

5.b Organisez vos idées en catégories qui incluent les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

- **Caractéristiques structurelles** : compartiments extensibles, charnières flexibles, pièces interchangeables, modules extensibles.
- **Propriétés des matériaux** : composites avancés, revêtements imperméables, résistance à l'abrasion, isolation thermique, matériaux durables.
- **Caractéristiques fonctionnelles** : mouvement indépendant, protection multicouche, sections personnalisables, assemblage facile.

Contexte et contraintes

- **Contexte** : La conception doit être adaptable à diverses applications, telles que les équipements de plein air, les équipements de protection ou les solutions de rangement modulaires.
- **Contraintes** : Les considérations à prendre en compte comprennent la rentabilité, la facilité de fabrication, la sécurité des utilisateurs et l'impact environnemental.

Idée sélectionnée Composites

avancés

- **Résistance et légèreté** : les composites avancés, tels que la fibre de carbone ou le Kevlar, offrent un rapport résistance/poids élevé. Cela signifie que le sac à dos peut être solide et durable sans être lourd, ce qui le rend confortable à porter.
- **Flexibilité** : ces matériaux peuvent être conçus pour offrir une certaine flexibilité, permettant au sac à dos de se plier et de bouger sans se casser ni se déformer.

Étape 6 – Évaluer

6.a Évaluez le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluez la faisabilité du modèle technique et commercial.



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Critères

- **Durabilité** : les composites avancés tels que la fibre de carbone et le Kevlar offrent une résistance et une durabilité élevées, idéales pour résister à l'usure quotidienne, aux abrasions et aux chocs.
- **Flexibilité** : ces matériaux peuvent être conçus pour être flexibles sans compromettre l'intégrité structurelle, ce qui permet au sac à dos de s'adapter à divers mouvements et charges.
- **Légèreté** : les composites avancés offrent un rapport résistance/poids élevé, ce qui rend le sac à dos léger et confortable à porter.

Contraintes

- **Coût** : les composites avancés sont coûteux à produire, ce qui affecte leur rentabilité. L'utilisation de composites recyclés ou biosourcés peut réduire les coûts.
- **Fabricabilité** : des équipements et des processus spécialisés sont nécessaires, ce qui pose des défis en termes d'évolutivité et d'efficacité de fabrication.
- **Impact environnemental** : les composites traditionnels posent des problèmes de recyclage et soulèvent des préoccupations environnementales en raison de leur composition complexe et de leur production énergivore. Les composites biosourcés et recyclables améliorent ces aspects.

Compatibilité avec les systèmes terrestres

- **Durabilité** : les composites biosourcés et les fibres naturelles (par exemple, le jute, le lin) réduisent l'impact environnemental et favorisent la durabilité. Ces matériaux sont renouvelables et biodégradables.
- **Recyclabilité** : les progrès réalisés dans le domaine des composites thermoplastiques recyclables permettent une approche d'économie circulaire.
- **Consommation d'énergie** : les processus de fabrication peuvent être très énergivores, mais l'optimisation de ces processus et l'utilisation de sources d'énergie renouvelables peuvent réduire l'empreinte carbone.

Faisabilité du modèle technique :

- **Faisabilité technique** : les composites avancés sont techniquement réalisables, compte tenu de leurs performances éprouvées dans des secteurs tels que l'aérospatiale et l'automobile. Il est essentiel de disposer de la technologie, des équipements et de l'expertise nécessaires.
- **Prototypage et essais** : le développement de prototypes et la réalisation d'essais rigoureux (par exemple, résistance à la traction, résistance à l'abrasion, flexibilité) sont essentiels pour valider les performances et la durabilité des matériaux.

Faisabilité du modèle commercial



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



- **Gestion des coûts** : l'utilisation de matériaux recyclés et de techniques de fabrication allégées peut contribuer à une gestion efficace des coûts. La conception modulaire permet une maintenance et des mises à niveau rentables.
- **Attrait commercial** : mettre l'accent sur la durabilité et la résistance peut attirer les consommateurs soucieux de l'environnement, ce qui renforce l'attrait commercial.
- **Évolutivité** : le modèle commercial doit tenir compte de l'évolutivité des processus de production et de la disponibilité des matériaux afin de répondre à la demande du marché.

6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Pour perfectionner le sac à dos inspiré du pangolin, il est essentiel d'ajuster et d'itérer continuellement la conception en fonction des commentaires et des tests. Cela implique de résoudre les problèmes signalés par les utilisateurs, tels que l'inconfort ou les performances des matériaux, et d'apporter des améliorations pour optimiser la fonctionnalité et l'expérience utilisateur. En perfectionnant des composants tels que les panneaux superposés et les éléments modulaires, et en validant chaque itération par des tests, le produit final répondra aux objectifs de conception et dépassera les attentes des utilisateurs, ce qui se traduira par un sac à dos plus efficace, plus confortable et plus convivial.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>

<https://asknature.org/innovation/durable-backpack-inspired-by-the-pangolin/>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : Biodégradabilité de la matière organique des algues

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment la vie marine produit-elle des composés organiques biodégradables ? Contexte Les algues produisent des matières biodégradables par photosynthèse, en convertissant la lumière du soleil, le dioxyde de carbone et l'eau en composés organiques tels que des glucides, des protéines et des lipides. Certaines algues génèrent des biopolymères, notamment l'alginate, l'agar et le carraghénane, qui peuvent remplacer les polymères synthétiques. Ces composés sont intrinsèquement biodégradables et respectueux de l'environnement. Les algues peuvent être cultivées dans divers environnements, notamment en eau douce, en eau de mer et dans les eaux usées, ce qui en fait une ressource durable à croissance rapide. Les chercheurs améliorent les propriétés des matériaux à base d'algues afin d'augmenter leur résistance, leur souplesse et leur imperméabilité, ce qui les rend adaptés à la fabrication de produits tels que des chaussures biodégradables. Cela répond à la demande croissante d'alternatives respectueuses de l'environnement. 2.b Demandez-vous : « Que veux-je que mon design fasse ? » - Proposez des options de mode biodégradables et durables. - Proposez des fonctionnalités multifonctionnelles telles que l'adaptabilité à différentes conditions météorologiques ou utilisations. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment les écosystèmes marins favorisent-ils le cycle des nutriments ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Cuir d'ananas : fabriqué à partir des fibres des feuilles d'ananas, le Piñatex est utilisé dans la mode pour les chaussures, les sacs et les accessoires. Il s'agit d'un sous-produit de la récolte d'ananas, ce qui en fait une alternative écologique aux matériaux synthétiques. Cuir de champignon : créé à partir du mycélium, la structure racinaire des champignons, Mylo est utilisé dans la fabrication de chaussures et dans la mode. Il offre une alternative durable au cuir animal et aux matériaux synthétiques. Liège : récolté à partir de l'écorce des chênes-lièges, le liège est utilisé dans la fabrication des semelles et des semelles intérieures des chaussures. Il s'agit d'une ressource renouvelable qui offre confort et durabilité.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

Étape 4 – Résumé

- **Cuir de pomme** : fabriqué à partir de déchets de pommes, AppleSkin est utilisé dans la mode pour les chaussures et les accessoires. Il combine des déchets de pommes avec une petite quantité de PU pour créer une alternative durable au cuir traditionnel.
- **Cuir de cactus** : fabriqué à partir des feuilles du cactus nopal, Desserto est utilisé dans la fabrication de chaussures et dans la mode. Il s'agit d'une alternative biologique et durable aux cuirs synthétiques.

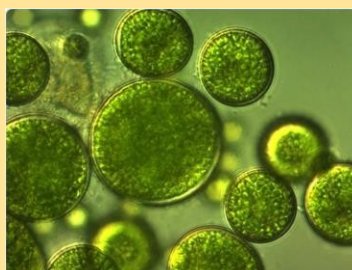
3.b Identifier les experts et entrer en contact avec les communautés de biologistes et de naturalistes.

- **Dr Stephen Mayfield**, professeur de biologie à l'université de Californie à San Diego, directeur du California Centre for Algae Biotechnology et PDG de BLUEVIEW.

4. Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés.

Fonctions essentielles :

- **Ressource renouvelable** : les algues poussent rapidement sans avoir besoin d'un sol fertile ou de grandes quantités d'eau douce.
- **Biodégradables** : les algues se décomposent naturellement, ce qui réduit leur impact sur l'environnement.
- **Durabilité et flexibilité** : les algues possèdent des propriétés structurales qui leur permettent de survivre dans des environnements aquatiques dynamiques, ce qui inspire la création de matériaux durables et flexibles pour les chaussures.
- **Résistance à l'eau** : la nature lisse et hydrofuge des algues aide à garder les chaussures sèches et propres.
- **Respirabilité** : inspirées par les processus naturels d'échange gazeux des algues, elles assurent la circulation de l'air et empêchent l'accumulation d'odeurs.
- **Durabilité** : l'utilisation d'algues réduit la dépendance aux matériaux synthétiques non dégradables et minimise l'impact environnemental de la production.



<https://www.news-medical.net/life-sciences/What-are-Algae.aspx>

4.b Traduire les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrivez la stratégie sans utiliser de termes biologiques et reliez-la aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Étape 5 – Imiter

Fonctions essentielles

- **Ressource renouvelable** : utilisation de matériaux qui poussent rapidement et ne nécessitent pas de ressources importantes.
- **Biodégradable** : garantir que les matériaux se décomposent naturellement, réduisant ainsi les déchets.
- **Durabilité et flexibilité** : créer des chaussures résistantes et adaptables à diverses conditions.
- **Résistance à l'eau** : fabriquer des chaussures qui repoussent l'eau et restent sèches.
- **Respirabilité** : concevoir des chaussures qui permettent à l'air de circuler afin de garder les pieds confortables et sans odeur.
- **Durabilité** : réduire la dépendance aux matériaux synthétiques et minimiser l'impact environnemental.

Éléments clés de la stratégie

- **Matériaux écologiques** : développer des chaussures à partir de matériaux naturels et durables qui se décomposent naturellement, réduisant ainsi les dommages environnementaux.
- **Fonctionnalité améliorée** : garantir que les chaussures sont durables, souples, résistantes à l'eau et respirantes afin de répondre à divers besoins.
- **Design moderne** : conserver un look attrayant et contemporain pour séduire les consommateurs.
- **Polyvalence** : concevoir des chaussures adaptées à différentes activités, de la tenue décontractée à la pratique sportive légère.
- **Responsabilité environnementale** : promouvoir la durabilité en réduisant la dépendance aux ressources non renouvelables et en minimisant l'empreinte environnementale.

<https://newatlas.com/environment/blueview-fully-biodegradable-shoes/>

5.a Répertoriez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Informations clés

- Composition des matériaux.
- Caractéristiques de conception.
- Durabilité.



Idées

- Léger, résistant à l'eau, compostable.
- Coton biologique ou chanvre pour plus de respirabilité et de confort.
- Semelle durable et absorbant les chocs.
- Colorants non toxiques.
- Détacheables et interchangeables en fonction du terrain.
- Traitements hydrophobes à base d'algues.
- Ajustement personnalisé.
- Formes et textures organiques des algues, motifs ondulés en surface et palette de couleurs inspirée de la nature.
- Tous les composants sont compostables.
- Convient à diverses activités et environnements.
- Passez du style basket au style sandale.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de design qui correspondent le mieux à votre solution.

Composition des matériaux

- **Bioplastique dérivé d'algues** : léger, résistant à l'eau, compostable.
- **Fibres naturelles** : coton biologique ou chanvre pour la respirabilité et le confort.
- **Mousse dérivée d'algues** : semelle durable et absorbant les chocs.
- **Pigments à base d'algues** : colorants non toxiques.

Caractéristiques

- **Semelle modulaire** : amovible et ajustable pour s'adapter à différents terrains.
- **Imperméable et respirant** : traitements hydrophobes à base d'algues.
- **Système de laçage/sangles réglables** : ajustement personnalisé.
- **Inspiration esthétique** : formes et textures organiques des algues, motifs ondulés en surface, palette de couleurs inspirée de la nature.

Durabilité

- **Entièrement biodégradable** : tous les composants peuvent être compostés.
- **Polyvalence** : convient à diverses activités et environnements.
- **Design transformable** : passe du style basket au style sandale.

Contexte



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

	Urbain, plein air et voyage. Contraintes • Coût : les bioplastiques dérivés d'algues et les matériaux naturels tels que le chanvre et le coton biologique sont plus chers que les matériaux synthétiques. • Faisabilité de la production : les matériaux biodégradables doivent offrir la même souplesse, la même résistance et les mêmes propriétés imperméables que les plastiques traditionnels. • Durabilité : les matériaux biodégradables peuvent ne pas être aussi résistants à l'usure que les synthétiques traditionnels. Les chaussures doivent résister à l'usure quotidienne, en particulier dans les contextes extérieurs et de voyage.
Étape 6 – Évaluer	6.a Évaluez le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluez la faisabilité des modèles techniques et commerciaux. Évaluez la biodégradabilité et la fonctionnalité du prototype Le prototype est biodégradable et fonctionnel, utilisant des bioplastiques dérivés d'algues et des fibres naturelles comme le coton biologique ou le chanvre pour la compostabilité. Une certification permettrait de valider ces caractéristiques. Le confort est assuré par des fibres respirantes et un laçage ajustable, tandis que les semelles modulaires ajoutent à la polyvalence. Cependant, la durabilité, l'adhérence et la résistance à l'eau doivent être testées. Ses formes organiques et ses couleurs naturelles séduisent les consommateurs. Dans l'ensemble, il est écologique et fonctionnel, mais des tests approfondis et les commentaires des utilisateurs sont nécessaires avant la production en série. Veiller à ce que la conception soit rentable et respectueuse de l'environnement Pour rendre les chaussures biodégradables inspirées des algues rentables et écologiques, utilisez des algues et des fibres naturelles d'origine locale afin de réduire les coûts et de soutenir les économies locales. Les achats en gros et les méthodes de fabrication efficaces, comme l'impression 3D, permettent de réduire les coûts et les déchets. Les collaborations avec des marques soucieuses de l'environnement permettent de partager les ressources et de réduire les frais généraux. Les matériaux biodégradables et les colorants naturels garantissent une décomposition naturelle, sans produits chimiques nocifs. Les emballages minimalistes, recyclables ou compostables réduisent les déchets, et les sources d'énergie renouvelables minimisent l'empreinte carbone. Un programme de reprise pour le recyclage ou le compostage favorise une économie circulaire, avec des directives claires en matière de compostage garantissant une élimination responsable. 6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable. Ajustez en fonction des commentaires et des tests Pour perfectionner les chaussures biodégradables inspirées des algues, recueillez les commentaires des utilisateurs par le biais d'enquêtes, d'entretiens, de groupes de discussion et des réseaux sociaux. Testez les prototypes auprès d'utilisateurs divers afin d'évaluer leurs performances, leur durabilité et leur flexibilité. Analysez les commentaires afin de hiérarchiser les ajustements, affiner les matériaux, améliorer la conception et rehausser l'esthétique. Développez et testez des prototypes mis à jour , en maintenant une boucle de commentaires continue. Cette approche



garantit que les chaussures répondent aux besoins des consommateurs, en améliorant leur fonctionnalité et la satisfaction tout en favorisant la durabilité et l'innovation.

Itérez la conception pour améliorer la fonctionnalité et l'expérience utilisateur.

Pour améliorer les chaussures biodégradables inspirées des algues, analyser les commentaires des utilisateurs afin d'identifier les points faibles en matière de confort, d'ajustement, de durabilité et d'esthétique. Améliorer les semelles intérieures pour un meilleur soutien, ajouter un rembourrage et proposer des tailles ajustables. Développez des semelles modulaires pour diverses activités et affinez l'esthétique en fonction des préférences des utilisateurs. Testez de nouvelles fonctionnalités et de nouveaux matériaux, développez des prototypes mis à jour et recueillez d'autres commentaires. Maintenez un dialogue continu avec les testeurs afin de favoriser l'esprit communautaire et d'améliorer continuellement la conception. Cette approche améliore la fonctionnalité, la satisfaction des utilisateurs et la fidélité des clients, tout en répondant à la demande de chaussures durables et performantes.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>

<https://algaeplanet.com/ucsd-scientists-create-biodegradable-shoes/> <https://phys.org/news/2020-08-science-biodegradable-algae-based-flip-flops.html>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : les yeux des chats brillent dans le noir

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment les yeux des animaux reflètent-ils efficacement la lumière dans différentes conditions d'éclairage ? Contexte Les yeux des animaux réfléchissent efficacement la lumière grâce à des adaptations spécialisées qui améliorent la vision dans diverses conditions d'éclairage. Parmi les principales caractéristiques, on peut citer le tapetum lucidum, une couche réfléchissante située derrière la rétine qui renvoie la lumière dans l'œil, améliorant ainsi la vision nocturne. De nombreux animaux ont une forte densité de cellules bâtonnets dans leur rétine, qui sont sensibles à la faible luminosité, et de grandes pupilles arrondies qui laissent entrer plus de lumière. La courbure de la cornée et du cristallin est optimisée pour focaliser efficacement la lumière sur la rétine. Certains animaux ont également des pigments réfléchissants dans les yeux, ce qui améliore leur vision dans les environnements sombres ou troubles. Ces adaptations améliorent la vision dans diverses conditions d'éclairage, favorisant la survie dans la nature. 2.b Demandez-vous : « Que veux-je que mon design fasse ? » - Fournir des plots routiers hautement réfléchissants et durables. - Assurez-vous que les goujons sont écologiques et durables. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment les yeux contribuent-ils à la survie des animaux grâce à leurs propriétés réfléchissantes ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Bioluminescence des lucioles : les lucioles utilisent une réaction chimique impliquant la luciférine et la luciférase pour émettre de la lumière, ce qui pourrait inspirer la création de plots routiers qui brillent la nuit grâce à l'énergie stockée. Tapetum lucidum chez les animaux nocturnes : les animaux nocturnes, tels que les rats laveurs, possèdent une couche réfléchissante derrière leur rétine appelée tapetum lucidum, qui améliore la vision nocturne en réfléchissant la lumière à travers la rétine. Les plots routiers pourraient imiter cette couche réfléchissante afin de maximiser la réflexion de la lumière lorsqu'ils sont éclairés par les phares des voitures. Exosquelettes fluorescents des scorpions : les scorpions sont fluorescents sous la lumière ultraviolette (UV) en raison des composés présents dans leur



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

exosquelette. Cette luminosité naturelle pourrait inspirer la conception de plots routiers visibles à la fois sous les phares et sous certains éclairages publics.

- **Écailles réfléchissantes des poissons** : les poissons tels que les sardines et les harengs ont des écailles réfléchissantes qui leur permettent de se fondre dans la lumière de l'eau. Les balises routières pourraient utiliser des matériaux réfléchissants similaires afin d'optimiser l'efficacité lumineuse et la visibilité dans des conditions d'éclairage médiocres.
- **Champignons bioluminescents et vers luisants** : Les champignons bioluminescents et les vers luisants émettent de la lumière pour attirer les insectes ou pour se reproduire. Ces organismes pourraient inspirer la création de balises routières autonomes qui fournissent un éclairage constant tout au long de la nuit sans source d'énergie externe.

3.b Identifier des experts et entrer en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes.

- AskNature.
- Institut américain des sciences biologiques (AIBS).
- Société pour la biologie de la conservation.
- Forums en ligne et groupes sur les réseaux sociaux.

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Fonctions essentielles

- **Réflexion de la lumière** : le tapetum lucidum, une couche réfléchissante située derrière la rétine, agit comme un miroir, renvoyant la lumière à travers la rétine afin d'améliorer la vision dans des conditions de faible luminosité.
- **Amplification de la lumière** : cette réflexion augmente la quantité de lumière disponible pour les photorécepteurs, donnant aux chats une seconde chance d'absorber la lumière et améliorant leur vision nocturne.
- **Reflets oculaires** : la lumière réfléchi sort de l'œil, provoquant la lueur caractéristique que l'on observe dans l'obscurité.

Mots-clés

Tapetum lucidum, photorécepteurs, reflet oculaire, vision nocturne.



Copyright @Projet Let's mimic (conçu par ATS)

4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Matériaux réfléchissants et amplificateurs

- Utilisez des matériaux spéciaux qui réfléchissent et amplifient la lumière des phares des voitures, afin que les clous brillent et ressortent clairement sur la route.
- Assurez-vous que ces matériaux sont suffisamment résistants pour supporter un trafic intense et des conditions météorologiques difficiles, afin d'offrir une visibilité constante dans le temps.

Propriétés auto-luminescentes

- Recherchez des matériaux capables d'absorber la lumière pendant la journée et de briller la nuit, à l'instar de certains matériaux naturels. Cela garantit la visibilité des clous même sans la lumière directe des phares des voitures, ce qui ajoute un niveau de sécurité supplémentaire sur les routes sombres ou non éclairées.

Durabilité et longévité

- Choisissez des matériaux écologiques et durables afin de réduire la nécessité de les remplacer fréquemment.
- Concevez des plots écoénergétiques, minimisant l'impact environnemental tout en améliorant la sécurité routière.

Tests et collaboration

- Effectuer des tests approfondis et des essais en conditions réelles afin de garantir l'efficacité des plots routiers dans tous les types de conditions météorologiques et d'éclairage.
- Collaborez avec des experts en sécurité routière, en science des matériaux et en conception afin de vous assurer que les plots répondent aux normes de sécurité et fonctionnent correctement dans divers environnements de conduite.

<https://www.wistronchina.com/what-is-the-difference-between-cat-eyes-and-road-studs/>

5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

- **Utilisez des matériaux qui imitent les propriétés réfléchissantes des yeux de chat :** les matériaux réfléchissants inspirés des yeux de chat améliorent la visibilité en renvoyant la lumière vers sa source, à l'instar du tapetum



Étape 5 – Imiter



lucidum. Utilisés dans les plots routiers, ils améliorent la visibilité de nuit et par mauvais temps, guidant les conducteurs en toute sécurité. Ces matériaux sont également utilisés dans les équipements de sécurité tels que les gilets et les casques. Parmi les innovations récentes, on trouve des plots routiers intelligents équipés de LED et de capteurs pour un éclairage dynamique et des informations en temps réel.

- **Concevez des plots routiers très visibles dans diverses conditions** : la conception de plots routiers très visibles nécessite l'utilisation de matériaux et de technologies de pointe. Les billes de verre rétro réfléchissantes et les lentilles prismatiques garantissent une grande visibilité en renvoyant la lumière vers sa source. Les matériaux durables tels que le polycarbonate ou l'acier inoxydable résistent à des conditions difficiles. Les LED alimentées par l'énergie solaire fournissent un éclairage supplémentaire et des capteurs intelligents ajustent la luminosité en fonction des conditions météorologiques. Différentes couleurs améliorent la sécurité pour différents types de routes. Les plots doivent être visibles à au moins 100 mètres dans toutes les conditions. Les panneaux solaires améliorent l'efficacité énergétique et la conception garantit une installation et un entretien faciles, rendant les plots à la fois visibles et durables.
- **Veillez à ce que les plots soient durables et écologiques** : pour garantir la durabilité et le caractère écologique des plots routiers, utilisez du polycarbonate recyclé pour le boîtier et de l'acier inoxydable pour la résistance. Utilisez des adhésifs non toxiques et biodégradables. Intégrez des panneaux solaires à haut rendement et des LED à faible consommation d'énergie, avec des capteurs intelligents pour régler la luminosité. Une conception modulaire permet de remplacer facilement les pièces, ce qui prolonge la durée de vie et réduit les déchets. Scellez les plots contre l'eau et la poussière pour les protéger. Concevez-les de manière à faciliter leur recyclage à la fin de leur cycle de vie afin de préserver leur caractère écologique.

5.b Classez vos idées par catégories (caractéristiques, contexte, contraintes, etc.) et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

- **Caractéristiques** : haute réflectivité, durabilité, matériaux respectueux de l'environnement.
- **Contexte** : routes, autoroutes, passages piétons.
- **Contraintes** : coût, faisabilité de la production, durabilité.

Idee sélectionnée

Concevoir des plots routiers hautement visibles dans diverses conditions en utilisant des capteurs intelligents pour ajuster la luminosité en fonction des conditions météorologiques.

Étape 6 – Évaluer

6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité du modèle technique et commercial.

- **Évaluer la réflectivité et la durabilité.** Le prototype de plot routier inspiré des yeux de chat présente une excellente réflectivité et durabilité. Les billes de verre rétro réfléchissantes et les lentilles prismatiques garantissent une haute visibilité, même dans des conditions de faible luminosité. Le polycarbonate recyclé



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

, renforcé par de l'acier inoxydable, offre une protection robuste. La conception est étanche à l'eau et à la poussière, et comprend des panneaux solaires et des LED à faible consommation d'énergie avec des capteurs intelligents pour des performances durables. Dans l'ensemble, il répond aux normes de réflectivité et de durabilité, ce qui en fait une solution viable pour la sécurité routière.

- **Garantir la rentabilité et le respect de l'environnement** : Utiliser du polycarbonate recyclé pour le boîtier afin de réduire les coûts et l'impact environnemental. Le renfort en acier inoxydable garantit la durabilité et minimise les remplacements. Les panneaux solaires et les LED à haute efficacité permettent de réaliser des économies à long terme, tandis que les capteurs intelligents ajustent la luminosité des LED pour économiser l'énergie. La conception modulaire facilite le remplacement des pièces, prolonge la durée de vie et réduit les déchets. Cette approche concilie viabilité économique et durabilité environnementale, tout en améliorant la sécurité routière.

6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Pour créer des plots routiers efficaces inspirés des yeux de chat, il est essentiel d'optimiser tous les aspects. Utilisez du polycarbonate recyclé pour le boîtier afin de réduire les coûts et l'impact environnemental, et renforcez les composants critiques avec de l'acier inoxydable pour plus de durabilité. Intégrez des panneaux solaires à haut rendement et des LED à faible consommation d'énergie avec des capteurs intelligents pour réaliser des économies d'énergie à long terme et réduire l'entretien au minimum. Maximisez la réflectivité avec des billes de verre rétro réfléchissantes et des lentilles prismatiques pour une visibilité dans diverses conditions. Une conception modulaire permet de remplacer facilement les pièces, ce qui prolonge la durée de vie et réduit les déchets. Cette approche équilibrée garantit la rentabilité, la durabilité et la viabilité environnementale, tout en améliorant la sécurité routière.

La révision régulière de ces étapes garantit que le produit final répond à toutes les normes.

Ressources supplémentaires :

<https://www.road-stud.com/shining-light-on-road-safety-the-ingenious-invention-of-the-cats-eye-road-stud/>

<https://medium.com/@seintodesignstudio/cats-eyes-and-road-safety-how-one-feline-friend-changed-the-course-of-road-safety-history-611f2a37330>

<https://www.wistrongchina.com/what-is-the-difference-between-cat-eyes-and-road-studs/>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : Comment la nature a inspiré les emballages durables

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description								
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. Comment la nature parvient-elle à préserver la biodiversité et à équilibrer ses écosystèmes malgré les changements environnementaux ? Contexte La nature a développé des stratégies remarquables pour maintenir la biodiversité et l'équilibre des écosystèmes. Les mécanismes de protection sont évidents chez diverses espèces, comme la carapace des tortues, qui les protège des prédateurs et des conditions environnementales difficiles. Cette armure naturelle permet aux tortues de prospérer dans divers habitats, contribuant ainsi à la santé globale de leurs écosystèmes. La durabilité est un autre facteur clé dans le maintien des écosystèmes. Les racines des plantes, par exemple, ancrent fermement les plantes dans le sol, leur assurant stabilité et résistance aux conditions défavorables telles que les vents violents et les fortes pluies. Cela aide non seulement les plantes individuelles à survivre, mais soutient également l'ensemble de l'écosystème en empêchant l'érosion du sol et en préservant sa structure. La biodégradabilité joue un rôle crucial dans le cycle des nutriments et la santé des sols. Les feuilles qui tombent au sol se décomposent, enrichissant le sol en nutriments essentiels et favorisant la croissance des plantes, ce qui à son tour soutient la chaîne alimentaire. Ce processus naturel de décomposition et de recyclage des nutriments garantit que les écosystèmes restent productifs et résilients au fil du temps. 2.b Que veux-je que mon projet accomplisse ? Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par les qui lui permettent de survivre. Elles peuvent également faire référence à ce que vous attendez de votre solution de conception. Résumé des fonctions clés et des contextes naturels <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fonction de conception</th> <th>Contexte naturel (adaptation)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Protection</td> <td>La carapace des tortues</td> </tr> <tr> <td>Durabilité</td> <td>Racines des plantes</td> </tr> <tr> <td>Biodégradabilité</td> <td>Feuilles qui se décomposent dans le sol</td> </tr> </tbody> </table> 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées.	Fonction de conception	Contexte naturel (adaptation)	Protection	La carapace des tortues	Durabilité	Racines des plantes	Biodégradabilité	Feuilles qui se décomposent dans le sol
Fonction de conception	Contexte naturel (adaptation)								
Protection	La carapace des tortues								
Durabilité	Racines des plantes								
Biodégradabilité	Feuilles qui se décomposent dans le sol								



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Étape 3 – Découvrez

Comment un emballage durable peut-il protéger les aliments contre la détérioration et la contamination ?

3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception.

Fonction

Protection naturelle.

Modèles naturels

- **Carapace de tortue** : la carapace agit comme un bouclier protecteur, défendant la tortue contre les prédateurs et les conditions climatiques défavorables. Cette structure rigide et imperméable est un exemple de la façon dont un matériau naturel peut offrir une protection adéquate.
- **Couleur de camouflage animale** : de nombreux animaux, tels que les cerfs ou les léopards, utilisent le camouflage pour se protéger des prédateurs. Cette stratégie d'adaptation peut inspirer des emballages qui se fondent dans l'environnement, offrant ainsi une protection en évitant la détection.
- **Cocon de papillon** : le cocon offre une protection exceptionnelle aux larves, les défendant contre les prédateurs et les conditions extérieures. Ce modèle peut inspirer la création d'emballages qui créent un environnement sûr pour les aliments, les protégeant ainsi de toute contamination.

3.b Identifiez des experts et connectez-vous à des communautés de biologistes et de naturalistes.

- Biologistes écologistes.
- Biologistes évolutionnistes.
- Spécialistes en bio-ingénierie.
- Experts en développement durable.
- Sociétés biologiques (American Institute of Biological Sciences (AIBS), Ecological Society of America (ESA)).
- Associations naturalistes (Société nationale Audubon ou The Nature Conservancy).
- Plateformes en ligne (ResearchGate, LinkedIn).
- Universités et centres de recherche.

Étape 4 – Résumé

4. Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, créez un diagramme/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Recyclage naturel des matériaux

Mots clés : dégradation, circularité, réutilisation, durabilité.

Modèles naturels : champignons, bactéries décomposeuses et cycles des nutriments du sol.



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

- **Fonction** : transforme les déchets en nutriments ou en matières premières pour de nouveaux processus biologiques, assurant ainsi un cycle continu de recyclage.

Protection naturelle

- **Mots clés** : résistance, barrière, conservation, sécurité.
- **Modèles naturels** : coquilles de mollusques, carapaces de crustacés, coquilles d'œufs.
- **Fonction** : offre une protection adéquate contre la contamination et les dommages tout en préservant l'intégrité du contenu.

Adaptabilité à l'environnement

- **Mots clés** : Flexibilité, résilience, évolution, diversité.
- **Modèles naturels** : camouflage des caméléons, adaptations des plantes à des conditions climatiques variées.
- **Fonction** : Permet aux emballages de s'adapter à différentes conditions environnementales et à différents types de produits, garantissant ainsi leur fonctionnalité et leur efficacité.

Réduction des déchets grâce à la réutilisation

- **Mots clés** : réutilisation, réduction, efficacité, innovation.
- **Modèles naturels** : comportements sociaux de certains animaux, écosystèmes qui tirent parti des restes.
- **Fonction** : optimise l'utilisation des ressources disponibles en réutilisant les matériaux et en minimisant les déchets, contribuant ainsi à un système circulaire.

<https://en.bioxegy.com/post/circular-economy-biomimicry-and-4>

4.b Traduire les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain. Par exemple, un maillot de bain inspiré de la peau de requin.

- **Recyclabilité** : capacité à se décomposer et à être réutilisé sans perte de qualité.



- **Protection** : garantit la sécurité alimentaire en fournissant une barrière contre la contamination et les dommages physiques.
- **Adaptabilité** : capacité à s'adapter à diverses conditions environnementales et à différents types de produits.
- **Réduction des déchets** : accent mis sur l'optimisation de l'utilisation des matériaux et la minimisation des déchets grâce à des stratégies de réutilisation innovantes.



<https://planetark.org/newsroom/news/how-the-circular-economy-uses-biomimicry-to-imitate-natural-systems>

Étape 5 – Imiter

5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

- **Recyclabilité** : capacité à être recyclé plusieurs fois.
- **Biodégradabilité** : se décompose naturellement sans nuire à l'environnement.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques

- **Recyclabilité** : capacité à être recyclé plusieurs fois sans dégradation de la qualité et à promouvoir l'économie circulaire.
- **Biodégradabilité** : Conçu pour se décomposer dans un délai spécifique et pour que les matériaux se dégradent naturellement, réduisant ainsi les déchets mis en décharge.
- **Protection** : protège les produits contre la contamination, l'humidité et les dommages physiques, en formant une barrière contre les facteurs externes nocifs.

Contexte

- **Industrie alimentaire** : restaurants, cafés, services de livraison de repas, entreprises de restauration.
- **Consommateurs** : personnes et familles soucieuses de l'environnement à la recherche d'options durables.
- **Détaillants** : entreprises visant à améliorer leur image en matière de durabilité et à répondre à la demande des consommateurs.

Contraintes



	Limitations techniques, facteurs économiques et conformité réglementaire
Étape 6 – Évaluer	6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux. Les concepts évalués s'alignent bien sur les principes de l'économie circulaire et répondent aux critères fixés par le défi de conception. Ils démontrent une forte compatibilité avec les systèmes terrestres, favorisant la durabilité, l'efficacité des ressources et la réduction des déchets. Cependant, la faisabilité technique et commerciale de ces concepts varie, soulignant la nécessité d'une analyse minutieuse des infrastructures, du comportement des consommateurs et des méthodes de production. Avec un soutien et des investissements appropriés, ces concepts ont le potentiel d'apporter une contribution significative à une économie plus durable et circulaire. 6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable. En réexaminant et en révisant les étapes précédentes, nous avons affiné notre approche afin de créer une solution viable qui non seulement s'aligne sur les principes de l'économie circulaire, mais répond également aux besoins pratiques des consommateurs et des entreprises. Le système d'emballage écologique intégré combine les avantages des matériaux biodégradables, des systèmes réutilisables, des conceptions modulaires et des technologies intelligentes, garantissant ainsi une solution complète qui relève les défis liés aux déchets de manière durable et innovante. Un retour d'information et une adaptation continus seront essentiels à la mise en œuvre et à l'acceptation réussies de cette solution.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/> <https://asknature.org/collection/life-friendly-packaging/>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : les structures osseuses des mammifères

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment la structure poreuse et résistante des os des mammifères supporte-t-elle les charges mécaniques ? Contexte Les os des mammifères, composés d'une partie interne « spongieuse » et d'une partie externe « compacte », constituent un excellent composite structurel, alliant résistance et flexibilité. La partie interne « spongieuse » est la partie molle de l'os, stabilisée structurellement par la partie externe « compacte » qui l'entoure. L'os spongieux possède une surface dix fois plus grande que l'os compact. Cela crée l'effet composite classique souple-dur, permettant à l'os de fléchir sous la contrainte tout en soutenant structurellement la charge du corps. 2.b Demandez-vous : « Que veux-je que mon design fasse ? » Pour une batterie de type éponge inspirée de la structure poreuse et résistante des os des mammifères, mon projet vise à atteindre les objectifs suivants : • Optimiser l'efficacité du stockage d'énergie. • Améliorer la durabilité mécanique. • Soutenir les solutions énergétiques durables. • Maintenir la praticité et la rentabilité. • Garantir la sécurité et la fiabilité. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment les os spongieux des mammifères absorbent-ils les chocs ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Par exemple, lisez des publications scientifiques. • Nacre (nacre) : la structure en couches de la nacre peut inspirer des conceptions de batteries à haute densité, efficaces, durables, évolutives et sûres. • Soie d'araignée : la structure moléculaire de la soie d'araignée peut inspirer la création de matériaux de stockage d'énergie à haute capacité, flexibles, durables, rentables et sûrs.



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Étape 4 – Résumé

- **Feuille de lotus** : la surface superhydrophobe des feuilles de lotus peut inspirer la création de revêtements de batterie écologiques, durables, économiques et sûrs qui empêchent la pénétration d'humidité et améliorent la longévité des composants.
- **Anguille électrique** : la capacité de l'anguille électrique à produire de l'électricité peut inspirer la conception de bio-batteries et de condensateurs à haut rendement, durables, rentables et sûrs.
- **Épines de cactus** : la structure unique des épines de cactus peut inspirer la conception de batteries écoénergétiques, durables, rentables et sûres qui améliorent le transport des ions et la stabilité mécanique.

3.b Identifier des experts et entrer en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes.

- Société américaine des mammalogistes (ASM).
- Société de biologie intégrative et comparative (SICB).
- Société internationale de biomimétique (ISB).
- Université Sungkyunkwan, Université du Texas à Austin et Laboratoire national de Brookhaven.

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent illustrer la conception.

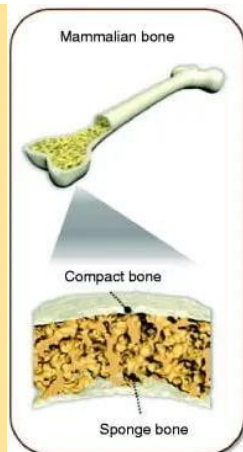
Fonctions essentielles

- **Efficacité du stockage de l'énergie** : les os stockent des minéraux essentiels tels que le calcium et le phosphore, qui sont cruciaux pour les contractions musculaires, la coagulation sanguine et la transmission nerveuse. Ce stockage et cette libération contribuent à maintenir l'équilibre métabolique et l'efficacité énergétique.
- **Durabilité mécanique** : les os se remodelent en réponse à une charge mécanique, renforçant ainsi leur structure et minimisant la consommation d'énergie pendant les activités physiques. Cette adaptation rend les mouvements plus efficaces et réduit le risque de blessure.
- **Durabilité** : les os des mammifères contribuent à la durabilité grâce à leur soutien structurel, leur efficacité en termes de ressources, leur rôle dans le cycle des minéraux et leur importance écologique, ainsi qu'à l'utilisation de matériaux à impact minimal.
- **Sécurité et fiabilité** : les os des mammifères garantissent sécurité et fiabilité grâce à leur intégrité structurelle, la protection des organes, l'absorption des chocs, la cicatrisation et le remodelage, la régulation du calcium et les fonctions endocriniennes.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Droits d'auteur de l'image :

<https://pubs.aip.org/aip/apr/article/7/4/041410/832047/Biomimetic-composite-architecture-achieves>

4.b Traduisez les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrivez la stratégie sans utiliser de termes biologiques et reliez-la aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Fonctions essentielles

1. Efficacité du stockage de l'énergie

- **Structure poreuse** : en imitant la structure spongieuse interne de l'os (trabécules), elle pourrait augmenter la surface disponible pour le transport des ions.
- **Transport efficace des ions** : facilite le mouvement rapide des ions, améliorant les taux de charge et de décharge.

2. Durabilité mécanique

- **Résilience** : une structure semblable à celle de l'os spongieux offre résistance et flexibilité, permettant des taux de charge ultra-élevés et conservant plus de 90 % de sa capacité après 10 000 cycles, garantissant ainsi durabilité et efficacité pour une utilisation à long terme.
- **Résistance aux chocs** : l'imitation de la couche externe compacte des os des mammifères améliore le transport des ions sodium. La combinaison du NVP et du rGO crée un environnement stable, améliorant la stabilité cyclique et les capacités thermiques de la batterie.

3. Sécurité et fiabilité

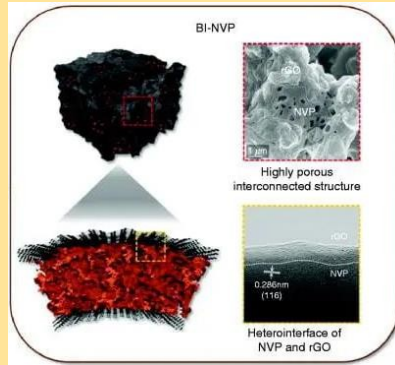
- **Gestion thermique** : gère efficacement la chaleur pour éviter la surchauffe.
- **Intégrité structurelle** : maintient la stabilité et la sécurité dans diverses conditions.

4. Durabilité

- **Matériaux écologiques** : elle peut utiliser des matériaux et des processus durables afin de minimiser l'impact environnemental. Des matériaux abondants et rentables comme le sodium rendent cette technologie

économiquement viable. Des batteries durables et efficaces pourraient susciter un intérêt industriel important en raison de la réduction des coûts et de l'amélioration de la durabilité.

- **Longue durée de vie** : peut garantir la durabilité et la longévité. Une telle structure peut rendre une batterie très durable et efficace pour une utilisation à long terme.



Droits d'auteur de l'image : <https://pubs.aip.org/aip/apr/article/7/4/041410/832047/Biomimetic-composite-architecture-achieves>

5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Informations clés et idées

- Architecture poreuse.
- Coque extérieure dense.
- Composition des matériaux.
- Améliorations des performances.
- Durabilité.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les fonctionnalités, le contexte, les contraintes, etc., puis sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

	Contexte	Fonctionnalités	Application
Architecture poreuse	Innovation bio-inspirée dans les industries Collaboration en matière de recherche Électronique grand public et plus	La structure interne des os des mammifères, appelée os trabéculaire ou spongieux, présente une architecture poreuse qui offre	Cette conception poreuse est reproduite dans la structure de la batterie afin de répartir uniformément les contraintes mécaniques, ce qui empêche les fractures et améliore la durabilité.

		applications à grande échelle.	résistance tout en étant légère.	
		Contraintes : • Intégrité structurelle : équilibre entre porosité et résistance ; une trop grande faiblesse ou une trop faible résistance réduit les avantages de la répartition des contraintes. • Compatibilité des matériaux : s'assurer que les matériaux sont chimiquement compatibles et durables. • Complexité de fabrication : le contrôle précis de la taille et de la répartition des pores est complexe et coûteux. • Gestion thermique : les structures poreuses peuvent affecter les propriétés thermiques, entraînant un risque de surchauffe ou de températures inégales. • Évolutivité : passer de la production en laboratoire à la production commerciale est un défi. • Coût : les matériaux et techniques avancés augmentent les coûts de production.		
	Coque extérieure dense	Innovation bio-inspirée dans les industries Collaboration en matière de recherche Électronique grand public et applications à plus grande échelle.	La couche externe des os, appelée os cortical, est dense et assure un soutien structurel.	La coque extérieure de la batterie est fabriquée à partir d'oxyde de graphène réduit (rGO), qui offre une résistance mécanique élevée et protège les composants internes.
		Contraintes : • Sélection des matériaux : utiliser des matériaux présentant une résistance et une stabilité chimique élevées. • Optimisation de l'épaisseur : optimiser l'épaisseur pour assurer une protection sans excès de poids ou de volume. • Complexité de fabrication : l'épaisseur précise et l'uniformité sont complexes et coûteuses. • Gestion thermique : gérer la chaleur pour éviter la surchauffe et garantir une température uniforme. • Intégrité structurelle : maintenir l'intégrité sous contrainte et pendant le fonctionnement.		

	Coût : les matériaux et techniques haute performance augmentent les coûts.		
	Composition des matériaux	Innovation bio-inspirée dans les industries Collaboration en matière de recherche Électronique grand public et applications à plus grande échelle.	La batterie utilise du Na3v2 (PO4)3 (NVP) comme matériau de cathode, qui est efficace pour transporter les ions sodium. L'intégration du NVP au rGO crée un environnement stable pour les ions sodium, améliorant ainsi la stabilité cyclique et les performances thermiques de la batterie. Matériaux résistants aux réactions chimiques avec l'électrolyte et d'autres composants de la batterie. Par exemple, l'oxyde de graphène réduit (rGO), le Na3V2(PO4)3 (NVP), combiné au rGO, peut fournir les propriétés mécaniques nécessaires, et les matériaux à haute conductivité thermique peuvent aider à dissiper la chaleur plus efficacement.
	Contraintes : Stabilité chimique : les matériaux doivent être stables dans l'environnement de la batterie afin d'éviter toute dégradation. Propriétés mécaniques : fournir une résistance suffisante pour supporter les contraintes opérationnelles. Gestion thermique : gérer efficacement la chaleur pour éviter la surchauffe et garantir une température uniforme. Complexité de fabrication : être compatible avec les processus existants afin d'éviter une complexité et des coûts accrus. Coût et disponibilité : être rentables et facilement disponibles. Impact environnemental : impact minimal lors de l'approvisionnement et de l'élimination.		
	Amélioration des performances	Innovation bio-inspirée dans les industries	La conception bio-inspirée permet à la batterie utiliser des matériaux à haute capacité de stockage d'énergie et de concevoir l'architecture de manière à



		Collaboration en matière de recherche Électronique grand public et applications à plus grande échelle.	se recharger à des vitesses ultra-élevées. La batterie conserve plus de 90 % de sa capacité après 10 000 cycles de décharge et de recharge, démontrant ainsi une durabilité exceptionnelle.	optimiser l'utilisation du matériau actif. Développer des matériaux et des structures qui facilitent le transport rapide des ions et minimisent la résistance au sein de la batterie. Concevoir une architecture poreuse pour améliorer la conductivité thermique et intégrer des mécanismes de refroidissement si nécessaire.
		Contraintes : ● Densité de puissance : atteindre une densité de puissance élevée tout en conservant l'intégrité structurelle de l'architecture poreuse. ● Densité énergétique : garantir que la batterie peut stocker une grande quantité d'énergie par unité de volume ou de poids. ● Taux de charge/décharge : maintenir des taux de charge et de décharge élevés sans dégrader les performances de la batterie au fil du temps. ● Gestion thermique : gérer la production de chaleur pendant les opérations à haute puissance afin d'éviter la surchauffe et d'assurer une distribution uniforme de la température. ● Durée de vie : garantir que la batterie conserve ses performances au fil de nombreux cycles de charge et de décharge. ● Évolutivité : passer de la production de batteries à architecture avancée en laboratoire à la fabrication commerciale.		
	Durabilité	Innovation bio-inspirée dans les industries	L'utilisation du sodium, qui est abondant et rentable, rend la batterie plus	Les matériaux abondants et renouvelables, tels que le sodium, qui est plus facilement





		Collaboration en matière de recherche Électronique grand public et applications à plus grande échelle.	durable par rapport aux batteries au lithium. Imiter les structures naturelles permet de réduire l'empreinte environnementale de la production et de l'élimination des batteries.	.disponible que le lithium. Développer des processus qui minimisent l'impact environnemental, tels que l'utilisation de matériaux biodégradables et la mise en œuvre de programmes de recyclage. Optimiser les processus de fabrication afin de réduire la consommation d'énergie et explorer l'utilisation de sources d'énergie renouvelables dans la production. Concevoir des produits faciles à démonter et à recycler, et utiliser des matériaux qui peuvent être facilement récupérés et réutilisés.
		Contraintes ● Rareté des ressources : la disponibilité des matériaux durables peut être limitée, ce qui entraîne une concurrence et des coûts plus élevés. ● Impact environnemental : la production et l'élimination des matériaux des batteries peuvent avoir des impacts environnementaux importants, notamment la pollution et l'épuisement des ressources. ● Consommation d'énergie : les processus de fabrication des matériaux et structures avancés peuvent être très énergivores. ● Gestion du cycle de vie : veiller à ce que l'ensemble du cycle de vie des batteries, de la production à l'élimination, soit durable. ● Viabilité économique : les matériaux et les processus durables peuvent être plus coûteux, ce qui a une incidence sur le coût global de la batterie.		



	Conformité réglementaire : respecter les réglementations et normes environnementales strictes en matière de production et d'élimination des batteries.
Étape 6 – Évaluer	Idée sélectionnée : Architecture poreuse avec coque extérieure dense. 6.a Évaluez le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluez la faisabilité du modèle technique et commercial. Justification : cette conception imite la structure naturelle des os, offrant à la fois résistance et flexibilité. L'intérieur poreux répartit les contraintes, tandis que la coque extérieure dense protège les composants de la batterie. Mise en œuvre : Utiliser des techniques de fabrication avancées pour créer une structure composite comprenant du Na₃V₂(PO₄)₃ (NVP) et de l'oxyde de graphène réduit (rgo). Compatibilité avec les systèmes terrestres : l'utilisation de matériaux écologiques et abondants comme le sodium contribue à réduire l'empreinte environnementale. Le sodium est plus facilement disponible et moins nocif pour l'environnement que le lithium. Évaluation de la faisabilité Faisabilité technique : les concepts de conception sélectionnés sont basés sur des recherches existantes et ont donné des résultats prometteurs en laboratoire. Des développements et des tests supplémentaires sont nécessaires pour augmenter la production. Faisabilité du modèle commercial : l'utilisation de matériaux rentables et durables, combinée au potentiel d'amélioration significative des performances, rend cette approche économiquement viable. La demande du marché pour des batteries efficaces et respectueuses de l'environnement soutient l'analyse de rentabilité. Compatibilité environnementale : la conception est conforme aux objectifs de durabilité grâce à l'utilisation de matériaux écologiques et à la réduction de l'impact environnemental de la production et de l'élimination des batteries. 6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable. Une solution viable consiste à utiliser des matériaux abondants et écologiques comme le sodium pour permettre un taux de charge ultra élevé et maintenir une capacité supérieure à 90 % après 10 000 cycles. Ainsi, une structure spongieuse inspirée des os des mammifères peut fournir une conception permettant d'améliorer la conductivité thermique et la dissipation efficace de la chaleur.

Ressources supplémentaires :



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



<https://link.springer.com/article/10.1007/s10853-011-5914-9> <https://hal.science/hal-04002794/document>

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4939-3002-9_7

<https://asknature.org/innovation/sponge-like-battery-structure-inspired-by-mammalian-bones/#profile>

https://en.wikipedia.org/wiki/Pore_structure

<https://hbr.org/2021/07/the-green-economy-has-a-resource-scarcity-problem>

<https://www.ansys.com/content/dam/amp/2021/august/webpage-requests/education-resources-dam-upload-batch-2/material-property-data-for-eng-materials-BOKENGEN21.pdf>

https://ocw.mit.edu/courses/3-080-economic-environmental-issues-in-materials-selection-fall-2005/0a9684aa33bdabd205be6eb0635d6dcf_lec_ms2.pdf



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme. **Solution : l'efficacité aérodynamique, la furtivité et la maniabilité du faucon pèlerin. CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE** Description

Étape 2 – Biologie

2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème.

Comment les faucons pèlerins peuvent-ils être furtifs, précis et atteindre une telle vitesse lorsqu'ils plongent pour attraper leur cible ou leur proie ?

Contexte

Le faucon pèlerin est conçu pour la vitesse, avec des ailes et un corps optimisés pour l'efficacité aérodynamique. Lorsqu'il chasse, il peut atteindre des vitesses proches de 320 km/h en repliant ses ailes pour minimiser la résistance. Cette vitesse incroyable lui permet de plonger sur sa proie avec précision, déployant ses ailes au dernier moment pour attraper sa cible.

Les scientifiques ont étudié comment les faucons pèlerins parviennent à réaliser de tels exploits sans se blesser. Une théorie suggère qu'ils déploient leurs ailes juste avant de frapper afin de réduire leur vitesse et d'effectuer les derniers ajustements. Le système de navigation inné du faucon, similaire à celui des missiles militaires, l'aide à prévoir et à ajuster sa trajectoire.

Les faucons pèlerins utilisent la navigation proportionnelle, en ajustant légèrement la position de leurs ailes et leur vitesse avant l'impact. Cette méthode, combinée à une plongée à grande vitesse, améliore leur maniabilité et leur précision. La trajectoire contrôlée de l'oiseau s'apparente à celle d'un pilote de Formule 1 qui maintient sa stabilité à grande vitesse.

2.b Posez-vous la question suivante : que veux-je que ma conception fasse ?

- Livrer des charges nucléaires et conventionnelles avec précision et efficacité.
- Échapper à la détection grâce à une furtivité avancée et un fonctionnement silencieux.
- Effectuer des missions à longue distance à travers le monde avec un besoin minimal en ravitaillement.
- S'adapter à diverses exigences de mission, de la reconnaissance à la guerre électronique.
- S'intégrer de manière transparente dans les champs de bataille multidomains modernes.
- Maintenir la durabilité et l'efficacité en accord avec les considérations environnementales en constante évolution.

2.c Renversez la question. Envisagez les fonctions opposées.

Comment les conditions météorologiques influencent-elles le succès de la chasse des faucons pèlerins ?



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Étape 3 – Découvrez

3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception.

- **Les oiseaux comme les albatros** : les albatros utilisent leurs longues ailes pour planer efficacement sur de longues distances avec un minimum d'énergie, imitant ainsi le besoin de portée et d'efficacité des bombardiers.
- **Les hiboux** : les hiboux ont des plumes dentelées qui réduisent le bruit pendant le vol, leur permettant de chasser en silence. Leur couleur discrète et la forme de leur corps les rendent difficiles à repérer, imitant les conceptions furtives qui absorbent les radars.
- **Les colibris** : les colibris contrôlent leurs mouvements avec précision, ce qui leur permet de voler en stationnaire et de manœuvrer rapidement.
- **Les oiseaux migrateurs** (par exemple, les sternes arctiques) migrent sur des milliers de kilomètres, en s'appuyant sur des schémas de vol efficaces et une conservation de l'énergie.
- **Chauves-souris** : Les chauves-souris utilisent un vol silencieux et l'écholocation pour chasser dans l'obscurité, évitant ainsi d'être détectées par leurs proies.
- **Poulpes** : Les poulpes peuvent adapter leur comportement, leur camouflage et leurs mouvements à divers environnements et tâches.
- **Ours polaires** : La fourrure et la peau des ours polaires gèrent efficacement la chaleur tout en se fondant dans les environnements enneigés.
- **Requins** : Les requins ont une peau hydrodynamique qui réduit la traînée et améliore leur vitesse tout en leur permettant de rester furtifs.

3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes.

Étape 4 – Résumé

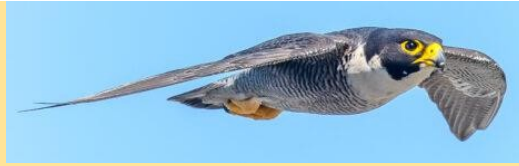
4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

- **Efficacité aérodynamique** : le faucon pèlerin est connu pour ses capacités aérodynamiques exceptionnelles, en particulier lors de ses piqués à grande vitesse.
- **Discrétion et maniabilité** : les faucons, grâce à leur capacité à chasser avec précision et rapidité, font preuve d'une agilité remarquable dans les airs.
- **Conception des ailes** : les ailes du faucon sont longues et pointues, ce qui réduit la traînée et permet un vol plus rapide. Cette conception leur permet d'atteindre des vitesses supérieures à 386 km/h (240 mph) lors d'une descente en piqué.
- **Adaptabilité aux conditions de vol** : les faucons sont réputés pour leur capacité à ajuster leurs ailes en fonction des différentes conditions de vol.
- **Vol silencieux** : les faucons pèlerins sont capables de voler en silence afin de ne pas alerter leurs proies.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



https://chirpforbirds.com/nature-advocacy/biomimicry-and-birds/?srsltid=AfmBOopiHtajWZ6_7sjZCwemSmFLUNUOz-pQ_NTtywhyZIDm2NYC8JI5

https://medium.com/@abhishek_sawant/b-2-bomber-nature-inspired-design-marvel-2d717c5c09d8

4.b Traduire les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

La conception du faucon pèlerin a influencé l'ingénierie du bombardier B-2 Spirit, ce qui en fait l'un des avions les plus emblématiques de l'arsenal militaire américain. Ce lien entre la nature et la technologie aéronautique de pointe met en évidence plusieurs aspects clés :

- **Efficacité aérodynamique** : les ingénieurs ont étudié les schémas de vol et la forme des ailes du faucon afin d'améliorer l'efficacité aérodynamique des avions, notamment celle du bombardier B-2 Spirit.
- **Furtivité et maniabilité** : la conception du B-2 pour les missions furtives intègre une aérodynamique avancée afin de réduire la section radar et d'améliorer la maniabilité, inspirée par l'efficacité du faucon en vol.
- **Conception des ailes** : les principes des ailes élancées et profilées qui minimisent la traînée et améliorent la vitesse sont dérivés de l'observation d'oiseaux de proie tels que le faucon pèlerin.
- **Adaptabilité aux conditions de vol** : les ailes à géométrie variable du B-2 peuvent ajuster leur configuration en fonction des différentes phases de vol, à l'instar des faucons qui adaptent leurs ailes.
- **Vol silencieux** : bien que le B-2 ne soit pas silencieux, sa conception comprend des caractéristiques qui réduisent sa signature radar, lui permettant ainsi de fonctionner avec un niveau de furtivité plus élevé.



Étape 5 – Imiter



https://chirpforbirds.com/nature-advocacy/biomimicry-and-birds/?srsltid=AfmBOopiHtaJWZ6_7sjZCwemSmFLUNUOz-pQ_NTtywhyZIDm2NYC8JI5
https://medium.com/@abhishek_sawant/b-2-bomber-nature-inspired-design-marvel-2d717c5c09d8

5.a Répertoriez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Informations clés

Efficacité aérodynamique, furtivité, maniabilité et silence.

Idées

Configuration en aile volante, optimisation du profil aérodynamique, utilisation de matériaux ou de revêtements absorbant les ondes radar qui minimisent la détectabilité, matériaux qui absorbent et atténuent le bruit, technologie fly-by-wire, moteurs intégrés dans la structure de l'aile, moteurs à cycle variable et turboréacteurs avancés.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

	Contexte	Caractéristiques	Contraintes
Efficacité aérodynamique	Applications militaires Intégration technologique	Configuration en aile volante Conception optimisée des profils aérodynamiques Matériaux avancés Propulsion intégrée	Exigences en matière de furtivité Équilibre entre poids et charge utile Coût et complexité Maintenance et durabilité
Furtivité		Faible section efficace radar (RCS) Matériaux absorbant les ondes radar (RAM) Réduction de la signature infrarouge Réduction de la signature acoustique	Complexité de conception Poids et charge utile Coût et faisabilité Entretien et durabilité

Étape 6 – Évaluer

Maniabilité		Systèmes de commandes de vol électriques Propulsion distribuée Avionique avancée Surfaces de contrôle	Exigences en matière de furtivité Intégrité structurelle Poids et équilibre Coût et complexité
Silence		Conception du moteur Matériaux insonorisants Gestion des gaz d'échappement Conception aérodynamique	Exigences en matière de furtivité Poids et équilibre Coût et complexité Compromis en matière de performances

Pour le défi proposé, toutes les idées sont applicables.

6.a Évaluez le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluez la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

Contraintes

- **Exigences en matière de furtivité** : trouver le juste équilibre entre une faible observabilité et des performances aérodynamiques.
- **Poids et charge utile** : gérer le poids des matériaux et technologies avancés tout en conservant la capacité de charge utile.
- **Coût et complexité** : coûts de développement et de production élevés en raison des technologies avancées.
- **Maintenance et durabilité** : maintenance spécialisée pour les matériaux et systèmes avancés.

Compatibilité avec les systèmes terrestres

- **Impact environnemental** : l'utilisation de matériaux et de technologies avancés doit tenir compte de la durabilité environnementale. Les efforts visant à réduire le bruit et les émissions sont conformes aux réglementations environnementales, minimisant ainsi l'empreinte écologique.
- **Environnements opérationnels** : l'avion doit être capable de fonctionner dans des environnements variés, des missions à haute altitude à la pénétration à basse altitude, tout en conservant ses performances et sa furtivité.

Évaluation de la faisabilité

- **Faisabilité technique** : l'intégration de technologies de pointe en matière d'aérodynamique, de furtivité et de propulsion est techniquement faisable, mais nécessite des investissements importants en R&D. Les avions existants, tels que le B-2 Spirit et le futur B-21 Raider, démontrent la viabilité des conceptions d'ailes volantes pour la furtivité et l'efficacité.
- **Faisabilité du modèle économique** : l'investissement initial est considérable, mais les avantages à long terme en termes de capacités stratégiques et d'efficacité opérationnelle justifient cette dépense. La forte demande des secteurs militaires pour des bombardiers stratégiques avancés garantit un marché viable. Si les coûts de maintenance et d'exploitation sont élevés, les avantages stratégiques et la durée de vie prolongée offrent un retour sur investissement favorable.

6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

La conception d'un bombardier stratégique lourd à aile volante, aérodynamiquement efficace, subsonique, furtif, maniable et silencieux implique de relever plusieurs défis, critères et contraintes en matière de conception. Le principal défi consiste à intégrer plusieurs technologies de pointe et principes de conception afin d'atteindre un équilibre entre efficacité aérodynamique, furtivité, maniabilité et silence. Cela implique de surmonter des complexités techniques et de s'assurer que l'avion répond à des exigences militaires strictes.

En conclusion, la conception d'un bombardier stratégique lourd à aile volante, aérodynamiquement efficace, subsonique, furtif, maniable et silencieux est techniquement et économiquement réalisable, compte tenu des avantages stratégiques importants qu'il présente et de son adéquation avec les besoins militaires modernes.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>

<https://www.audubon.org/news/research-reveals-exactly-why-peregrine-falcons-are-so-deadly> <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1714532114#executive-summary-abstract> <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0086506> https://web.stanford.edu/group/stanfordbirds/text/essays/Raptor_Hunting.html <https://journals.plos.org/ploscompbiol/article?id=10.1371/journal.pcbi.1006044#abstract1> https://medium.com/@abhishek_sawant/b-2-bomber-nature-inspired-design-marvel-2d717c5c09d8 <https://www.icr.org/article/a-bird-in-the-hand>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : imiter les écosystèmes des prairies

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment les écosystèmes des prairies maintiennent-ils naturellement la fertilité et la structure du sol ? Contexte La diversité des espèces dans un écosystème de prairie permet aux plantes d'utiliser efficacement l'eau et les nutriments. De plus, les systèmes naturels présentent une plus grande résilience aux perturbations, possèdent des capacités d'autorégulation, maintiennent des sols plus stables et améliorent la séquestration du carbone, le cycle des nutriments, la production alimentaire et la biodiversité. 2.b Demandez-vous : « Que veux-je que ma conception accomplisse ? » Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par un organisme adaptations ou comportements qui lui permettent de survivre. Ils peuvent également faire référence à quelque chose que vous attendez de votre solution de conception. • Améliorer la santé des sols : utilisez des plantes à racines profondes et l'aération naturelle du sol pour améliorer la structure et la fertilité des sols. • Promouvoir la biodiversité : intégrer diverses cultures pour créer un système résistant aux parasites, aux maladies et au stress. • Optimiser l'utilisation de l'eau : mettre en œuvre des stratégies de gestion de l'eau telles que les cultures de couverture et les paillis organiques pour retenir l'humidité du sol. • Lutte naturelle contre les ravageurs : encouragez les insectes utiles et les prédateurs afin de réduire le recours aux pesticides chimiques. • Fixation de l'azote : utilisez des plantes fixatrices d'azote pour enrichir naturellement le sol, réduisant ainsi l'utilisation d'engrais synthétiques. • Séquestration du carbone : adopter des pratiques qui améliorent le stockage du carbone dans le sol afin d'atténuer le changement climatique et d'améliorer la santé des sols. • Soutien aux pollinisateurs : planter des fleurs indigènes et entretenir les espaces naturels pour soutenir les pollinisateurs et améliorer le rendement des cultures. • Résilience aux perturbations : Concevoir des systèmes capables de se remettre des perturbations en intégrant des stratégies adaptatives. • Efficacité énergétique : utiliser des sources d'énergie renouvelables pour réduire l'empreinte carbone des activités agricoles.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



	• Communauté et éducation : promouvoir des programmes éducatifs et l'implication de la communauté dans les pratiques agricoles durables. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment les écosystèmes des prairies réagissent-ils aux perturbations résultant du changement climatique et s'en remettent-ils ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Il existe plusieurs modèles naturels qui correspondent aux fonctions et au contexte de la solution de conception pour une agriculture durable et efficace, similaire à l'écosystème des prairies : • Écosystèmes forestiers : les forêts préservent la santé des sols, favorisent la biodiversité et gèrent les ressources en eau. • Écosystèmes des zones humides : les zones humides filtrent l'eau, stockent le carbone et abritent une faune et une flore diversifiées. • Écosystèmes de savane : les savanes se caractérisent par un mélange d'herbes et d'arbres, qui abritent diverses populations d'herbivores et préservent la santé des sols. • Écosystèmes des récifs coralliens : les récifs coralliens abritent une grande biodiversité et protègent les côtes de l'érosion. • Écosystèmes désertiques : les déserts abritent des plantes adaptées à des conditions extrêmes, qui conservent l'eau et les nutriments. • Écosystèmes de mangroves : les mangroves protègent les côtes, stockent le carbone et fournissent des habitats de reproduction pour la vie marine. • Écosystèmes de prairies : les prairies abritent des herbivores, préservent la santé des sols et séquestrent le carbone. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. • The Land Institute. • American Society of Naturalists (ASN). • Union internationale pour la conservation de la nature. • Réseau d'histoire naturelle. • Société pour la biologie de la conservation (SCB).
Étape 4 – Résumé	4. Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent illustrer la conception. Fonctions essentielles • Santé et fertilité des sols (systèmes racinaires profonds, cycle des nutriments). • Gestion de l'eau (rétention d'eau, résistance à la sécheresse).





Étape 5 – Imiter

<https://youtu.be/ljv7y-WEgE4?si=Sf5mf0CmeUeGe4q>

https://youtu.be/RwUyL9ox_ts?si=uaPg94zC7cx6Xm4Z Copyright vidéo :

<https://www.youtube.com/@KansasCityPBS> <https://www.youtube.com/@thelandinstitute>

5.a Répertoriez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Informations clés et idées

- Agriculture verticale.
- Permaculture.
- Aquaponie.
- Agriculture régénérative.
- Agroécologie.
- Agriculture de précision.
- Agriculture urbaine.
- Agroforesterie.

5.b Organisez vos idées en catégories qui incluent les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Contextes applicables à toutes les idées : polyculture et biodiversité,

cycle des nutriments, efficacité hydrique, efficacité énergétique, lutte intégrée contre les ravageurs, production alimentaire locale, progrès technologiques

	Caractéristiques	Application
Agriculture verticale	• Cultures multiples : cultiver différentes espèces ensemble. • Stabilité de l'écosystème : améliorez la stabilité et la productivité. • Recyclage des ressources : utilisez les déchets d'un processus comme intrants pour un autre. • Recyclage de l'eau et des nutriments : recycler l'eau et les nutriments. • Intégration urbaine : intégrer dans les environnements urbains.	• Agriculture urbaine • Agriculture en environnement contrôlé • Exploitations agricoles spécialisées dans la production végétale • Recherche et développement • Applications commerciales et industrielles
	Contraintes :	



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



		Consommation énergétique élevée, coûts d'investissement initiaux, expertise technique, variété limitée des cultures, efficacité dans l'utilisation des ressources, viabilité économique, impact environnemental	
	Permaculture	● Diversité des cultures : promouvoir la culture conjointe d'une grande variété de plantes. ● Stabilité de l'écosystème : renforcer la stabilité. ● Résistance aux ravageurs : améliorer la résistance aux ravageurs. ● Résistance aux maladies : accroître la résistance aux maladies. ● Recyclage des ressources : utiliser les déchets d'un processus comme intrants pour un autre. ● Participation de la communauté : impliquer souvent les communautés locales.	● Jardins potagers ● Jardins communautaires ● Permaculture urbaine ● Permaculture rurale ● Fermes permaculturelles ● Sites éducatifs et de démonstration
		Contraintes : Coûts initiaux élevés, intensité de main-d'œuvre, connaissances et formation, adaptation aux conditions locales, demande du marché et viabilité économique, évolutivité, gestion des ravageurs et des maladies	
	Aquaponie	● Plusieurs espèces peuvent coexister et se soutenir mutuellement ● La culture d'une variété de plantes dans le système aquaponique peut améliorer la résilience et la productivité ● Les déchets des poissons peuvent être utilisés comme engrais pour fournir des nutriments aux plantes ● Le recyclage de l'eau, qui peut réduire considérablement le gaspillage d'eau ● L'introduction de prédateurs naturels et d'insectes utiles peut réduire le besoin de pesticides chimiques ● Peut être intégré dans les environnements urbains	● Jardins potagers ● Fermes commerciales ● Agriculture urbaine ● Établissements d'enseignement ● Aide humanitaire



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



		Contraintes : Coûts initiaux élevés, consommation d'énergie, complexité technique, gestion de la qualité de l'eau, variété limitée des cultures, viabilité économique, évolutivité, impact environnemental	
	Agriculture régénérative	● L'agriculture sans labour réduit la perturbation des sols ● La plantation de cultures de couverture aide à prévenir l'érosion du sol, améliore sa fertilité et favorise la rétention d'eau ● La rotation des cultures peut briser les cycles des ravageurs et des maladies, améliorer la santé des sols et accroître la résilience ● Le pâturage tournant du bétail peut aider à gérer la végétation ● Les paysages régénératifs peuvent contribuer à la rétention d'eau, à la prévention de l'érosion et à l'amélioration de l'infiltration de l'eau ● Les cultures de couverture peuvent réduire le labour, et les amendements organiques peuvent augmenter la matière organique du sol et séquestrer le carbone, contribuant ainsi à atténuer le changement climatique.	● Le non-labour ou réduit ● Fermes pratiquant les cultures de couverture ● Agroforesterie ● Polyculture ● Exploitations agricoles avec rigoles et courbes de niveau ● Sites de culture associée ● Agriculture urbaine ● Applications commerciales et industrielles
		Contraintes : Période de transition, connaissances et compétences, coûts initiaux, accès au marché, politiques et soutien, recherche et données, variabilité climatique et environnementale, viabilité économique	
	Agroécologie	● La diversification des cultures peut améliorer la santé des sols, réduire les infestations de ravageurs et accroître la résilience ● La plantation de cultures de couverture telles que le trèfle ou le seigle prévient l'érosion des sols, améliore leur fertilité et renforce leur capacité de rétention d'eau	● Exploitations pratiquant la polyculture et la rotation des cultures ● Agroforesterie ● Petites exploitations agricoles ● Agriculture urbaine et périurbaine ● Pêche et aquaculture



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



		● Réduit le besoin en engrais synthétiques et préserve la fertilité des sols ● Maintient l'équilibre écologique et réduit la pollution environnementale ● Réduit les épidémies de ravageurs et de maladies, améliore la santé des sols et augmente la productivité agricole globale ● Renforce la résilience des systèmes agricoles face au changement climatique ● Améliore la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance des petits exploitants agricoles	● Éducation et développement communautaire
		Contraintes : Connaissances et formation, coûts initiaux, besoin de main-d'œuvre, accès au marché et viabilité économique, soutien politique et institutionnel, recherche et données, adaptation aux conditions locales, évolutivité	
	Agriculture de précision	● Intrants ciblés : n'utiliser l'eau, les engrais et les pesticides que lorsque cela est nécessaire afin de réduire le gaspillage et l'impact environnemental. ● Techniques de précision : optimiser l'utilisation des ressources, améliorer la santé des cultures et augmenter les rendements tout en minimisant l'empreinte environnementale. ● Décisions éclairées : permettre aux agriculteurs de prendre des décisions éclairées. ● Surveillance continue : détecter les problèmes à un stade précoce et intervenir en temps opportun pour améliorer la productivité et la durabilité. ● Optimisation de l'eau : utiliser des capteurs d'humidité du sol et des systèmes d'irrigation automatisés. ● Réduction des produits chimiques : réduire l'utilisation globale de produits chimiques.	● Rendements agricoles dans différentes zones agricoles ● Systèmes d'irrigation automatisés ● Systèmes de cartographie des sols ● Sylviculture ● Sites de surveillance environnementale ● Agriculture urbaine et périurbaine ● Aquaculture



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



		● Santé des sols : promouvoir des pratiques telles que le labour réduit et les cultures de couverture afin de maintenir et d'améliorer la santé des sols.	
		Contraintes Coûts initiaux élevés, expertise technique, gestion des données, consommation d'énergie, exigences en matière d'infrastructures, viabilité économique, impact environnemental	
	Agriculture urbaine	● Diversité des cultures et espaces verts : cultiver diverses cultures et intégrer des espaces verts. ● Production alimentaire urbaine : utiliser les toits, les terrains vacants et les jardins communautaires pour maximiser l'espace et créer des systèmes alimentaires résilients. ● Santé des sols : améliorer les sols grâce au compostage, aux amendements organiques et aux plates-bandes surélevées. ● Optimisation de l'eau : recourir à la récupération des eaux de pluie, à l'irrigation goutte à goutte et à l'utilisation des eaux grises. ● Équilibre écologique : réduire les pesticides chimiques et promouvoir l'équilibre écologique. ● Participation communautaire : favoriser la cohésion sociale et responsabiliser les habitants. ● Résilience climatique : augmenter les espaces verts, améliorer la qualité de l'air et réduire le ruissellement des eaux pluviales.	● Jardins sur les toits ● Agriculture verticale ● Fermes hydroponiques et aquaponiques ● Jardins communautaires ● Zones urbaines et périurbaines inutilisées ● Sites industriels abandonnés ou sous-utilisés
		Contraintes Contraintes d'espace, contamination des sols, coûts initiaux élevés, gestion de l'eau, expertise technique, viabilité économique, obstacles politiques et réglementaires, engagement communautaire	
	Agroforesterie	● Favorise la diversité : renforce la résilience des écosystèmes, soutient les habitats fauniques et améliore la pollinisation grâce à la diversité des espèces végétales.	● Culture en couloirs ● Sylvopastoralisme ● Zones tampons riveraines



Étape 6 – Évaluer		● Santé des sols : ajoute de la matière organique, améliore la structure des sols et favorise le cycle des nutriments. ● Qualité de l'eau : améliore la qualité et la disponibilité de l'eau. ● Résilience climatique : fournit de l'ombre, réduit la vitesse du vent et agit comme un puits de carbone. ● Lutte naturelle contre les ravageurs : favorise les prédateurs naturels des ravageurs, réduisant ainsi le besoin de pesticides chimiques. ● Sources de revenus multiples : produit des fruits, des noix, du bois et d'autres produits forestiers. ● Services écosystémiques : offre la séquestration du carbone, la fourniture d'habitats et l'embellissement du paysage. ● Optimisation des ressources : conduit à des systèmes agricoles plus efficaces et plus productifs.	● Bois et produits dérivés ● Systèmes de production bioénergétique ● Industries pharmaceutiques et botaniques ● Zones urbaines ● Réhabilitation des terres dégradées ● Environnements affectés par le changement climatique
		Contraintes Coûts initiaux élevés, intensité de main-d'œuvre, connaissances et formation, accès au marché et viabilité économique, soutien politique et institutionnel, adaptation aux conditions locales	

6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité du modèle technique et commercial.

Concept de conception sélectionné Permaculture

La culture céréalière pérenne, ou permaculture, est une forme d'agriculture développée pour imiter les systèmes naturels. L'agriculture des systèmes naturels est un système agricole industriel qui utilise des polycultures pérennes et des relations mutuellement bénéfiques pour améliorer la santé et la productivité des cultures. Cette stratégie tire parti des avantages des systèmes naturels, tels que la lutte contre les parasites, la fertilité et le cycle des nutriments, la lutte contre l'érosion, la résistance à la sécheresse, la gestion de l'eau et la séquestration du carbone.

Alignement sur une agriculture durable et efficace



- **Harmonie écologique** : fonctionne avec les processus naturels pour améliorer la fertilité des sols, lutter contre les ravageurs et conserver l'eau.
- **Diversité et résilience** : favorise la diversité des espèces et les polycultures afin d'améliorer la stabilité des écosystèmes et de réduire les infestations de ravageurs.
- Optimise l'utilisation des ressources en intégrant des éléments où les résultats d'un élément servent d'intrants pour un autre.
- **Santé des sols** : utilise le compostage, le paillage et les cultures de couverture pour améliorer la structure des sols et le cycle des nutriments.

Compatibilité avec les systèmes terrestres

- **Biodiversité et services écosystémiques** : améliore la biodiversité et fournit des services essentiels, tels que la pollinisation et la régulation de l'eau.
- **Résilience climatique** : favorise la diversité des systèmes afin de résister au changement climatique et d'amortir les effets des conditions météorologiques extrêmes.
- **Séquestration du carbone** : le maintien des plantes vivaces et l'amélioration de la santé des sols permettent de séquestrer le carbone et d'atténuer le changement climatique.
- **Conservation de l'eau** : cela comprend des techniques telles que la collecte des eaux de pluie et l'irrigation efficace pour gérer l'eau de manière durable.

Faisabilité technique

- **Faisabilité technique** : utilise des principes écologiques pour concevoir des systèmes qui améliorent la biodiversité, la santé des sols et la résilience.
- **Efficacité des ressources** : Intègre des éléments visant à réduire les déchets et à améliorer la productivité.
- **Santé des sols et gestion de l'eau** : améliore la structure des sols et conserve l'eau grâce au compostage, au paillage et à l'utilisation de rigoles.
- **Résilience climatique** : Conçoit des systèmes résilients au changement climatique, en utilisant des plantes pérennes et diversifiées.

Faisabilité du modèle économique

- **Investissement initial et coûts** : nécessite un investissement initial, mais permet de réaliser des économies à long terme et d'augmenter la productivité.
- **Viabilité économique** : Diversifie les revenus grâce à diverses cultures, à l'élevage et à des produits à valeur ajoutée.
- **Accès au marché** : développe des canaux de vente directe aux consommateurs et trouve des marchés qui valorisent les produits durables.
- **Soutien politique et institutionnel** : nécessite des politiques et des incitations favorables pour une adoption à grande échelle.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

- **Communauté et éducation** : renforce le soutien de la communauté et sensibilise aux principes de la permaculture pour garantir le succès.

6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Afin de trouver une solution viable pour mettre en œuvre la permaculture de manière durable et efficace, nous pouvons réexaminer et affiner les aspects clés suivants :

- **Conception écologique** : créer des polycultures diversifiées et intégrer l'agroforesterie en utilisant des espèces indigènes et pérennes. Développer des conceptions spécifiques au site, adaptées aux conditions locales.
- **Efficacité des ressources** : optimiser l'utilisation des ressources grâce à la collecte des eaux de pluie, au compostage et aux énergies renouvelables. Mettre en place des systèmes de recyclage des nutriments et de l'eau.
- **Santé des sols et gestion de l'eau** : améliorer les sols grâce à des cultures de couverture, au paillage et à des amendements organiques. Utiliser des rigoles pour gérer l'eau et surveiller la santé des sols et la consommation d'eau.
- **Résilience climatique** : utiliser des espèces résistantes au climat et élaborer des plans d'urgence en cas de phénomènes météorologiques extrêmes. Adapter les pratiques en fonction du suivi et des retours d'expérience.
- **Séquestration du carbone** : améliorer le stockage du carbone grâce à des plantes vivaces et améliorer la santé des sols. Communiquer sur les avantages afin d'attirer des soutiens et des financements.
- **Investissement initial et coûts** : rechercher un soutien financier sous forme de subventions, d'aides et de prêts. Élaborer un plan financier complet avec une approche de mise en œuvre par étapes.
- **Viabilité économique** : diversifier les revenus grâce à diverses cultures, à l'élevage et à des produits à valeur ajoutée. Explorer les marchés de niche et les canaux de vente directe.
- **Accès au marché** : établir des relations avec les marchés locaux et les consommateurs. Investir dans la stratégie de marque et la sensibilisation afin de les informer des avantages de la permaculture.

Ressources supplémentaires :

<https://asknature.org/innovation/sustainable-industrial-agriculture-inspired-by-prairie-ecosystems/> <https://asknature.org/strategy/natural-ecosystem-demonstrates-sustainability/> https://www.youtube.com/watch?v=RwUyL9ox_ts
<https://landinstitute.org/>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : le vol soutenu et motorisé, la structure aérodynamique, l'efficacité énergétique et le mouvement aérien contrôlé par les muscles des chauves-souris.

BIOMIMÉTISME CONCEPTION	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment les chauves-souris peuvent-elles utiliser le vol pour tout, de la capture de proies à la reproduction, en passant par l'évitement des prédateurs et la migration sur de longues distances ? Contexte Les chauves-souris sont les seuls mammifères volants. Elles se divisent en deux groupes principaux : les mégachiroptères, qui se nourrissent de fruits, et les microchiroptères, qui utilisent l'écholocation. Elles sont principalement nocturnes et vivent dans des grottes. Les chauves-souris utilisent l'écholocation pour se déplacer et chasser, émettant des ultrasons pour produire des échos. Leurs cris peuvent atteindre 140 décibels et vont de 14 000 à plus de 100 000 Hz. Les oreilles des chauves-souris sont sensibles aux sons émis par leurs proies, et elles peuvent se construire une image mentale de leur environnement en effectuant des balayages répétés. Les chauves-souris sont présentes dans le monde entier, sauf dans les régions très froides, et jouent un rôle essentiel dans la pollinisation des fleurs et la dispersion des graines. Elles ont développé des caractéristiques spécialisées pour le vol, comme des ailes flexibles et des muscles puissants. Les chauves-souris ont une bonne vision adaptée à leur environnement, certaines s'appuyant davantage sur l'écholocation que sur la vue. 2.b Que veux-je que mon projet réalise ? Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par les adaptations ou les comportements d'un organisme qui lui permettent de survivre. Elles peuvent également faire référence à ce que vous attendez de votre solution de conception. L'objectif principal d'un nouveau micro-véhicule aérien robotisé (MAV) léger, hautement efficace et furtif, spécialement conçu pour des applications militaires, est d'améliorer les capacités opérationnelles dans divers environnements difficiles. De plus, ma conception vise à fournir des renseignements en temps réel, à suivre les menaces, à assister les forces terrestres, à localiser les survivants, à servir de centre de communication, à détecter les menaces et à utiliser des tactiques de diversion. En outre, il peut être adapté à des applications civiles, notamment les interventions en cas de catastrophe, la surveillance environnementale, l'urbanisme et l'agriculture. Résumé des fonctions clés et des contextes naturels Fonctions clés



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



	• Surveillance et reconnaissance : collecter et transmettre des renseignements en temps réel provenant d'environnements hostiles ou inaccessibles tout en restant indétectable. • Identification et suivi des cibles : utiliser des capteurs et des algorithmes avancés pour localiser, identifier et surveiller avec précision les cibles, même dans des environnements complexes, encombrés ou dynamiques. • Soutien tactique : fournir aux forces au sol une connaissance de la situation, livrer des charges utiles ou aider à mener des frappes de précision. • Surveillance environnementale : détecte les menaces chimiques, biologiques ou radiologiques et évalue les conditions environnementales en temps réel. • Efficacité énergétique et fonctionnement prolongé : optimise l'autonomie de vol grâce à une utilisation efficace de l'énergie et à des systèmes d'alimentation durables. • Furtivité et camouflage : évite la détection par radar, imagerie thermique ou observation visuelle. • Communication et relais de signaux : sert de centre de communication mobile pour soutenir les unités militaires dans les zones où les signaux sont compromis. • Navigation autonome dans des environnements complexes : fonctionne de manière indépendante dans les zones sans GPS grâce à la détection d'obstacles et à la planification dynamique d'itinéraires. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment les chauves-souris utilisent-elles leurs autres sens, tels que l'écholocation et la vision, pour compenser leur incapacité à voler dans certaines situations ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. • Les chouettes sont connues pour leur vol silencieux grâce à leurs plumes spécialisées qui amortissent le bruit ; elles excellent dans la chasse furtive, ce qui en fait une source d'inspiration idéale pour les MAV furtifs. • Les libellules, avec leur excellente acuité visuelle et leur capacité à rester en vol stationnaire, peuvent servir de modèles pour les drones de surveillance qui nécessitent une observation stable et précise. • Les faucons pèlerins utilisent la navigation proportionnelle lors de leurs plonges à grande vitesse pour intercepter leurs proies, fournissant ainsi un modèle pour le suivi et l'interception dans les MAV. • Les abeilles mellifères utilisent une recherche de nourriture et une navigation coordonnées pour livrer des ressources avec précision à leur ruche, à l'image des MAV qui livrent de petites charges utiles dans des environnements complexes. • Les oiseaux de proie, tels que les faucons, peuvent lâcher ou manipuler des objets avec précision en plein vol, ce qui peut inspirer la conception de la charge utile des MAV.



- **Les papillons et les phalènes** sont sensibles aux changements environnementaux tels que la température et l'humidité ; ils peuvent inspirer la conception de capteurs MAV capables de détecter les variations atmosphériques les plus subtiles.
- **Les vautours** peuvent localiser des carcasses sur de vastes zones ; cette capacité peut mettre en évidence des stratégies aériennes pour une surveillance à grande échelle.
- **Les albatros** utilisent le vol dynamique pour exploiter les courants aériens et économiser leur énergie, et peuvent inspirer des stratégies de vol MAV pour l'endurance.
- **Les colibris** sont très efficaces pour voler en stationnaire avec une dépense énergétique minimale et peuvent avoir une influence directe sur la conception de MAV haute performance.
- **Les insectes** tels que les phasmes et les papillons de nuit se fondent parfaitement dans leur environnement et peuvent inspirer la conception de MAV pour le camouflage en milieu urbain ou sauvage.
- **Les créatures nocturnes** comme les hiboux opèrent sans être détectées la nuit et peuvent inspirer la recherche sur les MAV en matière d'optimisation pour les missions en basse lumière.
- **Les colonies de fourmis** utilisent des traces de phéromones pour communiquer sur de longues distances, un peu comme les MAV qui relaient des signaux.
- **Les lucioles**, grâce à leur signalisation bioluminescente, peuvent inspirer des systèmes de communication efficaces et à faible consommation d'énergie dans les MAV.
- **Les pigeons** s'appuient sur les champs géomagnétiques et les repères visuels pour naviguer avec précision, ce qui influence à son tour l'autonomie des MAV.

3.b Identifier des experts et entrer en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes.

- Université de Californie à Berkeley.
- Université du Nouveau-Mexique.
- Southampton et Imperial College.
- Institut de technologie de Californie.
- Université de Boston.
- Université du Maryland.
- Le Pentagone.
- Les défenseurs de l'environnement dans plusieurs États.
- École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL).
- Des chercheurs dirigés par le Dr Stefan Seelecke de l'université de Caroline du Nord.
- Université Northeastern, dirigée par Alireza Ramezani.



Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent illustrer la conception.

Adaptations au vol

- **Les membres antérieurs comme ailes** : les chauves-souris sont les seuls mammifères capables d'un vol véritable et soutenu.
- **Surface membranaire** : augmentée entre les doigts, les membres antérieurs et les membres postérieurs.
- **Os cortical plus fin** : réduit les contraintes de torsion.
- **Innervation et musculature** : innervation redirigée et augmentation de la force musculaire pour des battements d'ailes puissants.
- **Adaptations métaboliques** : taux métabolique élevé, capacité pulmonaire accrue et respiration aérobie.

Écholocation

- **Sons ultrasoniques** : émis par les microchiroptères et certaines mégachiroptères pour produire des échos.
- **Intensité sonore** : dépend de la pression sous-glottique, avec des cris pouvant atteindre 140 décibels.
- **Gamme de fréquences** : de 14 000 à plus de 100 000 Hz, au-delà de l'audition humaine.
- **Détection des proies** : les chauves-souris comparent les impulsions émises avec les échos renvoyés pour localiser leurs proies.
- **Tragus et motifs d'interférence** : utilisés pour estimer l'élévation de la cible.

Régime alimentaire et comportement :

- **Régime alimentaire** : insectivores, frugivores, nectarivores, et certaines espèces se nourrissent d'animaux.
- **Nocturnes** : la plupart des chauves-souris sont actives la nuit et vivent souvent dans des grottes ou des refuges.
- **Rôle dans l'écosystème** : pollinisation des fleurs et dispersion des graines, essentielles pour de nombreuses plantes tropicales.

Capacités visuelles

- **Vision fonctionnelle** : contrairement aux mythes, les chauves-souris ont généralement une vision adaptée à leur environnement.
- **Adaptations nocturnes** : yeux adaptés aux conditions de faible luminosité.
- **Vision dichromatique** : capacité à voir deux couleurs, généralement le vert et l'ultraviolet.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

- **Cellules à bâtonnets et à cônes** : riches en cellules à bâtonnets pour la faible luminosité, moins riches en cellules à cônes pour la détection des couleurs.

Maniabilité et dextérité

- **Articulations souples** : plus maniables et plus agiles que les mammifères planeurs.
- **Structure des ailes** : ailes plus fines avec plus d'os, permettant des manœuvres précises.
- **Efficacité énergétique** : les ailes repliables lors de la phase ascendante permettent d'économiser de l'énergie.

Caractéristiques spécialisées :

- **Muscle occipito-pollicalis** : propre aux chauves-souris, nécessaire au vol.
- **Plagiopatagium** : peau recouvrant les membres antérieurs, similaire à celle des écureuils volants.
- **Membranes régénératrices** : délicates, mais capables de se régénérer et de cicatriser rapidement.



<https://dronelife.com/2018/01/05/laser-powered-bat-drones-really/>

4.b Traduire les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Caractéristiques clés et adaptations Mécanique de vol

- **Membranes flexibles** : imitant les ailes des chauves-souris, les MAV peuvent être conçus avec des matériaux flexibles pour naviguer dans des couloirs étroits.
- **Mouvement de battement efficace** : grâce à des alliages métalliques à mémoire de forme, les MAV peuvent reproduire le mouvement de battement des chauves-souris, offrant une amplitude de mouvement complète et revenant à leur position initiale.

Systèmes de contrôle autonomes

- **Imagerie thermique 3D et radar** : ces technologies permettent aux chercheurs d'étudier le vol des chauves-souris en groupe et de suivre leur migration, fournissant ainsi des informations précieuses pour la navigation des MAV.

Microélectronique et capteurs

- **Caméras stéréo et microphones** : les MAV peuvent être équipés de minuscules caméras et microphones pour recueillir des données visuelles et auditives.
- **Capteurs environnementaux** : des capteurs permettant de détecter les radiations nucléaires, les gaz toxiques et d'autres menaces peuvent être intégrés aux MAV.
- **Radar à faible puissance** : permet aux MAV de naviguer dans l'obscurité et de détecter les obstacles.

Efficacité énergétique

- **Récupération d'énergie** : les MAV peuvent exploiter l'énergie solaire, éolienne et les vibrations pour recharger leurs batteries, garantissant ainsi un fonctionnement continu.
- **Conception légère** : grâce à l'utilisation de matériaux avancés, les MAV peuvent être conçus pour être légers tout en étant résistants, à l'instar du squelette des chauves-souris.



<https://record.umich.edu/articles/com-bat-research-takes-flight/> <https://newatlas.com/bat-inspired-drone-flies-walks/35744/>

Étape 5 – Imiter

5.a Dressez la liste des informations clés et explorez autant d'idées que possible.

- **Construction légère** : utilisation de matériaux avancés, miniaturisation.
- **Efficacité aérodynamique** : conception optimisée des profils aérodynamiques, mécanismes d'ailes battantes.
- **Capacités furtives** : matériaux absorbant les ondes radar (RAM), réduction de la signature infrarouge et acoustique.
- **Capteurs et avionique avancés** : caméras haute résolution, transmission de données en temps réel.
- **Fonctionnement autonome** : IA et apprentissage automatique, capacités d'essaim.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

	Contexte	Caractéristiques	Contraintes
Léger Construction	Applications militaires Applications	Matériaux matériaux	Intégrité structurelle

		Intégration technologique	Miniaturisation Conception efficace Construction modulaire	Coût Facteurs environnementaux Complexité de fabrication
	Efficacité aérodynamique		Rapport portance/trainée (L/D) Conception de l'aile Surface lisse Formes optimisées du profil aérodynamique	Intégrité structurelle Poids et équilibre Facteurs environnementaux Coût et complexité
	Capacités furtives		Faible section efficace radar (RCS) Suppression infrarouge Réduction de la signature acoustique Camouflage visuel	Complexité de conception Poids et charge utile Coût et faisabilité Maintenance et durabilité
	Capteurs et avionique avancés		Capteurs haute résolution Systèmes de navigation autonomes Traitement des données en temps réel Systèmes de communication sécurisés Suite avionique intégrée	Taille, poids et puissance (SWaP) Résistance aux conditions environnementales Coût et complexité Maintenance et évolutivité
	Fonctionnement autonome		IA et apprentissage automatique Capteurs avancés Traitement des données en temps réel	Considérations réglementaires et éthiques Facteurs environnementaux Taille, poids et puissance (SWaP)

			Systèmes de communication sécurisés Redondance et mécanismes de sécurité intégrée	Coût et complexité Maintenance et évolutivité
	Idée sélectionnée Capacités furtives.			
Étape 6 – Évaluer	6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux. Capacités de furtivité • Matériaux absorbant les ondes radar (RAM) : utilisation de matériaux qui absorbent les ondes radar afin de réduire la section efficace radar (RCS) du MAV et d'améliorer sa furtivité. • Réduction de la signature infrarouge et acoustique : systèmes de refroidissement avancés et matériaux insonorisants pour minimiser les émissions de chaleur et de bruit, rendant le MAV plus difficile à détecter. Contraintes • Puissance et endurance : il est essentiel de trouver un équilibre entre les besoins en puissance du MAV et son endurance. Des systèmes efficaces de stockage et de gestion de l'énergie sont nécessaires pour maximiser le temps de vol. • Capacité de charge utile : le MAV doit être capable de transporter les capteurs et les équipements de communication nécessaires sans compromettre ses performances de vol. • Facteurs environnementaux : le MAV doit être capable de fonctionner dans diverses conditions environnementales, notamment en cas de vent, de pluie et de températures variables. • Coût et évolutivité : développer des MAV rentables pouvant être produits à grande échelle tout en conservant des performances et une fiabilité élevées. Compatibilité avec les systèmes terrestres • Impact environnemental : Utilisation de matériaux respectueux de l'environnement et de systèmes écoénergétiques afin de minimiser l'empreinte écologique. Veiller à ce que le MAV n'interfère pas avec la faune et les écosystèmes locaux. • Environnements opérationnels : le MAV doit être suffisamment polyvalent pour fonctionner dans des environnements divers, des zones urbaines aux endroits reculés, tout en conservant sa discrétion et son efficacité.			

Faisabilité technique

- **Technologies de pointe** : l'intégration de matériaux, de capteurs et de technologies d'IA de pointe est techniquement faisable, mais nécessite des investissements importants en R&D.
- **Concepts éprouvés** : les MAV existants et les technologies similaires démontrent la viabilité des conceptions légères, efficaces et furtives pour les applications militaires.

Faisabilité du modèle commercial

- **Coûts de développement élevés** : l'investissement initial est considérable, mais les avantages à long terme, en termes de capacités stratégiques et d'efficacité opérationnelle, justifient cette dépense.
- **Demande du marché** : la forte demande des secteurs militaires pour des capacités avancées de reconnaissance et de surveillance garantit un marché viable.

Coûts du cycle de vie

Bien que les coûts de maintenance et d'exploitation soient élevés, les avantages stratégiques et la durée de vie prolongée offrent un retour sur investissement favorable.

6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

La conception d'un micro-véhicule aérien (MAV) robotisé léger, hautement efficace et furtif pour des applications militaires implique de relever plusieurs défis, critères et contraintes en matière de conception.

Le principal défi consiste à intégrer plusieurs technologies avancées et principes de conception afin d'atteindre un équilibre entre construction légère, efficacité aérodynamique, capacités furtives et fonctionnement autonome. Cela implique de surmonter des complexités techniques et de s'assurer que le MAV répond aux exigences militaires strictes.

En conclusion, la conception d'un MAV robotisé léger, hautement efficace et furtif destiné à des applications militaires est techniquement et économiquement réalisable, compte tenu des avantages stratégiques significatifs qu'il présente et de son adéquation avec les besoins militaires modernes.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/> <https://en.wikipedia.org/wiki/Bat#References>

<https://news.umich.edu/sensors-for-bat-inspired-spy-plane-under-development/>

<https://www.popsci.com/science/article/2010-11/bat-research-inspires-disciplines-far-beyond-biology/>

<https://newatlas.com/bat-inspired-drone-flies-walks/35744/> <https://newatlas.com/metal-muscled-robo-bat/12188/>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



<https://www.popsi.com/technology/bats-weird-wings-inspired-this-drone/>

https://en.wikipedia.org/wiki/Bat_wing_development https://en.wikipedia.org/wiki/Bat_flight#Evolution



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : un nouveau mécanisme d'alimentation anti-obstruction des raies manta

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment les raies manta peuvent-elles filtrer leur nourriture plus efficacement et se nourrir sans s'obstruer ? Contexte Les raies manta, appartenant au genre <i>Mobula</i>, peuvent atteindre une envergure de 7 mètres (23 pieds) et peser jusqu'à 1 360 kg. Elles sont des proches parentes des requins et vivent dans les eaux tempérées chaudes, subtropicales et tropicales. Les raies manta sont des filtreurs et des macroprédateurs qui consomment de grandes quantités de zooplancton et de poissons de petite à moyenne taille. Elles se nourrissent en nageant la bouche ouverte, utilisant des organes filtrants spécialisés pour piéger les particules alimentaires. Leur système de filtration est très efficace et résistant au colmatage, utilisant des lobes en forme de feuilles pour repousser les particules alimentaires loin du filtre. Les raies manta jouent un rôle crucial dans leurs écosystèmes en concentrant la biomasse et en éliminant les nutriments en excès dans l'eau. Elles ont divers comportements alimentaires, notamment la nage horizontale, les sauts périlleux et les formations alimentaires en groupe telles que les « cyclones ». Malheureusement, les raies manta sont classées comme « vulnérables » par l'Union internationale pour la conservation de la nature en raison de menaces telles que la pollution, l'enchevêtrement dans les filets de pêche et la récolte de leurs branchies. Elles sont protégées dans les eaux internationales, mais restent vulnérables près des côtes. 2.b Demandez-vous « Que veux-je que mon design accomplisse ? » • Réduire la pollution par les microplastiques : l'objectif principal est de filtrer les fines particules de plastique présentes dans l'eau, réduisant ainsi la pollution et ses effets néfastes sur la vie marine et les écosystèmes. • Améliorer l'efficacité de la filtration : inspiré du système de filtration naturel des raies manta, le design vise à atteindre une efficacité de filtration élevée tout en minimisant l'encrassement et la maintenance. • Apporter une solution durable au défi posé : le filtre doit être conçu pour être économe en énergie et durable, conformément aux objectifs environnementaux tels que ceux définis dans les objectifs de développement durable (ODD) des Nations unies, en particulier l'objectif 11 : villes et communautés durables.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Étape 3 – Découvrir

2.c Renverser la question. Envisager des fonctions opposées.

Comment les raies manta parviennent-elles à filtrer et à ingérer le plancton tout en évitant une prise excessive d'eau de mer ?

3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception.

- **Éponges** : les éponges marines filtrent l'eau grâce à leur corps poreux, capturant des particules aussi petites que des bactéries. Leur structure et la dynamique des flux qu'elles créent peuvent inspirer des systèmes de filtration à faible consommation d'énergie et à haut rendement.
- **Feuilles d'arbres** : les microstructures à la surface des feuilles d'arbres peuvent capturer les particules en suspension dans l'air. Ce processus de filtration naturel peut inspirer des conceptions qui utilisent des structures de surface similaires pour améliorer la capture des particules.
- **Les nids d'abeilles** : la structure hexagonale des nids d'abeilles offre une grande surface de filtration tout en conservant l'intégrité structurelle. Cette conception peut être imitée pour créer des filtres à la fois efficaces et durables.

3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes.

- Ingénieurs du MIT.
- Institut de biomimétisme.
- Université d'État de Californie à Fullerton.
- AskNature.
- ResearchGate.
- Réseau mondial de biomimétisme.

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

- **Alimentation par filtration** : les raies manta sont des filtreurs qui se nourrissent de zooplancton et de petits poissons en filtrant l'eau à travers des structures branchiales spécialisées.
- **Filtration sans obstruction** : elles utilisent un mécanisme de séparation par ricochet pour filtrer les particules plus petites que la taille des pores, ce qui permet des débits élevés et résiste à l'obstruction.
- **Acquisition de nutriments** : elles recueillent des nutriments en se nourrissant de matières organiques et de petits organismes en suspension dans l'eau.
- **Ingénierie écologique** : les raies manta jouent un rôle dans la condensation de la biomasse, l'élimination des nutriments en excès et la bioaccumulation, agissant comme des organismes indicateurs.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



<https://www.earth.com/news/manta-rays-inspire-a-new-design-for-water-filters/>

4.b Traduire les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrivez la stratégie sans utiliser de termes biologiques et reliez-la aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Filtration efficace

- **Objectif** : Développer un système de filtration capable de traiter des débits élevés et de capturer efficacement les petites particules de plastique.
- **Inspiration** : les raies manta utilisent une méthode consistant à faire circuler l'eau à travers des structures qui créent des turbulences, provoquant le rebond et la capture des particules.
- **Mise en œuvre** : Concevoir des filtres avec des ailettes ou des plaques inclinées qui créent des courants tourbillonnants, dirigeant les particules de plastique vers une zone de collecte tout en laissant passer l'eau propre.

Mécanisme anti-colmatage

- **Objectif** : garantir le bon fonctionnement du système de filtration sans entretien fréquent.
- **Inspiration** : le système de filtration des raies manta résiste au colmatage grâce à un mécanisme de ricochet.
- **Mise en œuvre** : intégrer des structures qui provoquent le ricochet des particules sur les surfaces, empêchant ainsi leur accumulation et le colmatage. Utiliser des ailettes réglables pour rediriger le flux d'eau et éliminer les particules piégées.

Conception modulaire

- **Objectif** : créer un système évolutif et adaptable pouvant être déployé dans divers plans d'eau.
- **Inspiration** : la nature modulaire des structures branchiales des raies manta.
- **Mise en œuvre** : développer des unités modulaires pouvant être combinées pour former des systèmes de filtration plus grands. Chaque unité doit être dotée d'une ouverture pour aspirer l'eau et de structures internes pour filtrer les plastiques.

Économie circulaire

- **Objectif** : Utiliser les déchets plastiques collectés pour créer de nouvelles unités de filtration, favorisant ainsi la durabilité.
- **Inspiration** : le cycle continu de capture et d'utilisation des nutriments chez les raies manta.
- **Mise en œuvre** : concevoir un système permettant de collecter et de compacter les déchets plastiques, qui peuvent ensuite être recyclés en nouvelles unités de filtration, réduisant ainsi la quantité globale de déchets plastiques et favorisant une économie circulaire.

Impact sur la communauté et l'écosystème

- **Objectif** : impliquer les communautés locales dans le déploiement et la maintenance des systèmes de filtration.
- **Inspiration** : les comportements alimentaires collaboratifs des raies manta.
- **Mise en œuvre** : impliquer les communautés locales dans l'installation et l'entretien des systèmes de filtration, en les sensibilisant à la pollution plastique et à ses conséquences. Encourager l'appropriation et la participation des communautés afin d'assurer le succès à long terme.



5.a Dressez la liste des informations clés et explorez autant d'idées que possible. Informations clés :

- **Mécanisme de filtration** : le filtre doit utiliser un mécanisme qui capture efficacement les fines particules de plastique, ce qui peut inclure des barrières physiques, l'attraction électrostatique ou l'adsorption chimique.
- **Choix des matériaux** : il est essentiel de choisir les bons matériaux. Les matériaux tels que le polypropylène, le polyester et le nylon sont couramment utilisés en raison de leur durabilité et de leur efficacité de filtration. Le matériau doit également être résistant au colmatage et facile à nettoyer ou à remplacer.
- **Structure du filtre** : La structure du filtre joue un rôle important dans son efficacité. Les filtres en profondeur, qui comportent plusieurs couches, peuvent capturer des particules de différentes tailles. La conception doit maximiser la surface tout en maintenant le débit d'air.

Étape 5 – Imiter

- **Efficacité énergétique** : le filtre doit fonctionner avec une faible consommation d'énergie. Cela implique d'optimiser la conception afin de réduire la résistance au débit d'air, ce qui peut contribuer à réduire l'énergie nécessaire à la filtration.
- **Durabilité et entretien** : le filtre doit être durable et nécessiter un entretien minimal. Cela implique de s'assurer que les matériaux utilisés peuvent résister à l'environnement opérationnel et que le filtre peut être facilement nettoyé ou remplacé.

Idées innovantes

utilisation de nanomatériaux tels que les nanofibres ou d'autres matériaux durables, filtres électrostatiques, filtres intelligents, conception modulaire, mécanisme d'auto-nettoyage, filtrage adaptatif

5.b Classez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

	Contexte	Caractéristiques	Contraintes
Mécanisme de filtration	Applications environnementales Intégration technologique	Efficacité de filtration	Gamme de tailles de particules
		Filtration à plusieurs étages	Débit et perte de charge
		Structure poreuse Débits élevés et faible colmatage	Durabilité et maintenance Coût et évolutivité
		Mécanismes d'auto-nettoyage Matériaux avancés	Compatibilité et impact environnementaux
Sélection des matériaux		Haute efficacité de filtration Durabilité et résistance chimique Faible perte de charge Non toxique et respectueux de l'environnement	Coût Fabricabilité Maintenance et longévité Compatibilité avec les systèmes existants
Structure du filtre		Structure poreuse Conception multicouche Haute perméabilité	Gamme de tailles de particules Durabilité et entretien

Étape 6 – Évaluer			Mécanisme d'autonettoyage	Coût et évolutivité Compatibilité environnementale
	Efficacité énergétique		Faible perte de charge Haute perméabilité Matériaux avancés Mécanismes autonettoyants	Coût Durabilité et maintenance Évolutivité Compatibilité environnementale
	Durabilité et entretien		Matériaux durables Résistance à l'humidité et aux produits chimiques Conception structurelle robuste Mécanismes autonettoyants	Coût Accessibilité pour la maintenance Compatibilité environnementale Durée de vie opérationnelle
	Idee sélectionnée Mécanismes de filtration. 6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux. • Filtration en plusieurs étapes : intégrer plusieurs étapes pour capturer un large éventail de tailles de particules, des gros débris aux microplastiques. • Structure poreuse : utilisation d'une structure poreuse tridimensionnelle pour maximiser la surface de filtration et améliorer l'efficacité. Contraintes • Gamme de tailles de particules : le filtre doit capturer une large gamme de tailles de particules, ce qui nécessite un contrôle précis de la taille et de la distribution des pores. • Débit et perte de charge : le maintien de débits élevés tout en minimisant la perte de charge est essentiel pour l'efficacité et le coût opérationnel. • Coût et évolutivité : il est essentiel de développer une solution rentable pouvant être produite à grande échelle pour une adoption généralisée.			



- **Durabilité et maintenance** : il faut s'assurer que les matériaux et la conception du filtre peuvent résister à une utilisation prolongée et aux facteurs de stress environnementaux tout en étant faciles à entretenir.

Compatibilité avec les systèmes terrestres

- **Impact environnemental** : utilisation de matériaux respectueux de l'environnement et de systèmes écoénergétiques afin de minimiser l'empreinte écologique. Veiller à ce que le filtre n'interfère pas avec la faune et les écosystèmes locaux.
- **Environnements opérationnels** : le filtre doit être suffisamment polyvalent pour fonctionner dans divers environnements, des zones urbaines aux endroits reculés, tout en conservant son efficacité.

Faisabilité technique

- **Technologies de pointe** : l'intégration de matériaux et de principes de conception de pointe est techniquement faisable, mais nécessite des investissements importants en R&D.
- **Concepts éprouvés** : les technologies de filtration existantes et les mécanismes de filtration naturels démontrent la viabilité de conceptions efficaces et durables.

Faisabilité du modèle commercial

- **Coûts de développement élevés** : l'investissement initial est considérable, mais les avantages à long terme en termes d'impact environnemental et d'efficacité opérationnelle justifient cette dépense.
- **Demande du marché** : la forte demande de solutions à la pollution par les microplastiques garantit un marché viable pour le filtre.
- **Coûts liés au cycle de vie** : bien que les coûts d'entretien et d'exploitation soient élevés, les avantages stratégiques et la durée de vie prolongée offrent un retour sur investissement favorable.

6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

La conception d'un **filtre à particules fines en plastique** implique de relever plusieurs défis, critères et contraintes.

Le principal défi consiste à créer un filtre qui capture efficacement les particules plastiques fines présentes dans l'eau tout en maintenant des débits élevés, en minimisant les pertes de charge et en garantissant la durabilité et la facilité d'entretien. Cela implique d'intégrer des matériaux avancés et des principes de conception innovants inspirés des mécanismes de filtration naturels, tels que ceux utilisés par les raies manta.

En conclusion, la conception d'un filtre à particules fines de plastique est techniquement et économiquement réalisable, compte tenu des avantages environnementaux significatifs et de l'alignement avec les objectifs de durabilité.

Ressources supplémentaires



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



<https://biomimicry.org/>

https://en.wikipedia.org/wiki/Filter_feeder#See_also https://en.wikipedia.org/wiki/Manta_ray#Feeding

<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aat9533> <https://asknature.org/innovation/rticulate-matter-filters-inspired-by-manta-rays/>

<https://asknature.org/strategy/fins-funnel-food/>

<https://asknature.org/innovation/plastic-filtering-device-inspired-by-the-manta-ray-and-basking-shark/>

<https://scitechdaily.com/what-mit-scientists-discovered-about-manta-rays-is-revolutionizing-water-filtration/>

<https://www.kickstarter.com/projects/367174604/floating-coconet-cleaning-plastic-rivers>

<https://www.weforum.org/stories/2016/12/using-technology-inspired-by-manta-rays-to-count-the-plastic-in-our-oceans/>

<https://marinemegafauna.org/field-updates/microplastics-no-small-problem>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Modules de formation WP3 sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : les substances signalétiques uniques des fruits et légumes

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment les fruits et légumes activent-ils leurs mécanismes de défense lorsqu'ils se détachent de la plante mère ? Contexte Lorsque les fruits et légumes sont détachés de la plante mère, ils activent plusieurs mécanismes de défense pour se protéger contre la détérioration et les attaques microbiennes, tels que : • Activation des mécanismes de défense : production et régulation d'éthylène, production de phytoalexines, antimicrobiens naturels, production de ROS, réponse antioxydante • Interactions hormonales, signaux chimiques et communication : composés organiques volatils (COV), acide jasmonique et acide salicylique, effets synergiques • Changements structurels : renforcement de la paroi cellulaire, renforcement de la cuticule 2.b Demandez-vous : « Que veux-je que mon design fasse ? » L'objectif de la conception est de développer des sachets innovants qui exploitent les mécanismes de défense naturels des fruits et légumes pour prolonger leur durée de conservation, en étudiant les signaux uniques des plantes. Les sachets doivent fonctionner à température ambiante, afin de conserver la fraîcheur des aliments même dans les régions qui ne disposent pas d'installations de stockage réfrigéré et de chaîne d'approvisionnement réfrigérée. Les sachets devraient prolonger la durée de conservation des fruits et légumes ciblés de 40 à 60 %. Cela permettra de réduire le gaspillage alimentaire, d'améliorer la sécurité alimentaire et de soutenir les moyens de subsistance des petits agriculteurs, des communautés locales et des zones touchées. 2.C Inversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment les facteurs environnementaux tels que la température et l'humidité influencent-ils la production et la réponse aux signaux de maturation des produits récoltés ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

Étape 4 – Résumé

- **Céréales et graines** : dormance naturelle, coques dures.
- **Noix** : teneur en huile, coques protectrices.
- **Herbes et épices** : huiles essentielles, conservateurs naturels.
- **Algues** : polysaccharides, composés antioxydants.
- **Miel** : propriétés antimicrobiennes naturelles, longue durée de conservation.

3.b Identifier des experts et entrer en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes.

- GreenPod Labs.
- Stratégie « De la ferme à la table » de l'Union européenne.
- Politiques nationales en matière de sécurité alimentaire.

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent illustrer la conception.

- **Régulation de l'éthylène** : moduler les niveaux d'éthylène pour contrôler le processus de maturation.
- **Défense antimicrobienne** : stimuler la production de composés antimicrobiens naturels pour protéger contre les infections microbiennes.
- **Activité antioxydante** : augmenter les défenses antioxydantes pour réduire le stress oxydatif et retarder la détérioration.
- **Composés organiques volatils (COV)** : libèrent des COV pour renforcer les signaux de défense et dissuader les parasites et les agents pathogènes.
- **Intégrité structurelle** : renforcent les défenses structurelles telles que les parois cellulaires et les cuticules afin de créer des barrières contre les agents pathogènes.
- **Interaction hormonale** : facilitent l'interaction entre différentes voies hormonales afin d'assurer une réponse défensive équilibrée.

Droits d'auteur sur l'image
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27005823>



4.b Traduire les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Une stratégie consiste à créer un moyen d'exploiter les substances de signalisation naturelles uniques de différents fruits et légumes et de les capturer dans de petits sachets qui peuvent être placés dans des caisses de produits spécifiques.

Les points clés que la stratégie pourrait mettre en œuvre sont les suivants

- **Contrôle de la maturation** : utilisation de matériaux capables de gérer les gaz naturels produits par les fruits et légumes afin de ralentir leur processus de maturation.
- **Perspective humaine** : mettre en œuvre une solution pour empêcher les fruits et légumes de mûrir trop rapidement, afin qu'ils restent frais plus longtemps et réduisent le gaspillage.
- **Prévention des infections** : intégrer des substances qui combattent naturellement les bactéries et les moisissures, afin que les produits puissent être consommés en toute sécurité.
- **Perspective humaine** : disposer d'un désinfectant intégré qui protège les aliments contre la détérioration due aux germes et aux moisissures.
- **Réduire la détérioration** : améliorer la capacité des produits à rester frais en utilisant des éléments qui les protègent contre les dommages causés par l'environnement.
- **Perspective humaine** : étudier les antioxydants utilisés dans les soins de la peau pour la garder saine et jeune, et les appliquer aux fruits et légumes.
- **Lutter contre les nuisibles** : mettre en place une solution pour libérer des parfums naturels qui repoussent les insectes et autres nuisibles, les empêchant ainsi d'endommager les produits.
- **Perspective humaine** : étudiez des solutions telles que les répulsifs naturels qui éloignent les insectes des aliments, garantissant ainsi que ceux-ci restent intacts.
- **Renforcement de la protection** : mettre en œuvre une solution visant à renforcer les couches externes du produit afin de rendre plus difficile la pénétration des parasites et des microbes.
- **Perspective humaine** : ajouter une couche de protection supplémentaire, comme un revêtement durable, pour éviter les rayures et les dommages.

Droits d'auteur de l'image <https://greenpodlabs.com>



Étape 5 – Imiter

5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

- Sachets d'ingrédients actifs ajoutés à l'emballage.
- Emballage avec indicateurs de changement de couleur/propriétés.
- Sachets de contrôle de l'humidité.
- Enrobage comestible.
- Emballage sous atmosphère modifiée.
- Emballage sous vide.
- Emballage antimicrobien.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

	Contexte	Caractéristiques	Contraintes
Sachets d'ingrédients actifs ajoutés dans l'emballage	Conservation des aliments Réduction du gaspillage alimentaire Régions en développement Durabilité	Extraits naturels de plantes Matériaux biodégradables Polyvalence Facilité d'utilisation Rentabilité	Sensibilité à la température Durée de conservation limitée Adoption initiale Évolutivité Autorisation réglementaire
Emballage avec indicateurs changeant de couleur/de propriétés	Réduction du gaspillage alimentaire Demande des consommateurs Progrès technologiques	Indicateurs visuels de fraîcheur Surveillance en temps réel Personnalisable	Coût Précision et fiabilité Sensibilité à l'environnement Approbation réglementaire Acceptation par les consommateurs
Sachets anti-humidité	Conservation des aliments Large application de	Contrôle de l'humidité Longue durée Facile à utiliser	Coût Sensibilité environnementale Élimination

	Produits dans l'industrie alimentaire Régions en développement	Utilisation d'ingrédients naturels dans la composition	Autorisation réglementaire
Enrobage comestible	Conservation des aliments Application mondiale Durabilité	Ingrédients naturels Propriétés barrières Propriétés antimicrobiennes Biodégradable Polyvalent	Coût Techniques d'application Durée de conservation du revêtement Autorisation réglementaire Acceptation par les consommateurs
Emballage sous atmosphère modifiée	Conservation des aliments Progrès technologiques	Mélange gazeux Films barrières Durée de conservation prolongée	Coût Complexité Impact environnemental Sensibilité à la température Autorisation réglementaire
Emballage sous vide	Large application des produits dans l'industrie alimentaire Produits non consommables	Durée de conservation prolongée Préservation de la qualité Efficacité spatiale Polyvalence Protection barrière	Coût Limites des matériaux Préoccupations environnementales

Étape 6 – Évaluer

Emballages antimicrobiens	Large application des produits dans l'industrie alimentaire	Durée de conservation prolongée Sécurité alimentaire	Coût Compatibilité des matériaux
	Produits biologiques	Qualité Conservation	Réglementation approbation
	Produits exportés	Contrôlée libération	Impact Impact

Le meilleur concept de conception est l'**ajout de sachets d'ingrédients actifs dans l'emballage** :

- **Durée de conservation prolongée** : les sachets d'ingrédients actifs maintiennent des conditions optimales à l'intérieur de l'emballage, réduisant ainsi la détérioration et le gaspillage des aliments.
- **Protection ciblée** : adaptés pour lutter contre des mécanismes de détérioration spécifiques, ils préservent la qualité et la sécurité des produits.
- **Réduction du besoin en conservateurs** : minimise le besoin en conservateurs chimiques, rendant les aliments plus sains et réduisant l'impact environnemental.
- **Matériaux d'emballage réduits au minimum** : protection plus efficace par rapport aux emballages multicouches, ce qui réduit les déchets.
- **Durabilité** : de nombreux sachets sont biodégradables ou recyclables, contribuant ainsi à des solutions d'emballage durables.
- **Commodité pour le consommateur** : préserve la fraîcheur même après ouverture, ce qui réduit le risque de jeter des produits partiellement utilisés.
- **Rentabilité** : le coût initial est compensé par la réduction du gaspillage alimentaire et l'allongement de la durée de conservation, ce qui se traduit par des économies à long terme.

6.a Évaluez le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluez la faisabilité du modèle technique et commercial.

Contraintes	Prémisse	Évaluation de la solution
Durée de conservation limitée	Les fruits et légumes frais ont une	Mettre en œuvre des technologies d'emballage actif, telles que des sachets d'ingrédients actifs ajoutés dans

	une durée de conservation courte, ce qui entraîne un gaspillage important.	emballage, afin de prolonger la fraîcheur et la durée de conservation des produits
Comportement des consommateurs	Les consommateurs jettent souvent des aliments en raison d'une confusion sur les dates de péremption ou d'un stockage inapproprié.	Sensibiliser les consommateurs aux avantages et à l'utilisation appropriée de ces sachets
Inefficacités de la chaîne d'approvisionnement	Les inefficacités de la chaîne d'approvisionnement peuvent entraîner des retards et la détérioration des produits frais	Développer des sachets adaptés à des types de produits spécifiques. Les fruits et légumes ont des exigences de stockage propres, c'est pourquoi des solutions personnalisées peuvent optimiser leur conservation en cas de retards dans l'approvisionnement
Normes esthétiques	Les détaillants rejettent souvent les emballages qui nuisent à l'expérience globale de l'utilisateur	Les sachets peuvent être conçus dans différentes formes, tailles et couleurs pour s'harmoniser avec l'esthétique de l'emballage. Cette personnalisation permet de préserver l'harmonie visuelle du produit
Coût élevé des emballages avancés	Les solutions d'emballage avancées peuvent être coûteuses, ce qui limite leur adoption.	Investir dans la recherche et le développement pour créer des alternatives d'emballage rentables
Impact environnemental des emballages	Les matériaux d'emballage traditionnels contribuent à la pollution de l'environnement	Développer et utiliser des matériaux d'emballage biodégradables ou recyclables
Manque d'infrastructures pour les dons alimentaires	Les excédents de production sont souvent gaspillés en raison d'une infrastructure de dons inadéquate	Mettre en place des réseaux solides pour les dons alimentaires, notamment des partenariats avec des banques alimentaires et des associations caritatives

Compatibilité avec les systèmes terrestres



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

- **Biodégradabilité** : les sachets fabriqués à partir de matériaux biodégradables se décomposent naturellement, réduisant ainsi l'impact environnemental.
- **Recyclabilité** : les sachets recyclables réduisent les déchets en permettant le retraitement et la réutilisation des matériaux.
- **Composants non toxiques** : l'utilisation de matériaux non toxiques empêche les produits chimiques nocifs d'affecter la qualité des sols et de l'eau.
- **Efficacité énergétique** : une production économe en énergie minimise l'empreinte carbone grâce à l'utilisation de sources d'énergie renouvelables.
- **Réduction des déchets** : l'allongement de la durée de conservation réduit le gaspillage alimentaire, ce qui diminue les émissions de gaz à effet de serre provenant des décharges.
- **Approvisionnement durable** : les matériaux doivent provenir de sources durables, en utilisant des ressources renouvelables sans nuire à l'environnement.

Faisabilité technique de la mise en œuvre d'un sachet d'ingrédient actif ajouté à l'emballage afin de réduire les déchets

Situation actuelle

Les technologies d'emballage actif ont fait l'objet de nombreuses recherches et ont été mises en œuvre sous diverses formes. L'innovation continue conduit à des solutions plus efficaces et plus rentables. Les progrès de la nanotechnologie et de la science des matériaux améliorent l'efficacité des emballages actifs.

Faisabilité

Bien que le développement et la mise en œuvre de ces sachets nécessitent un investissement initial, la réduction du gaspillage alimentaire et l'allongement de la durée de conservation peuvent entraîner des économies importantes à long terme. Les sachets d'ingrédients actifs peuvent être adaptés aux besoins de divers produits alimentaires et tailles d'emballage. Cette flexibilité les rend adaptés à un large éventail d'applications.

Faisabilité du modèle commercial

1. Proposition de valeur

- **Durée de conservation prolongée** : l'intérêt principal réside dans la prolongation de la durée de conservation des fruits et légumes, ce qui permet de réduire le gaspillage alimentaire et de réaliser des économies tant pour les détaillants que pour les consommateurs.
- **Durabilité** : mettre l'accent sur les avantages environnementaux, tels que la réduction du gaspillage alimentaire et l'utilisation de matériaux biodégradables ou recyclables.
- **Assurance qualité** : garantir que les produits restent frais et de haute qualité pendant plus longtemps, afin d'améliorer la satisfaction des clients.

2. Segments de clientèle

- **Détaillants** : supermarchés et épiceries qui cherchent à réduire le gaspillage et à améliorer la durée de conservation de leurs produits.

- **Distributeurs alimentaires** : entreprises qui transportent et stockent de grandes quantités de denrées périssables.
- **Consommateurs** : utilisateurs finaux qui souhaitent conserver leurs produits frais plus longtemps.
- **Agriculteurs et producteurs** : entreprises agricoles qui cherchent à réduire les pertes après récolte.

3. Sources de revenus

- **Vente directe** : vente directe de sachets aux détaillants, distributeurs et consommateurs.
- **Services d'abonnement** : proposer un modèle d'abonnement permettant aux clients de recevoir régulièrement des sachets.
- **Partenariats** : collaboration avec des entreprises d'emballage afin d'intégrer les sachets dans leurs produits.
- **Licences** : octroi de licences pour cette technologie à d'autres entreprises du secteur de l'emballage alimentaire.

6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Plan de mise en œuvre

- Mener des activités de R&D et développer des prototypes.
- Obtenir les autorisations réglementaires et mettre en place la fabrication.
- Réaliser une production pilote et affiner les processus.
- Lancez une campagne marketing et commencez les ventes.
- Recueillez les commentaires et apportez des améliorations continues.

Ressources supplémentaires

<https://greenpodlabs.com/> <https://www.youtube.com/channel/UCilmiV8719puQl1NwnBQoPA> <https://asknature.org/innovation/natural-produce-preservative-packets-inspired-by-plants/>
<https://changestarted.com/solving-food-wastage-through-a-small-sachet-greenpod-labs-deepak-rajmohan/>
<https://www.foodinfotech.com/greenpod-labs-sailing-against-odds-with-tiny-sachets-of-wonder/>





WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS LETSMIMIC DÉFIS ET SOLUTIONS

Un **défi** concerne un exemple de problème réel passé qui a été résolu grâce au biomimétisme. Cette tâche vise à identifier et à documenter le défi et la solution qui a été appliquée.

Solution : la surface des ailes de papillon

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	
	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. Comment les papillons parviennent-ils à absorber la lumière sans en réfléchir presque aucune ? Contexte Les papillons ont développé des mécanismes fascinants pour absorber la lumière et ne la réfléchir presque pas, principalement grâce à la structure unique de leurs ailes. Les ailes des papillons possèdent des propriétés antireflets qui sont très efficaces pour piéger la lumière, ce qui leur donne une apparence presque noire. 2.b Demandez-vous : « Que veux-je que mon design fasse ? » Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par les adaptations ou les comportements d'un organisme qui lui permettent de survivre. Elles peuvent également faire référence à quelque chose que votre solution de conception doit accomplir. • Absorption de la lumière et conversion d'énergie : absorber efficacement la lumière et la convertir en énergie utilisable pour alimenter le capteur. • Détection d'hydrogène : détecter avec précision la présence d'hydrogène gazeux à différentes concentrations. • Adaptabilité à l'environnement : fonctionner de manière fiable dans des conditions environnementales variables, notamment en cas de changements d'intensité lumineuse, de température et d'humidité. • Durabilité et longévité : assurez-vous que le capteur est durable et conserve ses performances au fil du temps. • Efficacité énergétique : fonctionnez avec une consommation d'énergie minimale pour maximiser l'efficacité. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment les papillons canalisent-ils la lumière pour communiquer ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. • La fourrure blanche des ours polaires : les ours polaires ont une fourrure blanche qui réfléchit la majeure partie de la lumière du soleil, ce qui les aide à se fondre dans leur



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

Étape 4 – Résumé

environnement enneigé et d'éviter la surchauffe. La structure de leur fourrure diffuse la lumière, ce qui la rend blanche et réfléchissante.

- **Écailles argentées des poissons** : De nombreux poissons, tels que les sardines et les harengs, ont des écailles argentées qui reflètent la lumière, ce qui les rend moins visibles pour les prédateurs dans l'eau. Les écailles contiennent des couches de cristaux de guanine qui créent un effet miroir, réfléchissant la lumière et assurant un camouflage.
- **Feuilles réfléchissantes des plantes du désert** : certaines plantes du désert, comme la morelle argentée, ont des feuilles recouvertes de poils fins ou d'une couche cireuse qui réfléchit la lumière du soleil. Cette adaptation permet de réduire la perte d'eau et de protéger la plante du rayonnement solaire intense.
- **Plumes aux couleurs vives des oiseaux** : les oiseaux tels que les paons et les colibris ont des plumes dotées de structures microscopiques qui réfléchissent la lumière, créant des couleurs irisées. Ces structures, telles que les cristaux photoniques, réfléchissent des longueurs d'onde spécifiques de la lumière, ce qui donne un plumage vibrant et réfléchissant.
- **Surfaces réfléchissantes chez les insectes** : certains insectes, comme les coléoptères, ont un exosquelette doté de surfaces réfléchissantes. Ces surfaces sont souvent composées de structures multicouches qui réfléchissent la lumière, créant ainsi un aspect métallique ou irisé. Cela peut servir de camouflage ou de moyen d'attirer des partenaires.

3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes.

- Réseau d'histoire naturelle.
- Société pour la biologie de la conservation (SCB).
- ResearchGate.
- INaturalist.

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Fonctions essentielles

Absorption et réflexion de la lumière

- **Coloration structurelle** : les papillons utilisent des structures à l'échelle nanométrique et microscopique sur les écailles de leurs ailes pour diffracter et interférer avec la lumière, créant ainsi des couleurs vives.
- **Écailles réfléchissantes** : des écailles spécialisées réfléchissent des longueurs d'onde spécifiques de la lumière par interférence constructive, ce qui donne des couleurs irisées.

2. Communication par ultraviolets :

- **Réflectance UV** : certaines écailles d'ailes de papillons réfléchissent la lumière UV, qui est utilisée pour la communication, en particulier pendant les rituels d'accouplement.
- **Réflexion directionnelle** : la réflexion des UV est très directionnelle, visible uniquement sous des angles spécifiques, ce qui facilite une communication discrète.
- **Pigmentation** (pigments ptéridiques) : certains papillons utilisent des pigments qui absorbent les rayons UV, empêchant ainsi leur réflexion et améliorant le contraste pour la communication.



4.b Traduisez les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrivez la stratégie sans utiliser de termes biologiques et reliez-la aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Fonctions essentielles

- **Absorption et réflexion de la lumière** : mise en œuvre de surfaces micro et nanostructurées dans les capteurs d'hydrogène afin de maximiser l'absorption de la lumière. Ces structures peuvent améliorer la sensibilité du capteur en augmentant l'interaction entre la lumière et le matériau du capteur, ce qui améliore la détection de l'hydrogène gazeux.
- **Communication ultraviolette** : utiliser des matériaux sensibles aux UV dans les capteurs d'hydrogène. Ces matériaux peuvent modifier leurs propriétés lorsqu'ils sont exposés aux rayons UV, ce qui permet de détecter l'hydrogène gazeux grâce aux changements de réflectance ou d'absorption des UV. Cette approche peut fournir un mécanisme de détection plus précis et plus réactif.
- **Pigmentation** : intégrer des pigments ou des colorants dans les capteurs d'hydrogène qui réagissent à la présence d'hydrogène gazeux en changeant de couleur. Cette indication visuelle peut constituer une fonctionnalité supplémentaire pour une détection facile et rapide des fuites d'hydrogène.



Droits d'auteur de l'image : <https://www.rmit.edu.au/news/all-news/2020/dec/hydrogen-sensor>

Étape 5 – Imiter

5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Informations clés et idées

- **Intégration de cristaux photoniques** : intégrer des cristaux photoniques dans la conception du capteur afin d'exploiter la lumière pour alimenter le capteur. Cela peut améliorer l'efficacité énergétique et permettre un fonctionnement à température ambiante.
- **Utilisation de titane-palladium** : créer une structure en couches avec des nanodisques de palladium comme couche supérieure. Ces disques changent leurs propriétés optiques en présence d'hydrogène, offrant ainsi un mécanisme de détection fiable.
- **Systèmes de lecture optique** : mettre en place un dispositif couplé à une fibre optique avec une LED, un corps de capteur contenant l'échantillon réactif et une photodiode pour lire les changements de réflectance. Ce dispositif garantit une détection précise et fiable.
- **Utilisation de matériaux fonctionnant à température ambiante** : utiliser des matériaux qui permettent au capteur de fonctionner à température ambiante, réduisant ainsi la consommation d'énergie et améliorant la sécurité.
- **Conception à large plage de détection** : concevez des capteurs capables de détecter une large gamme de concentrations d'hydrogène, des niveaux très faibles pour les diagnostics médicaux aux niveaux plus élevés pour la sécurité industrielle.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Contexte appliqué à toutes les idées

Centrales nucléaires, systèmes d'énergie renouvelable, exploration spatiale, applications industrielles, transports, bâtiments résidentiels et commerciaux, recherche et développement

	Caractéristiques	Application
Intégration de cristaux photoniques	Haute sensibilité liée à une interaction lumière-matière améliorée Stabilité thermique Efficacité énergétique Compact et léger	Sécurité industrielle Énergie renouvelable Surveillance environnementale
	Contraintes ● Complexité de fabrication en termes de précision et de contrôle qualité ● Sensibilité environnementale liée à la température, à l'humidité et à la contamination ● Difficultés d'intégration en matière de compatibilité des systèmes et de traitement des signaux	
Utilisation de titane-palladium	Grande surface Sensibilité Réversibilité	Détection des fuites dans différents secteurs d'activité Secteur de l'énergie, y compris les énergies renouvelables Industrie automobile
	Contraintes ● Sensibilité à la température ● Le palladium est un matériau coûteux ● Durabilité	
Systèmes de lecture optique	Lecture non électrique Haute sensibilité Temps de réponse rapide	Sécurité industrielle Secteur énergétique Surveillance environnementale
	Contraintes ● Sensibilité à la température ● Complexité et coût ● Interférences	
Utilisation de matériaux fonctionnant à température ambiante	Haute sensibilité Haute affinité Compatibilité avec les technologies des semi-conducteurs	Sécurité industrielle Secteur énergétique Surveillance environnementale

Étape 6 – Évaluer

	Absorption et désorption réversibles Grande surface	
	Contraintes ● Sensibilité à la température ● Coût ● Durabilité	
Conception à large plage de détection	Large plage de concentration Haute sensibilité et sélectivité Réponse et récupération rapides	Sécurité industrielle Secteur énergétique Industrie automobile
	Contraintes ● Facteurs environnementaux ● Coût et complexité ● Étalonnage et maintenance	

Idée sélectionnée

Intégration de cristaux photoniques.

6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité du modèle technique et commercial.

Le concept de conception sélectionné est l'intégration de cristaux photoniques

1. Caractéristiques

- Haute sensibilité et sélectivité : les cristaux photoniques peuvent être conçus pour avoir des propriétés optiques spécifiques qui changent en présence d'hydrogène, offrant ainsi une sensibilité et une sélectivité élevées.
- Lecture optique : ces capteurs peuvent être alimentés par la lumière, ce qui élimine le besoin d'énergie électrique et réduit le risque d'inflammation dans les environnements riches en hydrogène.
- Temps de réponse rapide : les capteurs à cristaux photoniques offrent généralement des temps de réponse rapides, ce qui est essentiel pour la surveillance en temps réel.

Applications

- **Sécurité industrielle** : utilisés dans les environnements où l'hydrogène est produit, stocké ou utilisé, tels que les usines chimiques et les raffineries, pour détecter les fuites et prévenir les accidents.
- **Secteur de l'énergie** : essentiel pour surveiller l'hydrogène dans les piles à combustible et les systèmes de stockage, afin de garantir un fonctionnement sûr et efficace.
- **Industrie automobile** : intégrés dans les véhicules à hydrogène pour surveiller les niveaux d'hydrogène et garantir un fonctionnement sûr.

Compatibilité avec les systèmes terrestres

- **Durabilité** : les capteurs à cristaux photoniques, alimentés par la lumière, s'inscrivent parfaitement dans les pratiques durables en réduisant la dépendance à l'énergie électrique et en minimisant l'impact environnemental.
- **Utilisation des matériaux** : Les matériaux utilisés dans les cristaux photoniques, tels que le dioxyde de silicium, l'oxyde de tantale et le palladium, sont non toxiques ; cependant, certains d'entre eux peuvent être coûteux.

Faisabilité technique

- **Technologie éprouvée** : les capteurs à base de cristaux photoniques ont été testés avec succès en laboratoire et ont donné des résultats prometteurs.
- **Potentiel d'intégration** : ces capteurs peuvent être intégrés dans les systèmes de détection d'hydrogène existants, améliorant ainsi leurs performances et leur fiabilité.

Faisabilité du modèle commercial

- **Demande du marché** : la demande en capteurs d'hydrogène fiables est en hausse dans divers secteurs, en raison de l'adoption croissante de l'hydrogène comme source d'énergie propre.
- **Considérations relatives aux coûts** : bien que le coût initial des capteurs à cristaux photoniques puisse être élevé, les économies d'échelle et les progrès des techniques de fabrication pourraient entraîner une réduction des coûts à terme.
- **Soutien réglementaire** : les gouvernements et les organismes de réglementation soutiennent de plus en plus le développement et le déploiement des technologies de l'hydrogène, ce qui pourrait faciliter leur adoption par le marché.

6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

- **Définir les exigences et les objectifs** : identifier la plage de détection, fixer les objectifs de sensibilité et de sélectivité, et définir les conditions opérationnelles.
- **Sélection des matériaux** : cristaux photoniques, couche catalytique.
- **Conception et fabrication** : structure en cristal photonique, dépôt de couches, intégration avec lecture optique.



- **Essais et étalonnage** : essais de sensibilité, essais de sélectivité, essais environnementaux.
- **Optimisation** : réglage des performances, amélioration de la durabilité.
- **Développement de prototypes** : fabrication de prototypes, essais sur le terrain.
- **Commercialisation** : analyse des coûts, conformité réglementaire, stratégie commerciale.

Ressources supplémentaires :

<https://asknature.org/innovation/precise-hydrogen-sensor-inspired-by-butterflies/> <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acssensors.0c01387>
<https://www.rmit.edu.au/news/all-news/2020/dec/hydrogen-sensor>
https://www.photonics.com/Articles/Light_Powers_Butterfly-Inspired_Hydrogen_Sensor/a66469 <https://www.mdpi.com/2673-4141/5/1/7>
<https://blog.msasafety.com/hydrogen-big-potential-big-safety-challenges-are-you-ready/>
<https://light.nju.edu.cn/upload/20140227/201402272036572070.pdf> <https://h2tools.org/>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : guérison naturelle des os grâce à la minéralisation ostéoblastique

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. Comment pouvons-nous inspirer le corps humain à imiter sa régénération et sa guérison ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par les adaptations ou les comportements d'un organisme qui lui permettent de survivre. Elles peuvent également faire référence à quelque chose que votre solution de conception doit accomplir. Fonctions clés de la conception • Capacité d'auto-guérison : les ostéoclastes et les ostéoblastes travaillent ensemble pour faciliter la guérison des os en favorisant la croissance cellulaire et la minéralisation. • Détection et réponse aux fissures : les ostéoblastes travaillent en groupe pour déposer des cristaux de calcium et de phosphate dans la zone endommagée, qui se combinent avec le collagène pour former un nouvel os. • Restauration de la résistance structurelle : les ostéoclastes éliminent tout os indésirable autour du site de la fracture, permettant ainsi à l'os réparé de reprendre une forme similaire à celle qu'il avait avant la blessure. En intégrant ces principes biologiques, cette conception visera à créer un nouveau béton capable non seulement de réparer automatiquement les fissures, mais aussi de détecter ou de réagir à leur formation, déclenchant ainsi les mécanismes d'auto-réparation au moment opportun. Il est également essentiel que ce processus d'auto-réparation ne se contente pas de combler les fissures, mais restaure également la résistance initiale du béton, garantissant ainsi que le matériau réparé puisse supporter des charges et des contraintes similaires à celles qu'il supportait auparavant. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment le corps humain guérit-il automatiquement ses os ? Comment les os restent-ils solides et se régénèrent-ils après une fracture ? Dans la nature, les os ont la remarquable capacité de se régénérer lorsqu'ils sont fracturés. Le corps dépose de nouveaux tissus minéraux pour combler les sections cassées, restaurant ainsi la solidité de l'os. Ce processus est similaire au concept du béton auto-cicatrisant, où le matériau se régénère pour réparer les fissures et retrouver son intégrité.
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Fonction Capacité d'auto-guérison.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Modèles naturels

- **Cicatrisation osseuse (humains et animaux)** : lorsque les os sont fracturés, le corps déclenche un processus de cicatrisation, suivi de la génération de nouveau tissu osseux pour combler la fracture.
- **Régénération cutanée (humains et animaux)** : la peau peut se régénérer et se cicatriser lorsqu'elle est coupée ou blessée.
- **Régénération de l'écorce des arbres** : lorsque l'écorce d'un arbre est endommagée, elle peut se régénérer en développant un nouveau tissu autour de la blessure afin de la refermer et d'empêcher l'entrée de parasites ou de maladies.
- **Cicatrisation des tiges végétales** : lorsqu'une tige végétale est endommagée, certaines plantes peuvent former une couche protectrice de cellules sur la blessure. Dans certains cas, la tige peut régénérer une nouvelle pousse pour remplacer la zone endommagée.
- **Régénération du foie (chez les humains et autres vertébrés)** : le foie est l'un des rares organes capables de se régénérer après avoir été endommagé.
- **Réparation de la soie d'araignée** : certaines espèces d'araignées peuvent réparer leurs toiles endommagées en renforçant ou en reconstruisant les sections déchirées.
- **Réparation de la coquille des mollusques** : ils peuvent réparer les dommages mineurs causés à leur coquille en sécrétant des couches supplémentaires de carbonate de calcium pour combler les fissures ou les éclats.

3.b Identifier les experts et entrer en contact avec les communautés de biologistes et de naturalistes. Universités et instituts de recherche

- **Université technologique de Delft (TU Delft)** : la TU Delft possède une expertise dans le domaine des matériaux auto-cicatrisants et de la construction durable.
- **Université et centre de recherche de Wageningen (WUR)** : offre une expertise en microbiologie et en biotechnologie, utile pour comprendre et optimiser les processus bactériens impliqués dans l'auto-réparation du béton.
- **Harvard Wyss Institute for Biologically Inspired Engineering** : se concentre sur la traduction des principes biologiques en solutions d'ingénierie, notamment les matériaux biomimétiques et les technologies d'auto-réparation.

Communautés professionnelles

- **Biomimicry Institute** : promeut le biomimétisme comme approche de conception, en offrant des ressources et des opportunités de collaboration entre ingénieurs et biologistes.
- **International Society for Microbial Ecology (ISME)** : rassemble des microbiologistes spécialisés dans les applications environnementales, notamment l'utilisation des bactéries dans la science des matériaux.
- **Society for Experimental Biology (SEB)** : plateforme pour les chercheurs qui étudient divers aspects de la biologie, notamment les mécanismes d'auto-réparation des plantes et des micro-organismes qui peuvent éclairer la conception des matériaux.

Forums et groupes en ligne



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



- **ResearchGate** : réseau social qui met en relation des chercheurs spécialisés dans les biomatériaux, la microbiologie et l'ingénierie durable, où les applications du béton auto-cicatrisant peuvent être discutées.
- **Groupes LinkedIn** : réseau social qui regroupe des groupes axés sur le biomimétisme, le génie civil ou la science des matériaux, permettant d'interagir avec des experts dans des domaines liés aux technologies d'auto-réparation.

Organisations et événements locaux

- **Conférence européenne sur les biomatériaux** : une conférence consacrée aux biomatériaux qui pourrait offrir des opportunités de réseautage avec des experts en science des matériaux et en bio-ingénierie.
- **Universités et instituts de recherche** : peuvent proposer des conférences publiques, des séminaires ou des ateliers dans les universités locales, axés sur la microbiologie, la construction durable ou les innovations bio-inspirées.

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent illustrer la conception.

Induction microbienne

- **Modèle naturel** : *Bacillus subtilis* (spores dormantes)
- **Mots clés** : dormance, activation, résilience, régénération
- **Fonction** : les bactéries restent inactives jusqu'à ce que des fissures se forment, ce qui leur permet de s'activer et d'initier un processus de guérison, imitant les stratégies de survie naturelles dans des conditions difficiles.

Biominéralisation

- **Modèle naturel** : récifs coralliens, mollusques (huîtres)
- **Mots clés** : réparation naturelle, production minérale, intégrité structurelle, durabilité
- **Fonction** : ces organismes produisent des minéraux pour réparer et renforcer leurs structures. Ce processus peut être reproduit dans le béton pour combler les fissures avec du carbonate de calcium, rétablissant ainsi l'intégrité structurelle.

Biopolymères

- **Modèle naturel** : soie d'araignée, soie de ver à soie
- **Mots clés** : Flexibilité, résistance, composition naturelle, respect de l'environnement
- **Fonction** : les biopolymères améliorent les propriétés mécaniques du béton, lui conférant souplesse et résistance tout en étant respectueux de l'environnement, à l'instar de la soie dans la nature.

Techniques d'encapsulation

- **Modèle naturel** : dispersion des graines (par exemple, fruits, gousses)
- **Mots clés** : libération contrôlée, protection, activation, efficacité



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

- **Fonction** : l'encapsulation protège les agents cicatrisants jusqu'à ce qu'ils soient nécessaires, tout comme les graines sont protégées jusqu'à ce que les conditions soient favorables à leur croissance.

Apport en nutriments

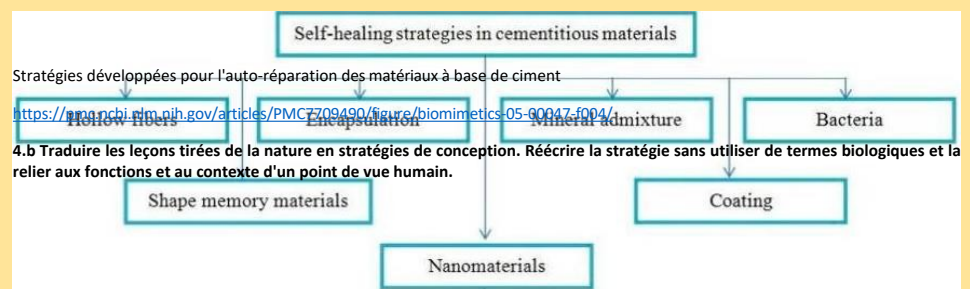
- **Modèle naturel** : réseaux mycorhiziens (champignons et racines de plantes).
- **Mots clés** : subsistance, activation, croissance, entretien.
- **Fonction** : tout comme les réseaux mycorhiziens facilitent l'échange de nutriments pour les plantes, en fournissant des nutriments essentiels aux bactéries, ils favorisent également une guérison durable dans le béton.

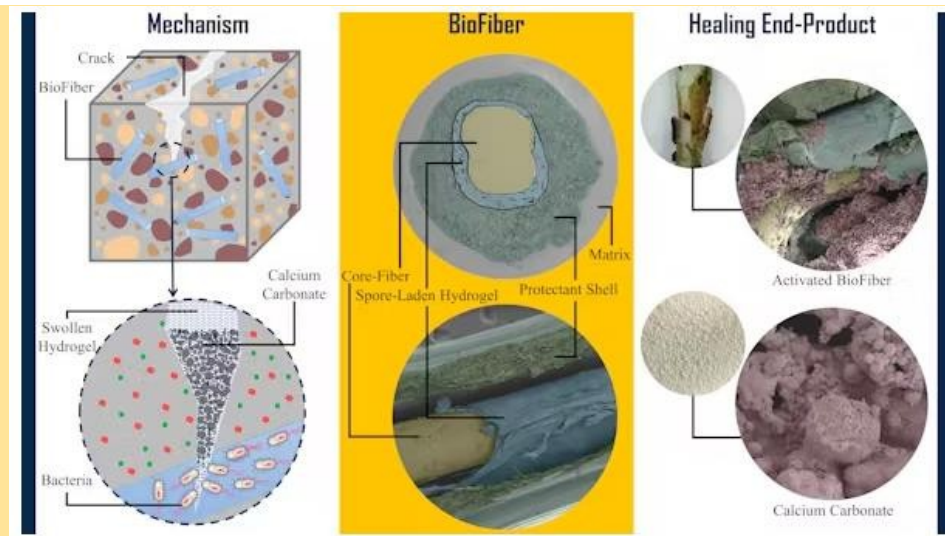
Considérations environnementales

- **Modèle naturel** : zones humides, forêts tropicales.
- **Mots clés** : humidité, adéquation de l'habitat, activité microbienne, adaptabilité.
- **Fonction** : les environnements humides favorisent la vie microbienne et les processus de guérison dans le béton, tout comme les écosystèmes prospèrent dans des habitats adaptés.

Approches hybrides

- **Modèle naturel** : relations symbiotiques (par exemple, poissons-clowns et anémones).
- **Mots clés** : synergie, adaptation, innovation, robustesse.
- **Fonction** : la combinaison de méthodes biologiques et de techniques de réparation traditionnelles améliore la robustesse globale du système, tout comme les relations symbiotiques améliorent la survie.





<https://theconversation.com/thin-bacteria-coated-fibers-could-lead-to-self-healing-concrete-that-fills-in-its-own-cracks-220190>

Activation déclenchée de la guérison

- **Stratégie de conception :** développer un système qui active les matériaux de réparation uniquement lorsqu'une fissure ou un dommage est détecté, afin de garantir la conservation des ressources jusqu'à ce qu'elles soient nécessaires.

Mécanisme de réparation naturel

- **Stratégie de conception :** créer un béton capable de combler automatiquement les fissures sans nécessiter de réparations manuelles, à l'instar de certaines structures naturelles qui se réparent avec le temps.

Flexibilité et résistance

- **Stratégie de conception :** utiliser des matériaux capables de se plier et de fléchir sous l'effet d'une contrainte, afin d'atteindre un équilibre entre résistance et adaptabilité en réponse à des conditions changeantes.
- **Fonction :** cela permet aux bâtiments et aux structures de résister à diverses pressions environnementales tout en conservant leur sécurité et leur longévité.

Système de libération intelligent

- **Stratégie de conception :** intégrer un système de protection qui libère des agents cicatrisants lorsque des fissures apparaissent, à l'instar des systèmes naturels qui protègent les graines jusqu'à ce qu'elles puissent pousser.

Environnement propice à la guérison

- **Stratégie de conception :** concevoir le béton de manière à retenir l'humidité et à offrir un environnement propice à la guérison, à l'instar de certains écosystèmes qui favorisent la croissance.

Conception réactive

- **Stratégie de conception** : développer des matériaux capables de s'adapter aux changements environnementaux, en veillant à ce qu'ils restent efficaces et résistants dans diverses conditions.

Utilisation collaborative des matériaux

- **Stratégie de conception** : combiner différents matériaux dans le béton afin d'améliorer sa résistance globale et ses capacités de guérison, à l'instar de la manière dont d'autres espèces collaborent dans la nature.



Morceau de béton biologique (béton auto-cicatrisant)

<https://www.certifiedenergy.com.au/emerging-materials/the-concrete-of-the-future>

5.a Répertoriez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Capacité d'auto-réparation

- La caractéristique principale du matériau serait sa capacité à réparer les fissures de manière autonome.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques

- **Capacité d'auto-réparation** : la principale caractéristique est la capacité à se réparer sans intervention extérieure. Le béton répare automatiquement les fissures, ce qui améliore sa durabilité.
- **Détection et réponse aux fissures** : le processus de réparation est explicitement déclenché là où le dommage se produit, permettant une réparation localisée qui correspond au niveau de dommage.
- **Restauration de la résistance structurelle** : en colmatant rapidement les fissures, le béton auto-cicatrisant empêche l'eau et d'autres substances nocives de pénétrer et de provoquer de la corrosion ou une dégradation supplémentaire. Le processus d'auto-cicatrisation prolonge la durée de vie des structures en béton, les rendant plus résistantes à l'usure.

Étape 5 – Imiter

Contexte

- **Groupes cibles :**

- **Entreprises de construction et de génie civil :** les entreprises bénéficieraient d'une réduction des coûts d'entretien et de réparation.
- **Propriétaires d'infrastructures (publics ou privés) :** les propriétaires peuvent utiliser ce nouveau béton plus durable pour garantir la sécurité et la longévité des ouvrages.
- **Organisations axées sur la durabilité :** le nouveau matériau et la nouvelle technologie peuvent être utilisés pour réduire l'empreinte carbone liée à la production et à la réparation du béton.

Contraintes

L'utilisation de la minéralisation ostéoblastique, un processus naturel de guérison des os, comme paradigme pour le béton auto-cicatrisant se heurte à divers obstacles. Il est difficile de trouver des agents cicatrisants adaptés (tels que des bactéries ou des produits chimiques microencapsulés) pour le béton, car celui-ci, contrairement au tissu osseux organique, ne présente aucune activité biologique. Le processus de cicatrisation du béton, qui dépend d'un apport constant en eau, pourrait être entravé par son exposition à des facteurs externes variables tels que la température et l'humidité. Une mise en œuvre rentable est essentielle, car l'incorporation de produits chimiques autoréparateurs peut également affecter la résistance structurelle, la longévité et la faisabilité économique du matériau. Pour surmonter ces obstacles, la restauration à long terme du béton peut être facilitée par des progrès dans les techniques d'encapsulation, les produits chimiques de réparation durables et le contrôle de l'humidité.

Étape 6 – Évaluer

6.a Évaluer le ou les concepts de conception par rapport aux critères et aux contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

La faisabilité de la capacité d'auto-réparation est évaluée, notamment en termes de performances techniques, de viabilité économique et d'impact environnemental. En ce sens, la conception doit être affinée afin de répondre aux exigences de durabilité, de réduction des coûts et de compatibilité avec divers environnements.

6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Nous pouvons rendre la solution du béton auto-cicatrisant plus viable en affinant et en améliorant continuellement chaque étape. La technologie progressera en se concentrant sur le développement de meilleurs matériaux, l'identification de techniques de cicatrisation efficaces et l'optimisation de la production. Elle sera plus facile à intégrer dans les méthodes de construction existantes et sera mieux acceptée si elle est conçue en tenant compte des besoins des utilisateurs. La solution sera également conforme aux objectifs environnementaux si des matériaux durables sont utilisés. Au fur et à mesure du développement du béton auto-cicatrisant, il sera essentiel de mener des tests fréquents dans le cadre de projets pilotes et de collaborer avec des partenaires industriels.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/> <https://asknature.org/innovation/self-healing-concrete-cracking-repair-solution-inspired-by-bones/>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : capacité à s'agripper avec ténacité, comme une bardane

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment le lampourde s'attache-t-elle solidement aux animaux ou aux tissus ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par les adaptations ou les comportements d'un organisme qui lui permettent de survivre. Elles peuvent également faire référence à quelque chose que votre solution de conception doit accomplir. La conception doit permettre de fixer solidement deux surfaces, de les détacher facilement sans causer de dommages et d'être durable pour une utilisation répétée. Fonctions clés de la conception • Fixation : assurer une adhérence ferme et temporaire entre les surfaces. • Détachement : lorsque cela est nécessaire, le détachement permet une séparation facile et non destructive. • Réutilisabilité : préserver la fonctionnalité dans plusieurs applications. • Adaptabilité : capable de bien fonctionner dans diverses conditions environnementales et avec divers matériaux. 2.c Renversez la question. Envisagez les fonctions opposées. Comment une fixation peut-elle empêcher une fixation involontaire aux surfaces ou un détachement accidentel ? Les lampourdes ne s'accrochent qu'aux surfaces suffisamment texturées pour que leurs crochets puissent s'y agripper, comme la fourrure des animaux. L'absence des fibres nécessaires sur les surfaces lisses comme les feuilles ou les rochers empêche toute fixation indésirable. De même, pour éviter toute séparation involontaire des surfaces lisses ou non fibreuses, une conception Velcro peut se concentrer sur l'imbrication uniquement avec des matériaux bouclés particuliers.
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Le cocklebur, une graine végétale appartenant à la famille des bardanes, s'accroche fermement à la fourrure des animaux qui passent grâce à une structure spéciale composée de minuscules projections en forme de crochets à l'extérieur. Chaque crochet étant courbé et flexible, il peut s'accrocher sans effort aux fibres et aux textures organiques. Grâce à cette structure, les cockleburs peuvent adhérer à des surfaces douces et fibreuses, telles que le tissu ou la fourrure animale, tout en restant détachées des surfaces plus rugueuses. Lorsque les animaux se déplacent, la stratégie d'adhérence du lampourde



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

lui permet de parcourir de grandes distances, dispersant efficacement ses graines vers de nouveaux endroits. La conception du Velcro, qui comporte des crochets sur une surface et des boucles sur l'autre imitant la texture fibreuse de la fourrure, s'inspire de cet accrochage naturel entre les crochets et les fibres et produit un dispositif de fixation robuste et réutilisable.

3.b Identifier les experts et entrer en contact avec les communautés de biologistes et de naturalistes.

Les botanistes peuvent apporter des éclaircissements sur la composition et le fonctionnement des lampourdes et d'autres systèmes d'attache naturels. Les écologistes spécialisés dans les interactions entre les plantes et les animaux peuvent fournir des informations supplémentaires sur l'attache et le mouvement des graines. De plus, les scientifiques spécialisés dans les matériaux et les ingénieurs en biomimétisme spécialisés dans la reproduction de microstructures et les technologies adhésives facilitent la transposition des conceptions naturelles à boucles et crochets en matériaux robustes et évolutifs. Une assistance technique peut également être fournie par des équipes de recherche qui se concentrent sur les interactions biologiques de surface ou les matériaux biomimétiques, telles que celles du Biomimicry Institute ou du Wyss Institute for Biologically Inspired Engineering de Harvard.

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

L'inspiration derrière ce produit provient de la façon dont les graines de bardane (capsules) adhèrent à la fourrure des animaux et aux vêtements. La structure de ces graines leur permet de s'accrocher à diverses surfaces grâce à un mécanisme de « crochets et boucles ».

Dans cette optique, les **fonctions principales** de notre produit seraient les suivantes :

- **Le mécanisme de fixation** est conçu pour créer un système auto-agrippant à la fois non invasif et très efficace. Il reproduit la façon dont les crochets des graines s'accrochent aux boucles de la fourrure ou du tissu des animaux, permettant ainsi la fixation et la rétention.
- Sa **réutilisabilité** pour se fixer et se détacher à plusieurs reprises sans perdre de son efficacité,
- Son adaptabilité : il s'adapte à diverses surfaces et situations tout en conservant sa durabilité et sa facilité d'utilisation.

En ce sens, les **mots clés** pourraient être les suivants : mécanisme à crochets et boucles, fixation et libération, réutilisabilité et adaptabilité.



Figure 1. Biomimétisme d'une bavure (à gauche) pour l'invention du Velcro (à droite).



Source : <https://www.microphotonics.com/biomimicry-burr-invention-velcro/>

4.b Traduire les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Pour fournir une solution de fixation fiable, réutilisable, facile à utiliser, adaptable et nécessitant peu d'entretien, il est nécessaire de développer une attache dont une surface comporte de minuscules crochets flexibles et l'autre surface des boucles, leur permettant de s'imbriquer. Cela permet d'obtenir une connexion solide qui peut être fixée et détachée à plusieurs reprises sans perdre son adhérence. Cette technique de crochets et boucles fonctionne bien pour les produits qui nécessitent des fermetures à la fois sûres et détachables.

Étape 5 – Imiter

5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

Les principales caractéristiques de ce produit comprennent la création d'un mécanisme de fixation à crochets. Un côté de la fixation est recouvert de petits crochets flexibles, tandis que l'autre côté comporte des boucles qui s'imbriquent dans les crochets.

Ses principales fonctions seraient la facilité d'utilisation, l'adaptabilité, la réutilisabilité et la sécurité du mécanisme de fixation et de libération. En réunissant tous ces éléments, le produit constituera une solution de fixation durable, résistante et non invasive.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques

- Fixation réutilisable.
- Fixation et libération faciles.
- Polyvalence pour tous les matériaux.
- Durabilité.

Contexte

Ces modèles sont particulièrement adaptés aux environnements où une fixation rapide et sûre ainsi qu'une grande adaptabilité sont essentielles, notamment dans les situations où la réutilisabilité et la simplicité sont des atouts.

Groupes cibles

- Fabricants de textiles.
- Entreprises d'équipement de plein air.
- Industrie automobile.
- Articles ménagers et mobilier.
- Établissements d'enseignement et organismes de recherche.

Contraintes

- **Durabilité des matériaux** : il est difficile de garantir la durabilité et la résistance du Velcro après des utilisations répétées, en particulier dans les applications soumises à des contraintes élevées.



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



	● Cohérence de fabrication : la précision est nécessaire pour reproduire la structure auto-agrippante à grande échelle, ce qui pose des défis de production pour maintenir la qualité et l'uniformité. ● Coût des matériaux de qualité : les matériaux durables et de haute qualité peuvent être coûteux, ce qui rend difficile l'objectif d'accessibilité financière sur différents marchés.
Étape 6 – Évaluer	6.a Évaluez le ou les concepts de conception par rapport à leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluez la faisabilité des modèles techniques et commerciaux. La meilleure façon d'évaluer si le produit répond aux défis et aux contraintes de conception est de déterminer si le produit développé (le Velcro) répond aux paramètres suivants : ● Fonctionnalité et facilité d'utilisation : offre une fixation et un détachement simples et sûrs. Cette simplicité le rend adapté à toute une série d'applications, ce qui correspond bien aux critères exigeant facilité d'utilisation, adaptabilité et commodité. ● Durabilité et longévité : la réutilisabilité et la résilience de la conception lui permettent de résister à de multiples cycles de fixation sans perdre en efficacité, réduisant ainsi la nécessité de remplacements fréquents. ● Durabilité : ces conceptions fonctionnent également bien dans les applications qui mettent l'accent sur la réduction des matériaux à usage unique, tels que les emballages ou les meubles modulaires. En termes de compatibilité avec les systèmes terrestres, un système Velcro minimise le besoin d'adhésifs, de pièces mécaniques et d'autres matériaux gourmands en ressources. En particulier, la réutilisabilité s'aligne sur les cycles naturels de la Terre, réduisant la consommation globale de ressources et soutenant les objectifs de l'économie circulaire. De plus, les attaches Velcro réduisent les déchets par rapport aux adhésifs à usage unique ou aux mécanismes de fixation jetables. Enfin, en ce qui concerne le modèle technique et commercial, les attaches Velcro sont simples et largement applicables, ne nécessitant que des processus de fabrication de base. De plus, elles ont un marché étendu en raison de leur polyvalence dans de nombreux secteurs et représentent une offre rentable, attrayante pour les consommateurs et les entreprises qui cherchent à réduire leurs coûts à long terme. 6.b Réexaminez et revoyez les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable. Nous avons identifié le modèle naturel, les lampourdes, et analysé leur mécanisme de fixation unique grâce à de minuscules crochets qui s'imbriquent dans des boucles. Nous avons ensuite tiré les principales stratégies de cet exemple biologique, en nous concentrant sur la fonctionnalité des attaches sécurisées et réutilisables. Nous avons ensuite traduit ces idées en un concept de design qui met l'accent sur la convivialité, la durabilité et la durabilité environnementale en sélectionnant des matériaux écologiques. La création de prototypes et les tests de différents designs nous ont permis d'affiner le produit, afin de garantir qu'il réponde à la fois aux critères fonctionnels et écologiques. Afin d'intégrer notre solution au principe fondamental du biomimétisme, qui consiste à s'inspirer et à imiter la nature , nous avons enfin mis en place une boucle de rétroaction itérative afin d'améliorer en permanence





la conception en fonction de l'expérience des utilisateurs et des progrès réalisés en matière de pratiques durables.

Ressources supplémentaires :

<https://www.microphotonics.com/biomimicry-burr-invention-velcro/>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Modules de formation WP3 sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : peau de requin pour réduire la traînée

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. Comment la texture de la peau de requin peut-elle inspirer la création d'un maillot de bain qui réduit la traînée et améliore la vitesse de nage ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par les adaptations ou les comportements d'un organisme qui lui permettent de survivre. Elles peuvent également faire référence à quelque chose que votre solution de conception doit accomplir. Fonctions clés de la conception ● Réduction de la traînée : minimiser la résistance dans l'eau, permettant aux nageurs de se déplacer plus rapidement et avec moins d'effort. ● Amélioration de l'hydrodynamique : faciliter l'écoulement harmonieux de l'eau sur le corps, à l'instar de la peau de requin qui réduit les turbulences, améliorant ainsi la vitesse globale. ● Confort et flexibilité : le maillot de bain doit permettre une liberté de mouvement totale, afin que les nageurs puissent donner le meilleur d'eux-mêmes sans se sentir gênés. ● Durabilité : le matériau doit résister aux rigueurs de la natation et aux différentes conditions aquatiques, à l'instar de la résilience de la peau de requin. Il est possible de créer un maillot de bain qui réponde avec succès aux exigences de la natation de compétition en reconnaissant ces rôles et situations essentiels dans la nature. Outre l'amélioration des performances sportives, l'accent mis sur la réduction de la traînée grâce au biomimétisme favorise l'innovation dans le domaine de la science des matériaux. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment un maillot de bain mal conçu augmente-t-il la traînée et nuit-il aux performances de natation ? La texture distinctive de la peau de requin est constituée de denticules dermiques qui obstruent le flux d'eau afin de réduire la traînée. Cette structure unique permet aux requins de se déplacer plus efficacement dans l'eau et avec moins de turbulences. En revanche, un maillot de bain mal conçu peut ne pas avoir cette surface texturée, ce qui augmenterait la traînée. Par exemple, un maillot de bain composé de matériaux plats et lisses pourrait ralentir le nageur en augmentant la résistance à l'eau. Par conséquent, pour garantir une traînée minimale pendant la nage, la conception d'un maillot de bain doit



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



	inclure des caractéristiques qui imitent les textures efficaces de la peau de requin afin de maximiser les performances.
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Si l'on considère la fonction principale qui consiste à réduire la traînée pendant la nage, les modèles naturels suivants peuvent servir d'inspiration : ● Les dauphins : les dauphins ont un corps lisse et profilé qui minimise la traînée, leur permettant de se déplacer efficacement à grande vitesse. ● Les pingouins : ils ont un corps élancé et hydrodynamique qui leur permet de glisser sans effort dans l'eau. ● Écailles de poisson : certains poissons nageant rapidement, comme le thon, ont des écailles qui se chevauchent et créent une forme aérodynamique. ● Plantes aquatiques : certaines plantes aquatiques ont des formes étroites et profilées pour éviter une traînée excessive dans les courants d'eau. Leur forme et leur flexibilité leur permettent de se déplacer sans effort dans l'eau. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. Compte tenu de la portée du projet, les experts suivants pourraient être pertinents : ● Biologistes marins : ils peuvent apporter leur expertise sur la manière dont les animaux aquatiques tels que les requins, les dauphins et les poissons réduisent la traînée. Les instituts de recherche marine ou des organisations telles que la Marine Biological Association (MBA) ou la Society for Integrative and Comparative Biology (SICB) peuvent être précieuses. ● Spécialistes en dynamique des fluides : des organismes tels que l'American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA) peuvent fournir des informations précieuses sur l'impact des différentes textures et structures sur l'écoulement des fluides. ● Centres de recherche aquatique et laboratoires marins : des laboratoires tels que le Scripps Institution of Oceanography ou le Woods Hole Oceanographic Institution mènent des recherches sur la locomotion des animaux marins et la dynamique de l'eau.
Étape 4 – Résumé	4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception. Ce produit s'inspire de la texture unique de la peau du requin, en particulier des denticules dermiques qui recouvrent sa surface. Ces minuscules structures en forme de dents créent un système naturel de « réduction de la traînée », permettant aux requins de se déplacer efficacement dans l'eau en minimisant les turbulences et la résistance. Fonctions essentielles du produit ● Réduction de la traînée : minimiser la résistance lors du déplacement dans l'eau, améliorant ainsi la vitesse et l'efficacité. ● Contrôle des turbulences : en interrompant le flux d'eau pour réduire les turbulences et maintenir un mouvement fluide.



- **Hydrodynamique adaptative** : texture qui s'adapte à différentes vitesses de nage, optimisant le flux d'eau dans différentes conditions.

En ce sens, les **mots clés** pourraient être les suivants : dentelles cutanées, texture rugueuse de la surface, efficacité hydrodynamique et perturbation du flux.

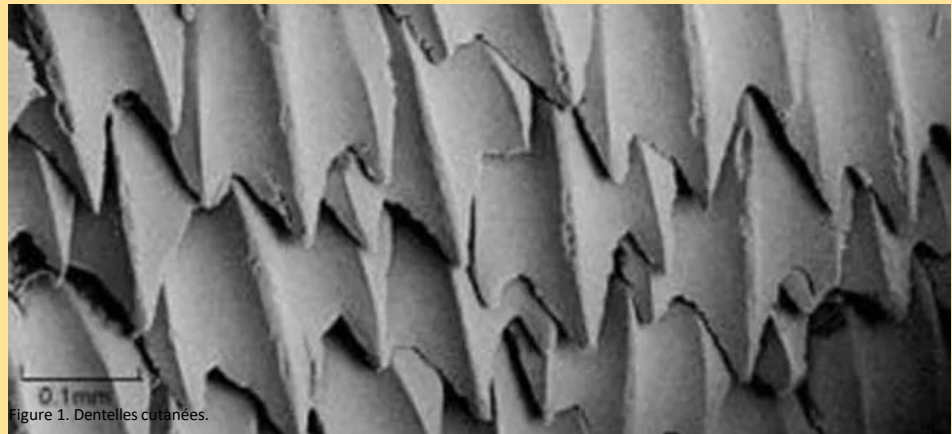


Figure 1. Dentelles cutanées.

Source : <https://www.popsi.com/technology/article/2012-07/speedos-super-fast-sharkskin-inspired-swimsuit-actually-nothing-sharks-skin/>

4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Afin de réduire la friction dans l'eau, la surface de notre produit sera texturée à l'aide de petits motifs soigneusement placés. Cette surface structurée permettra un écoulement plus fluide de l'eau, ce qui réduira la résistance et améliorera l'efficacité des mouvements.

Ces motifs pourraient être utilisés dans les maillots de bain où la réduction de la traînée est cruciale pour aider les nageurs à se déplacer plus rapidement et avec moins d'effort dans l'eau. En ajoutant une texture spécifique au tissu du maillot de bain, nous pouvons créer un look élégant qui améliore les performances et permet d'économiser de l'énergie lors de la nage.

5.a Énumérez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

Les principaux avantages de ce produit sont une vitesse de nage améliorée, une résistance à l'eau réduite et un ajustement souple et confortable. Ces composants seront combinés pour créer un maillot de bain léger et performant qui améliore la durabilité, réduit la traînée et permet des mouvements sans entrave, ce qui augmentera l'efficacité et l'endurance en natation.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques

- Surface texturée.
- Panneaux imprimés en 3D ou renforcés en silicone.

Étape 5 – Imiter



- Revêtement hydrophobe.
- Construction sans soudure.
- Zones de compression stratégiques.

Contexte

Le maillot de bain réduisant la traînée sera conçu pour les nageurs de compétition qui visent à atteindre une vitesse et une efficacité maximales, ce qui en fera un choix idéal pour les courses et les séances d'entraînement où chaque seconde compte. Il conviendra également aux nageurs amateurs à la recherche d'un équipement hautement performant qui améliore le confort et la flexibilité dans l'eau. De plus, la conception du maillot de bain pourrait séduire les athlètes pratiquant des sports aquatiques tels que le triathlon, où la réduction de la traînée est essentielle. Grâce à ses matériaux durables, ce produit s'inscrit dans une démarche écologique et séduira les consommateurs qui privilégient à la fois la performance et la responsabilité environnementale dans le choix de leurs maillots de bain.

Contraintes

- **Durabilité des matériaux** : les surfaces texturées et enduites doivent résister à une exposition répétée au chlore et à l'eau salée.
- **Rentabilité** : il faut trouver un équilibre entre l'amélioration des performances et l'accessibilité financière pour les nageurs de différents niveaux.
- **Souplesse** : la texture doit garantir un ajustement souple et fluide sans limiter l'amplitude des mouvements.
- **Conformité réglementaire** : le produit doit respecter les normes de la fédération de natation en matière de vêtements de compétition.
- **Exigences écologiques** : l'utilisation de matériaux recyclables ou biodégradables dans la conception du produit doit être envisagée.

Étape 6 – Évaluer

6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

La meilleure façon d'évaluer si le produit répond aux défis et aux contraintes de conception est de déterminer si le produit développé répond aux paramètres suivants :

- Réduction de la traînée.
- Amélioration de l'hydrodynamique.
- Confort et flexibilité.
- Durabilité.

La conception doit viser à améliorer la vitesse et l'efficacité de la nage tout en tenant compte de la durabilité et de l'impact environnemental. Tous les matériaux utilisés doivent être non toxiques, respectueux de l'environnement et durables, et doivent répondre aux normes de performance requises pour la natation de compétition.

Compatibilité avec les systèmes terrestres



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



L'utilisation de matériaux synthétiques soulève des préoccupations environnementales en matière de pollution et de déchets. Idéalement, une conception qui imite les systèmes naturels utiliserait des matériaux biodégradables ou recyclables afin de minimiser son impact sur les systèmes terrestres.

Modèle technique et commercial

La faisabilité du modèle technique du maillot de bain Speedo dépend de ses performances et de son caractère innovant. De plus, il existe une forte demande pour des maillots de bain haute performance dans le domaine du sport de compétition, mais les consommateurs accordent de plus en plus d'importance à la durabilité. Par conséquent, un modèle commercial réussi doit mettre l'accent sur des pratiques respectueuses de l'environnement tout en trouvant un équilibre entre performances et prix abordable.

6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Après avoir déterminé que la peau de requin était notre modèle naturel, nous avons examiné ses caractéristiques hydrodynamiques, en particulier sa texture réduisant la trainée. Des tactiques importantes axées sur l'interaction avec la surface et l'amélioration des performances ont été tirées de cette étude. En utilisant des matériaux écologiques qui imitent la texture de la peau de requin, nous avons pu traduire ces connaissances en un concept de design qui met l'accent sur la facilité d'utilisation, la longévité et la durabilité.

Ressources supplémentaires :

<https://www.microphotonics.com/biomimicry-burr-invention-velcro/> <https://illuminate.usc.edu/from-shark-skin-to-speed/>

<https://www.just-style.com/news/shark-skin-inspires-latest-speedo-swimwear-line/>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : inspiration tirée de la nacre de l'ormeau, un mollusque marin à coquille unique.

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. Comment la structure hiérarchique des coquilles de mollusques peut-elle inspirer le développement de céramiques plus résistantes, qui résistent aux fissures et améliorent la durabilité ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par les adaptations ou les comportements d'un organisme qui lui permettent de survivre. Elles peuvent également faire référence à quelque chose que votre solution de conception doit accomplir. Fonctions clés de la conception ● Résistance aux chocs : absorber et répartir les forces, empêcher les fissures ou les cassures sous l'effet de la contrainte, à l'instar des coquilles des mollusques qui protègent l'organisme des prédateurs et des effets environnementaux. ● Flexibilité : l'intégration d'un certain degré de flexibilité dans la structure céramique peut l'aider à résister à la déformation sans se fracturer, à l'instar des coquilles des mollusques, qui peuvent se courber légèrement sous la pression. ● Résistance et légèreté : à l'instar des coquilles de mollusques qui offrent une protection robuste sans poids excessif. ● Propriétés d'auto-réparation : la capacité à réparer les micro-dommages au fil du temps améliorerait la longévité, tout comme certains matériaux biologiques peuvent s'auto-réparer après avoir subi des blessures mineures. ● Résistance à l'eau : inspirée de la façon dont les coquilles des mollusques repoussent l'eau et empêchent l'érosion, cette caractéristique peut être cruciale pour les applications dans des environnements humides ou sous-marins. Une conception céramique qui répond avec succès au besoin d'une résistance et d'une durabilité accrues peut être produite en tenant compte de ces fonctions cruciales et de ces structures naturelles. La conception peut atteindre une plus grande flexibilité et une meilleure résistance aux chocs en imitant la structure en couches des coquilles de mollusques. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment la conception pourrait-elle involontairement augmenter la fragilité des céramiques, les rendant plus susceptibles de se fissurer et réduisant leur durabilité globale ?



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Les coquilles des mollusques ont une structure hiérarchique composée de couches d'aragonite et de matières organiques qui leur confèrent une flexibilité et une résistance exceptionnelles. Les mollusques peuvent résister aux chocs et se défendre contre les prédateurs et les obstacles environnementaux grâce à leur conception particulière. Une céramique mal conçue, en revanche, peut ne pas présenter cette composition en couches, ce qui la rend plus fragile et susceptible de se fissurer. Par exemple, une céramique peut se briser sous l'effet d'un choc en raison d'une répartition inefficace des contraintes due à sa structure uniforme et dense. Par conséquent, la conception des matériaux doit intégrer des éléments qui reproduisent la stratification efficace des coquilles de mollusques afin de garantir leur résistance aux dommages, améliorant ainsi leur durabilité et leurs performances.

Étape 3 – Découvrir

3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception.

Modèles naturels

- **Coquilles de mollusques** : la composition stratifiée et l'organisation de l'aragonite et des protéines organiques qui contribuent à la résistance et à la flexibilité.
- **Structure osseuse** : l'organisation hiérarchique naturelle des os leur confère une grande résistance tout en restant légers, avec une capacité d'adaptation et de remodelage.
- **Le bois** : la structure du bois, avec sa combinaison de fibres de cellulose solides et de lignine flexible, montre comment les couches peuvent apporter à la fois résistance et résilience.

3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. Experts

- **Biologistes marins** : ils peuvent fournir des informations sur la structure des coquilles des mollusques. Entrer en contact avec des biologistes marins qui étudient les mollusques peut fournir des informations précieuses sur leurs adaptations et les propriétés de leurs matériaux.
- **Biologistes structuraux** : ces experts étudient les propriétés structurales des matériaux biologiques au niveau moléculaire, ce qui peut éclairer les décisions de conception pour des céramiques plus résistantes.
- **Naturalistes** : entrer en contact avec des groupes de naturalistes locaux ou des organisations de protection de la nature peut offrir des perspectives sur l'observation et la compréhension des structures biologiques dans leur contexte naturel.

Forums en ligne et réseaux sociaux

- Des plateformes telles que ResearchGate, LinkedIn et des groupes Facebook spécialisés dans le biomimétisme et la science des matériaux peuvent faciliter les discussions et les contacts avec des experts et des pairs.

Projets de science citoyenne

- Participez à des initiatives de science citoyenne axées sur l'observation de la nature ou entrez en contact avec elles. Des plateformes telles que iNaturalist peuvent vous aider à entrer en contact avec une communauté de passionnés et d'experts de la nature.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Les motifs stratifiés d'aragonite et de matières organiques présents dans les coquilles des mollusques servent de modèle à la structure hiérarchique de ce produit. Les mollusques peuvent tolérer divers défis environnementaux grâce à leur résistance et leur flexibilité exceptionnelles, qui découlent de leur conception unique.

Caractéristiques principales de la conception

- **Résistance aux chocs** : la structure stratifiée répartit efficacement les contraintes, ce qui empêche les fissures et améliore la durabilité.
- **Composition des matériaux** : la combinaison de matériaux rigides et flexibles permet une déformation sans rupture, améliorant ainsi la résilience.
- **Capacité d'auto-réparation** : l'intégration d'un mécanisme de réparation garantit que les micro-dommages peuvent être réparés au fil du temps, prolongeant ainsi la durée de vie du matériau.
- **Résistance à l'eau** : cette conception protège contre l'humidité et l'érosion, ce qui la rend adaptée à divers environnements.

Mots-clés

Structure en couches, aragonite, résistance, auto-réparation et résistance à l'eau.



Figure 1. Une fissure doit zigzaguer à travers les plaquettes empilées dans la nouvelle céramique.

Source : <https://www.livescience.com/44705-breaking-the-code-nature-inspires-tougher-ceramics.html>

4.b Tradisez les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrivez la stratégie sans utiliser de termes biologiques et reliez-la aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Notre produit aura une structure de surface en couches qui répartit efficacement les contraintes afin d'augmenter sa durabilité. Cette conception garantira que le matériau peut supporter des chocs au fil du temps et empêcher les fissures. Nous pouvons concevoir un produit qui



	s'adapte aux circonstances changeantes sans perdre de sa résistance en combinant des matériaux à la fois rigides et flexibles. Ces caractéristiques seront particulièrement utiles pour les applications qui doivent être très résistantes, comme les matériaux de construction ou les revêtements protecteurs. Les performances globales du produit peuvent être améliorées tout en conservant sa durabilité et sa résilience dans divers environnements grâce à la mise en œuvre de cette conception créative en couches.
Étape 5 – Imiter	5.a Dressez la liste des informations clés et explorez autant d'idées que possible. Ce produit visera principalement à améliorer la résistance et la durabilité de la céramique en imitant la structure hiérarchique de la coquille des mollusques. Ses principales caractéristiques seront une composition matérielle alliant rigidité et flexibilité, une conception en couches qui répartit efficacement les contraintes et des qualités d'auto-réparation qui garantissent sa longévité. Ensemble, ces composants permettront d'obtenir une céramique légère et durable qui réduit les dommages et les fissures, améliore les performances sous pression et conserve sa résistance à l'eau. 5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution. Caractéristiques • Structure en couches. • Composition des matériaux. • Mécanisme d'auto-réparation. • Résistance à l'eau. • Conception légère. Contexte Cette céramique avancée peut être utilisée pour améliorer la durabilité et la résistance aux chocs des équipements sportifs tels que les casques et les protections. Elle convient également aux applications biomédicales où la résistance et la biocompatibilité sont essentielles, notamment les matériaux dentaires et les implants osseux. De plus, cette céramique pourrait être utilisée dans les matériaux de construction pour offrir une résistance à l'eau et une solidité dans des situations de forte contrainte. En s'adressant aux secteurs qui accordent de l'importance aux matériaux durables et innovants, ce produit peut contribuer à répondre au besoin de solutions respectueuses de l'environnement. Contraintes La conception doit tenir compte de certaines contraintes, notamment le coût des matériaux, qui peut avoir une incidence sur le choix de matières premières de haute qualité. Les techniques de fabrication doivent être évolutives afin de répondre aux exigences de production des céramiques stratifiées. En outre, le produit doit respecter les normes de performance en matière de résistance, de durabilité et de sécurité dans les applications concernées.
Étape 6 – Évaluer	6.a Évaluer le ou les concepts de conception par rapport à leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi qu'à leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité du modèle technique et commercial.



La meilleure façon d'évaluer si le produit répond aux défis et aux contraintes de conception est de déterminer si le produit développé répond aux paramètres suivants :

- Résistance aux chocs.
- Flexibilité des matériaux.
- Propriétés d'auto-réparation.
- Résistance à l'eau.
- Durabilité.

La conception peut améliorer les performances et la durabilité tout en répondant aux préoccupations liées à l'impact environnemental en se concentrant sur ces paramètres. Dans l'ensemble, cette approche garantit que les céramiques avancées répondent non seulement aux normes industrielles, mais aussi à la demande croissante de solutions durables et responsables.

Compatibilité avec les systèmes terrestres

L'utilisation de matériaux durables est d'une grande importance, car elle contribue à atténuer l'impact environnemental associé à la production traditionnelle de céramiques. De plus, le processus de fabrication de ces céramiques avancées peut être conçu de manière à minimiser la consommation d'énergie.

Modèle technique

L'utilisation de techniques de fabrication avancées (par exemple, l'impression 3D) pour créer la structure en couches est techniquement viable et a été mise en œuvre avec succès dans d'autres industries. En ce qui concerne le modèle commercial, il existe un marché en pleine croissance pour les matériaux haute performance dans les applications sportives, biomédicales et de construction, ce qui offre d'importantes opportunités commerciales.

6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Il est possible d'affiner le concept de céramique avancée pour en faire une solution viable qui réponde aux exigences et aux contraintes du défi de conception en réexaminant et en révisant ces étapes. Une itération constante basée sur la recherche, les tests et les retours d'expérience garantira que le produit fini fonctionne non seulement extrêmement bien, mais qu'il répond également aux exigences du marché et aux pratiques durables.

Ressources supplémentaires :

<https://www.livescience.com/44705-breaking-the-mold-nature-inspires-tougher-ceramics.html>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : ventouses situées sous les tentacules des pieuvres

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biolsgize	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment le camouflage adaptatif de la peau des pieuvres peut-il inspirer le développement d'un patch médical qui change de couleur pour indiquer des changements dans l'état de santé ou la présence d'une infection ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par les adaptations ou les comportements d'un organisme qui lui permettent de survivre. Elles peuvent également faire référence à quelque chose que vous attendez de votre solution de conception. Fonctions clés de la conception ● Adhérance : le patch doit adhérer solidement à diverses surfaces, y compris la peau, tout en étant suffisamment doux pour éviter toute irritation lors de son retrait. Cette fonction peut s'inspirer de la façon dont les ventouses des poulpes se fixent aux surfaces par succion. ● Flexibilité et confort : le produit doit être flexible pour s'adapter aux mouvements et aux contours du corps sans causer d'inconfort. Cette fonction pourrait s'inspirer de la peau adaptative des rainettes, qui leur permet de se déplacer librement dans divers environnements. ● Réponse aux signaux : la capacité à changer de couleur ou à indiquer l'état de santé (par exemple, détecter des infections) pourrait être essentielle. On peut s'inspirer de la capacité des pieuvres à changer de couleur, qu'elles utilisent pour communiquer et se camoufler. ● Auto-réparation : si le patch pouvait imiter d'une manière ou d'une autre les mécanismes d'auto-réparation observés chez certains organismes, cela améliorerait sa durabilité et sa facilité d'utilisation, à l'instar de certaines plantes qui peuvent guérir leurs blessures ou de certains amphibiens qui régénèrent les tissus perdus. ● Résistance à l'eau : la conception doit être résistante à l'humidité et aux fluides corporels, afin de garantir son efficacité dans diverses conditions. Cette conception peut améliorer le confort et l'efficacité pour l'utilisateur en s'inspirant des capacités d'auto-guérison de certains organismes, de la souplesse de la peau des rainettes et des qualités d'adhérence des ventouses des pieuvres. De plus, l'ajout de fonctionnalités telles que des indicateurs de changement de couleur pour la surveillance de la santé favorise l'innovation dans le domaine des biomatériaux tout en améliorant les résultats pour les patients. L'accent mis sur les



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



remèdes naturels donne la priorité à l'expérience utilisateur et à la sécurité tout en favorisant les progrès de la technologie médicale.

2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées.

Comment un patch médical mal conçu peut-il nuire à l'adhérence et compromettre l'efficacité du traitement ?

Grâce à leur structure particulière, les ventouses des pieuvres peuvent adhérer solidement à diverses surfaces, ce qui permet un contact efficace avec la peau. Même dans des situations difficiles, les pieuvres peuvent maintenir une prise ferme grâce à cette capacité. En revanche, un patch médical mal conçu peut ne pas avoir les qualités adhésives requises, ce qui se traduirait par un contact insuffisant avec la peau et une efficacité réduite. Par exemple, un patch composé de matériaux non adhésifs ou à faible friction peut se déplacer ou se décoller lorsqu'il est déplacé, ce qui nuit à l'effet thérapeutique. Afin de maximiser ses performances dans les applications médicales et de garantir une adhérence et une efficacité thérapeutique optimales, la conception d'un patch médical doit intégrer des éléments qui reproduisent les mécanismes d'adhérence efficaces des ventouses des poulpes.

Étape 3 – Découvrir

3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception.

Les modèles naturels suivants peuvent servir d'inspiration :

- **Pattes de gecko** : grâce à de minuscules structures ressemblant à des poils sur leurs coussinets, les geckos peuvent adhérer à diverses surfaces sans adhésif.
- **Moules** : elles utilisent un adhésif naturel appelé byssus pour s'accrocher aux surfaces dans l'eau, ce qui pourrait inspirer la mise au point d'un patch médical imperméable à forte adhérence.
- **Peau de rainette** : la peau souple et imperméable des rainettes s'adapte bien à leur environnement, ce qui suggère la conception d'un patch confortable, respirant et épousant les contours de la peau.
- **Peau du poisson-globe** : connue pour sa capacité à se gonfler et à changer de texture, la peau du poisson-globe pourrait inspirer un patch dont l'adhérence s'adapterait aux conditions environnementales.
- **Adhésifs de chenilles** : certaines chenilles produisent une substance semblable à de la soie pour se fixer, servant de modèle pour créer un patch qui adhère solidement tout en étant facile à retirer.

3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. Experts

- **National Geographic Society** : soutient les efforts de recherche et de conservation.
- **American Society of Naturalists** : cette organisation se consacre à la promotion de l'étude de l'histoire naturelle.
- **Société de biologie intégrative et comparative (SICB)** : cette société rassemble des scientifiques qui étudient divers aspects de la biologie.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, créez un diagramme ou un dessin et/ou trouvez des images qui peuvent illustrer la conception.

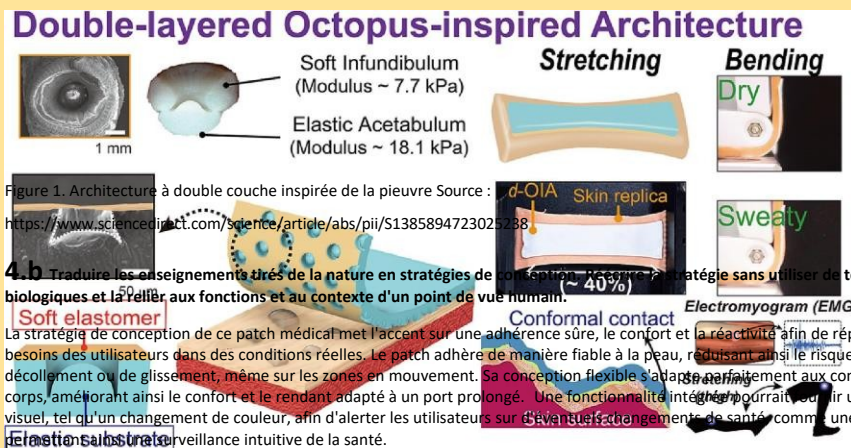
Ce produit s'inspire des remarquables mécanismes d'adhérence des ventouses des poulpes, en particulier leur capacité d'aspiration unique qui leur permet de se fixer en toute sécurité sur une variété de surfaces. Grâce au mécanisme naturel « améliorant l'adhérence » produit par ces structures spécialisées, les poulpes sont capables de se maintenir même dans des environnements dynamiques.

Fonctions clés de la conception

- **Adhérence sûre** : pour garantir une adhérence fiable à la peau, améliorant ainsi l'efficacité du traitement.
- **Conception flexible** : pour permettre au patch de s'adapter confortablement aux contours et aux mouvements du corps.
- **Surveillance de la santé** : grâce à des caractéristiques qui signalent les changements de couleur ou de texture en réponse à des facteurs environnementaux.

Mots clés

Mécanismes d'aspiration, fixation flexible, indicateurs de santé et adaptabilité.





surveillance. Le patch sera également durable, résistant à une usure mineure et réduisant la nécessité de remplacements fréquents, tandis que ses propriétés résistantes à l'humidité garantissent ses performances dans des conditions humides ou de transpiration. Ensemble, ces stratégies permettront d'obtenir un patch fiable, confortable et réactif, adapté à divers environnements de traitement.

Étape 5 – Imiter

5.a **Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.**

Ce patch médical utilise des matériaux respirants pour plus de confort et une technologie de micro-aspiration pour une adhérence fiable, en mettant l'accent sur une adhérence sûre, la flexibilité et la surveillance de la santé. Des matériaux imperméables et auto-cicatrisants améliorent la durabilité, et une couche qui change de couleur indique les changements dans l'état de santé. Un bord facile à retirer garantit un retrait indolore, et des couches hypoallergéniques protègent contre les irritations. Le patch est durable car il combine confort, fonctionnalité et responsabilité environnementale avec des options réutilisables et écologiques.

5.b **Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.**

- Caractéristiques**
- Adhérence.
 - Flexibilité.
 - Surveillance de la santé.
 - Durabilité.
 - Résistance à l'humidité.
 - Facilité de retrait.
 - Durabilité.
- Contexte**
- Ce patch médical sera conçu pour être utilisé dans les établissements de santé qui nécessitent une surveillance fiable et un port prolongé, comme les soins des plaies ou les traitements postopératoires. Il sera adapté à une utilisation quotidienne active, capable de résister aux mouvements, à l'exposition à la transpiration et à d'autres facteurs environnementaux. De plus, il répondra aux besoins des personnes à la peau sensible grâce à l'utilisation de matériaux hypoallergéniques et doux qui préviennent les irritations. Ces caractéristiques garantiront le confort et l'efficacité du patch dans diverses conditions, offrant ainsi une solution pratique tant pour les professionnels de santé que pour les utilisateurs quotidiens.
- Contraintes**
- **Matériaux non irritants** : des matériaux hypoallergéniques doivent être utilisés pour éviter toute irritation cutanée.
 - **Production abordable** : les composants doivent être rentables afin de garantir l'accessibilité et l'évolutivité.

Étape 6 – Évaluer

- **Port prolongé** : le patch doit conserver ses performances sur de longues périodes, avec des caractéristiques qui empêchent le décollement et l'inconfort.
- **Options écologiques** : il convient de privilégier les matériaux durables qui ne compromettent pas la durabilité ou la fonctionnalité.

6.a Évaluer le ou les concepts de conception par rapport à leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité du modèle technique et commercial.

La meilleure façon d'évaluer si le produit répond aux défis et aux contraintes de conception est de déterminer si le produit développé répond aux paramètres suivants :

- Adhérence.
- Flexibilité et confort.
- Surveillance de l'état de santé.
- Durabilité et réutilisabilité.
- Durabilité.

Compatibilité avec les systèmes terrestres

La conception doit privilégier une adhérence sûre, le confort et la surveillance de la santé, tout en étant durable sur le plan environnemental. Les matériaux doivent être hypoallergéniques, non toxiques et écologiques, afin de répondre aux exigences de durabilité et de confort pour une utilisation médicale prolongée. Le patch doit être efficace pour fournir des informations fiables sur la santé, s'adapter aux activités quotidiennes et être fabriqué à partir de ressources durables qui minimisent l'impact environnemental, garantissant ainsi sa **compatibilité avec les systèmes terrestres**.

Modèle technique et commercial

La technologie de micro-aspiration, les indicateurs changeant de couleur et les matériaux auto-réparateurs sont tous réalisables avec les techniques de fabrication actuelles, ce qui rend cette conception techniquement faisable. En outre, le patch pourrait être commercialisé sur les marchés médicaux grâce à des partenariats avec des prestataires de soins de santé et sur les marchés grand public via les pharmacies ou les canaux de vente directe aux consommateurs.

6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Pour trouver une solution viable pour la conception du patch médical, il est essentiel de revoir et d'affiner les étapes précédentes, en veillant à ce qu'elles correspondent aux besoins des utilisateurs, aux considérations environnementales et à la faisabilité technique. Dans cette optique, nous devons :

- Réévaluer les critères et les contraintes de conception.
- Explorer des fonctionnalités supplémentaires.
- Évaluer la faisabilité technique.
- Évaluer le marché et le modèle commercial.
- Itérer et tester les prototypes.



- Finaliser notre conception.

Ressources supplémentaires :

<https://wearable-technologies.com/news/octopus-suckers-inspire-irritation-free-adhesive> <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894723025238>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : bosses sur le bord avant de la nageoire de la baleine à bosse

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	
	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment l'efficacité hydrodynamique des nageoires des baleines à bosse peut-elle inspirer la conception de pales d'éoliennes qui maximisent la production d'énergie dans des conditions de vent faible ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par les adaptations ou les comportements d'un organisme qui lui permettent de survivre. Elles peuvent également faire référence à quelque chose que vous attendez de votre solution de conception. Fonctions clés de la conception ● Optimisation de la capture d'énergie : la fonction première de la conception des pales de turbine est de capter autant d'énergie éolienne que possible, même dans des conditions de vent faible. ● Réduction de la traînée : les pales doivent se déplacer sans à-coups dans l'air, en minimisant la traînée afin d'améliorer l'efficacité globale. ● Stabilité et prévention du décrochage : quelle que soit la vitesse du vent, les pales doivent fonctionner de manière stable, en évitant le décrochage et en maximisant la portance pour une production d'énergie constante. ● Adaptation à des conditions variables : la conception doit fonctionner correctement à différentes vitesses et directions du vent, à l'instar de certains animaux qui adaptent leurs mouvements à des environnements fluides changeants. Inspirée par la précision hydrodynamique des nageoires des baleines à bosse, la stabilité et le contrôle de la portance des ailes des albatros et la propulsion aérodynamique des ailerons des requins, cette conception d'éolienne peut augmenter l'efficacité énergétique et l'adaptabilité. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. En quoi une conception inefficace des pales d'éoliennes limite-t-elle la capture d'énergie et réduit-elle l'efficacité ? Les nageoires des baleines à bosse possèdent une structure spécialisée, avec des tubercules le long du bord d'attaque qui améliorent la portance et réduisent la traînée, permettant ainsi un déplacement efficace dans l'eau. Cette adaptation permet à la baleine de naviguer dans des environnements fluides avec stabilité et contrôle. En revanche, une pale d'éolienne mal conçue, dépourvue de ces innovations structurelles, peut souffrir d'une traînée accrue et d'une portance limitée, en particulier dans des conditions de vent variables, ce qui entraîne une réduction de la



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



captage d'énergie. Par exemple, une pale avec un bord plat ou émoussé peut caler ou subir des turbulences, ce qui diminue son efficacité. L'intégration de caractéristiques inspirées de la structure des tubercules des nageoires des baleines peut améliorer les performances des éoliennes en augmentant la portance et en réduisant la traînée, ce qui se traduit par un meilleur captage d'énergie et une plus grande fiabilité opérationnelle.

Étape 3 – Découvrir

3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception.

Modèles naturels

- **Nageoires des baleines à bosse** : les tubercules situés sur les bords d'attaque des nageoires des baleines à bosse créent des canaux qui réduisent la traînée et augmentent la portance, permettant à la baleine de se déplacer en douceur dans l'eau. Cette adaptation correspond au besoin des pales d'éoliennes d'optimiser le flux d'air et de minimiser les pertes d'énergie.
- **Ailes d'albatros** : elles ajustent leurs ailes pour contrôler le flux d'air et optimiser leur efficacité, ce qui reflète l'objectif des pales de turbine qui s'adaptent aux conditions de vent variables.
- **Graines d'érable (samars)** : la structure à aile unique des graines d'érable leur permet de tourner et de descendre lentement, maximisant ainsi leur surface et contrôlant leur descente grâce à la résistance de l'air. Cette structure offre des perspectives pour atteindre la stabilité et la rotation dans le vent, ce qui est pertinent pour maximiser la capture d'énergie.
- **Peau de requin** : elle présente de petites structures en forme de dents appelées denticules dermiques, qui rationalisent le flux d'eau et réduisent la traînée. Cette adaptation permet aux requins de se déplacer efficacement dans l'eau, ce qui constitue un modèle pour réduire la traînée des pales des éoliennes dans l'air, un milieu fluide similaire.
- **Ailes de libellule** : elles possèdent des microstructures qui réduisent la traînée et permettent une grande maniabilité. Les nervures et la conception en forme de maillage leur permettent de s'adapter à des flux d'air rapides et variables, tout en conservant leur stabilité, une fonction dont les pales des éoliennes ont également besoin dans des conditions de vent fluctuantes.

3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. Experts

- **Biologistes marins** : les experts qui étudient la vie marine, comme les baleines à bosse et d'autres animaux marins, peuvent fournir des informations sur les adaptations qui améliorent la fluidité des mouvements.
- **Ingénieurs en aérodynamique** : les ingénieurs spécialisés en aérodynamique peuvent faire le lien entre les adaptations biologiques et les applications techniques, en particulier pour la conception des éoliennes.
- **Écologistes** : les écologistes qui étudient le comportement et les adaptations des animaux dans divers environnements peuvent fournir un contexte précieux pour comprendre comment différents organismes interagissent avec leur environnement fluide.

Communautés



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

- **Society for Biological Engineering (SBE)** : cette société se concentre sur l'application des principes biologiques à l'ingénierie et à la technologie, offrant une plateforme de réseautage et de collaboration avec des experts dans des domaines connexes.
- **National Geographic Society** : cette organisation met en relation des naturalistes et des biologistes à travers divers programmes et initiatives.

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, créez un diagramme ou un dessin et/ou trouvez des images qui peuvent éclairer la conception.

Ce produit s'inspire des tubercules uniques présents sur les nageoires des baleines à bosse, qui améliorent leur efficacité de nage en augmentant la portance et en réduisant la traînée. Cette adaptation naturelle permet aux baleines de manœuvrer efficacement dans les eaux turbulentes.

Fonctions principales de la solution

- **Capture d'énergie améliorée** : optimisation des performances grâce à une interaction accrue entre le vent et les pales des éoliennes.
- **Réduction du bruit** : fonctionnement plus silencieux, ce qui profite à la faune sauvage et aux communautés voisines.
- **Stabilité accrue** : garantie d'une production d'énergie constante dans des conditions de vent variables.

Mots clés

Tubercules, efficacité aérodynamique, optimisation énergétique et stabilité opérationnelle.

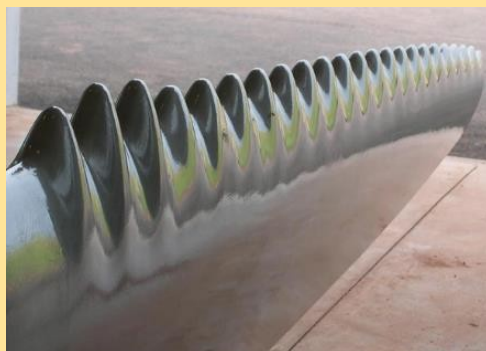


Figure 1. Pale d'éolienne dans une installation d'essai éolien à l'île-du-Prince-Édouard

Source : <https://www.technologyreview.com/2008/03/06/221447/whale-inspired-wind-turbines/>



	4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain. La stratégie de conception de ce patch médical met l'accent sur une adhérence sûre, le confort et la réactivité afin de répondre aux besoins des utilisateurs dans des conditions réelles. Le patch adhérera de manière fiable à la peau, réduisant ainsi le risque de décollement ou de glissement, même sur les zones soumises à des mouvements. Sa conception flexible s'adaptera parfaitement aux contours du corps, améliorant ainsi le confort et le rendant adapté à un port prolongé. Une fonctionnalité intégrée pourrait fournir un retour visuel, tel qu'un changement de couleur, pour alerter les utilisateurs de changements potentiels de leur état de santé, comme une infection, permettant ainsi une surveillance intuitive de leur santé. Le patch sera également durable, résistant à une usure mineure et réduisant la nécessité de remplacements fréquents, tandis que ses propriétés résistantes à l'humidité garantiront son efficacité dans des conditions humides ou de transpiration. Ensemble, ces stratégies permettront d'obtenir un patch fiable, confortable et réactif, adapté à divers environnements de traitement.
Étape 5 – Imiter	5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Pour appliquer les leçons tirées de la nature à la conception de stratégies efficaces, nous nous concentrons sur le développement de surfaces qui optimisent l'interaction avec le vent, ce qui se traduit par une meilleure capture d'énergie. Cela implique d'intégrer des caractéristiques de stabilité pour garantir des performances constantes dans diverses circonstances et de concevoir des formes qui réduisent le bruit pour une expérience utilisateur plus agréable. 5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution. Caractéristiques ● Capture d'énergie améliorée. ● Réduction du bruit. ● Stabilité. Contexte Le contexte de cette conception est centré sur la demande croissante de solutions énergétiques durables face à l'augmentation des besoins énergétiques et au changement climatique. En tant que substitut plus propre aux combustibles fossiles, l'énergie éolienne est un élément essentiel du paysage des énergies renouvelables. Afin d'accroître l'acceptation par le public et d'atténuer les impacts environnementaux, les éoliennes doivent devenir plus silencieuses et plus efficaces à mesure que la technologie progresse. Ce contexte souligne l'importance de l'innovation dans la conception des éoliennes, l'objectif étant de produire des machines efficaces, faciles à utiliser et adaptables à l'environnement. Contraintes ● Limitations matérielles : il faut utiliser des matériaux durables et résistants aux intempéries. ● Rentabilité : la conception doit rester économiquement viable pour la production.
Étape 6 – Évaluer	6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec



Les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

Les idées de conception répondent aux exigences du défi, à savoir accroître la stabilité, réduire le bruit et améliorer l'efficacité énergétique. En encourageant l'utilisation de sources d'énergie renouvelables, elles s'alignent sur les systèmes terrestres et contribuent à réduire les émissions de gaz à effet de serre.

De plus, les éléments techniques sont réalisables car les progrès réalisés dans le domaine des matériaux et de l'aérodynamique soutiennent ces innovations. Compte tenu des investissements dans des technologies éoliennes plus efficaces, motivés par la demande croissante de solutions énergétiques durables, le modèle commercial semble également favorable.

6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Pour créer une solution viable, nous pouvons réviser les concepts de conception afin de nous assurer qu'ils correspondent aux besoins des utilisateurs et aux considérations environnementales. Cela comprend l'optimisation de la géométrie des pales des turbines pour une performance maximale, l'intégration de matériaux avancés qui augmentent la durabilité tout en réduisant le poids, et la garantie que les dispositifs de réduction du bruit sont à la fois efficaces et rentables.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.net/the-buzz/resources/case-examples-learning-whales-create-efficient-wind-power/>

<https://www.technologyreview.com/2008/03/06/221447/whale-inspired-wind-turbines/>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : réseau capillaire nanofibreux inspiré de la peau des lézards

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	
	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. Comment le réseau capillaire nanofibreux inspiré de la peau des lézards améliore-t-il la gestion de l'humidité dans les matériaux ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par les adaptations ou les comportements d'un organisme qui lui permettent de survivre. Elles peuvent également faire référence à quelque chose que vous attendez de votre solution de conception. Fonctions clés de la conception ● Gestion de l'humidité : la conception doit absorber et libérer efficacement l'humidité, en imitant la façon dont la peau des lézards régule la rétention et l'évaporation de l'eau. ● Régulation de la température : elle doit maintenir une température stable, s'adapter aux changements environnementaux tout en garantissant le confort de l'utilisateur. ● Structure légère et flexible : les matériaux doivent être légers et flexibles, permettant une grande liberté de mouvement sans compromettre la durabilité. ● Durabilité et résistance à l'usure : la conception doit être résistante aux contraintes et aux conditions extérieures, à l'instar de la peau des lézards qui résiste à des environnements difficiles. 2.c Inversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment la conception pourrait-elle involontairement améliorer la rétention d'humidité dans les matériaux, entraînant la formation de moisissures et réduisant leur efficacité globale ? Le réseau capillaire nanofibreux unique de la peau des lézards permet une régulation efficace de la température et de l'humidité, ce qui leur permet de prospérer dans divers environnements. À l'inverse, un matériau mal conçu peut ne pas disposer de ce système complexe, ce qui entraînerait une mauvaise gestion de l'humidité et un risque accru de surchauffe. Par exemple, les structures denses et homogènes peuvent retenir l'humidité, ce qui pourrait entraîner la formation de moisissures ou une sensation d'inconfort due à la chaleur. Reproduire les propriétés adaptatives de la peau des lézards grâce à



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



	une meilleure régulation de l'humidité et un meilleur équilibre thermique pour un confort accru de l'utilisateur est un moyen d'améliorer les performances.
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Modèles naturels • Peau de lézard : certaines espèces présentent un réseau capillaire nanofibreux spécialisé qui facilite la collecte efficace de l'humidité et la régulation de la température. La structure de leur peau permet une absorption rapide et un transport passif de l'humidité, ce qui les aide à survivre dans des environnements arides. • Cactus : les cactus ont développé une peau épaisse et cireuse ainsi que des pores spécialisés (stomates) qui contribuent à réduire la perte d'eau tout en optimisant la rétention d'humidité. Leurs adaptations leur permettent de prospérer dans des climats chauds et secs en gérant efficacement l'eau et la température. • Feuilles des plantes : De nombreuses espèces végétales possèdent des structures foliaires qui optimisent la gestion de l'humidité par la transpiration. Par exemple, les feuilles dotées d'une cuticule cireuse contribuent à minimiser l'évaporation tout en permettant les échanges gazeux, illustrant ainsi un équilibre efficace entre la rétention d'humidité et l'interaction avec l'environnement. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. Sociétés • La Society for Integrative and Comparative Biology (SICB) : cette organisation rassemble des chercheurs et des étudiants dans divers domaines de la biologie, en mettant l'accent sur l'intégration de la recherche et de l'enseignement en biologie. • L'American Institute of Biological Sciences (AIBS) : l'AIBS promeut la recherche et l'enseignement dans le domaine des sciences biologiques, en offrant des opportunités de réseautage et des ressources permettant de mettre en relation des biologistes spécialisés dans l'écologie, l'évolution et la biodiversité.



Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, créez un diagramme ou un dessin et/ou trouvez des images qui peuvent illustrer la conception.

Caractéristiques principales du produit

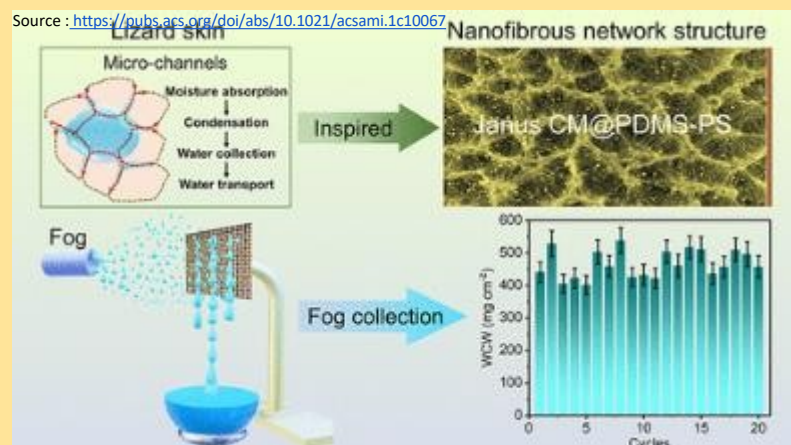
- **Absorption de l'humidité** : la structure nanofibreuse de la peau de lézard crée une surface hautement efficace qui capture l'eau de la rosée ou de la pluie. Cette conception peut être reproduite pour améliorer la gestion de l'humidité dans diverses applications, permettant une meilleure hydratation et une meilleure utilisation des ressources.
- **Régulation de la température** : les micro-ornements présents sur la peau des lézards facilitent la thermorégulation en optimisant la dissipation de la chaleur. Cette caractéristique peut être intégrée dans la conception des produits afin de maintenir une température interne stable, ce qui est essentiel pour garantir leur performance dans des conditions environnementales variables.
- **Flexibilité structurelle** : la capacité de la peau de lézard à rester flexible tout en offrant une grande résistance permet à ces reptiles de se déplacer dans leur habitat sans sacrifier la gestion de l'humidité. Imiter cette caractéristique peut améliorer la résilience et l'adaptabilité des produits utilisés dans divers environnements.
- **Mécanisme d'autonettoyage** : les propriétés de surface de la peau des lézards facilitent l'élimination de la saleté et d'autres contaminants, ce qui contribue à maintenir leur fonctionnalité au fil du temps. L'intégration de fonctionnalités d'autonettoyage dans la conception des produits peut prolonger leur durée de vie et leur efficacité.

Mots-clés

Absorption de l'humidité, régulation de la température, structure flexible et propriétés autonettoyantes.

Figure 1. Réseau capillaire nanofibreux inspiré de la peau de lézard combiné à une surface glissante pour une collecte efficace de la buée.

Source : <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsami.1c10067>





4.b Traduisez les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrivez la stratégie sans utiliser de termes biologiques et reliez-la aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Inspiré par les qualités particulières de la peau des lézards, notre produit sera doté d'une surface optimisée pour la régulation de la température et l'absorption de l'humidité. Cette conception innovante permettra au matériau d'absorber et de retenir efficacement l'humidité de l'environnement, améliorant ainsi l'efficacité des ressources et l'hydratation. Des microstructures avancées qui facilitent le transport de l'humidité peuvent être intégrées afin de garantir les performances fiables du produit dans diverses circonstances.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Étape 5 – Imiter

5.a Dressez la liste des informations clés et explorez autant d'idées que possible.

Ce produit visera à améliorer l'efficacité de la collecte de l'humidité en imitant les structures superficielles spécialisées de la peau de lézard. Parmi ses principales caractéristiques, on trouvera une conception texturée qui facilite la condensation des gouttelettes d'eau provenant du brouillard, permettant ainsi une collecte efficace. L'intégration de microstructures et de nanostructures optimisera l'adhérence et la coalescence de l'eau, maximisant ainsi la quantité d'humidité collectée. De plus, le produit sera conçu pour conserver sa durabilité et sa fonctionnalité dans diverses conditions environnementales, garantissant ainsi sa fiabilité pour des applications dans des régions arides ou des zones à forte incidence de brouillard.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les fonctionnalités, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques

- Surface texturée.
- Système de récupération de l'humidité.
- Durabilité.
- Conception légère.

Contexte

- Idéal pour une utilisation dans les zones sujettes au brouillard et les régions arides où les sources d'eau traditionnelles sont limitées.
- Les applications potentielles comprennent les systèmes d'irrigation agricole, les matériaux de construction et les collecteurs d'eau portables.
- Contribue à des pratiques de gestion durable de l'eau en utilisant des sources d'humidité naturelles.

Contraintes

- **Limites liées aux matériaux** : le choix des matériaux doit trouver un équilibre entre durabilité et légèreté afin de garantir la fonctionnalité et la facilité d'utilisation.
- **Installation et maintenance** : la conception doit tenir compte de la facilité d'installation et des exigences minimales en matière de maintenance afin d'encourager une utilisation à grande échelle.
- **Coût de production** : la faisabilité économique est essentielle. La conception doit être rentable à fabriquer et à déployer.

Étape 6 – Évaluer

6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

La meilleure façon d'évaluer si le produit répond aux défis et aux contraintes de conception est de déterminer s'il respecte les paramètres suivants :



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

- **Efficacité de la collecte de l'humidité** : les surfaces texturées inspirées de la peau des lézards sont spécialement conçues pour améliorer la condensation et la coalescence des gouttelettes d'eau provenant du brouillard, garantissant ainsi une efficacité maximale dans la collecte de l'eau.
- **Durabilité environnementale** : cette conception encourage les techniques de gestion durable de l'eau en utilisant le brouillard et la rosée naturels comme sources d'eau, ce qui est essentiel pour les régions souffrant de pénurie d'eau.
- **Adaptabilité** : les filets à brouillard et les collecteurs sont des exemples de concepts légers et portables qui offrent une grande polyvalence de déploiement, ce qui les rend adaptés à toute une série d'environnements et d'applications.

Pour garantir la compatibilité avec les systèmes terrestres, les matériaux doivent provenir de ressources écologiques et durables, afin de minimiser l'impact environnemental. Cela implique de sélectionner des matériaux non toxiques, biodégradables ou recyclables qui préservent à la fois leurs performances et leur intégrité environnementale.

Enfin, en ce qui concerne le modèle technique et commercial, les principes de collecte de l'humidité et d'adaptabilité des matériaux sont réalisables avec les technologies de fabrication existantes, ce qui rend cette conception techniquement faisable. L'intégration de surfaces texturées imitant la peau de lézard peut être mise en œuvre à l'aide de méthodes avancées de fabrication des matériaux.

6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Les exigences du défi de conception peuvent être satisfaites en améliorant les étapes de la conception du système de collecte de brouillard inspiré de la peau de lézard. La fonctionnalité du produit sera améliorée grâce à une itération continue par la recherche, les tests et les retours d'information, tout en veillant à ce qu'il soit conforme aux normes de durabilité et aux exigences du marché. Cette stratégie optimisera sa capacité à répondre efficacement à la pénurie d'eau.

Ressources supplémentaires :

<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsami.1c10067> <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169433216328306>

<https://projects.research-and-innovation.ec.europa.eu/en/projects/success-stories/all/mimicking-lizard-skin-save-energy-industrial-scale>

<https://projects.research-and-innovation.ec.europa.eu/en/projects/success-stories/all/mimicking-lizard-skin-save-energy-industrial-scale>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : s'inspirer des dauphins, capables de communiquer des informations complexes

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. Comment la communication acoustique sous-marine inspirée des dauphins améliore-t-elle la transmission de données dans les environnements sous-marins ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par les adaptations ou les comportements d'un organisme qui lui permettent de survivre. Elles peuvent également faire référence à quelque chose que votre solution de conception doit accomplir. Fonctions clés de la conception ● Transmission longue distance efficace : la conception doit permettre de transmettre des signaux sur de longues distances avec une perte d'énergie minimale. ● Filtrage du bruit et clarté du signal : le système doit maintenir une communication claire dans les environnements bruyants. ● Transmission directionnelle : la conception doit permettre une communication ciblée et directionnelle afin de minimiser le gaspillage d'énergie et d'améliorer la précision, en s'inspirant des techniques d'écholocation des chauves-souris et des dauphins, qui concentrent les ondes sonores vers des points spécifiques. ● Adaptabilité à l'environnement : le système doit s'adapter aux conditions sous-marines variables, en ajustant la puissance et la fréquence du signal selon les besoins, afin de garantir des performances optimales dans différents environnements sous-marins. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment la conception pourrait-elle involontairement améliorer la rétention d'humidité dans les matériaux, entraînant la formation de moisissures et réduisant leur efficacité globale ? Si la conception de la communication sous-marine amplifie involontairement les sons ambiants, cela pourrait rendre plus difficile la distinction entre les signaux pertinents et le bruit de fond. Cela pourrait entraîner une confusion ou une perte des messages, en particulier dans les zones où le niveau sonore naturel est élevé, comme à proximité des récifs coralliens ou des zones de trafic maritime. Au lieu d'une communication claire, les récepteurs pourraient avoir du mal à interpréter les signaux avec précision, ce qui réduirait la fiabilité et l'efficacité du système. En outre, cette amélioration involontaire



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



	Le bruit peut augmenter la consommation d'énergie, car le système compense en augmentant la puissance du signal pour surmonter les interférences.
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Modèles naturels • Les dauphins (écholocation et communication) : les dauphins utilisent l'écholocation et les vocalisations pour communiquer et naviguer sous l'eau, ce qui en fait des modèles idéaux pour une transmission sonore claire et ciblée dans l'eau. • Les baleines (communication à basse fréquence) : les baleines bleues et les baleines à bosse produisent des cris à basse fréquence qui peuvent parcourir de longues distances sous l'eau, ce qui en fait des modèles pour la communication à longue distance. • Les grenouilles (filtrage du bruit dans les chœurs) : les grenouilles vivant dans les zones humides ajustent leurs schémas de cris pour éviter de se chevaucher dans les chœurs communautaires bruyants. • Poissons électriques (communication dans les eaux troubles) : les poissons électriques, comme les anguilles électriques, utilisent des champs électriques pour se déplacer et communiquer dans les eaux brumeuses ou sombres où la visibilité est limitée. • Éléphants (grognements adaptatifs à basse fréquence) : les éléphants communiquent à l'aide de grognements à basse fréquence qui se propagent dans le sol et dans l'air, en ajustant leurs cris en fonction de la distance, du vent et des obstacles. • Crevettes pistolet (communication par claquement de bulles) : les crevettes pistolet communiquent et chassent en claquant leurs pinces pour produire des ondes sonores de haute intensité qui se propagent dans l'eau. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. Sociétés • Wyss Institute for Biologically Inspired Engineering (Université Harvard) : se concentre sur la création de solutions durables grâce au biomimétisme. Les collaborations avec les chercheurs du Wyss Institute peuvent soutenir la conception de systèmes de communication sous-marins écoénergétiques et adaptables inspirés de modèles animaux. • The Center for Biomimicry at Arizona State University : leurs travaux sur les solutions inspirées de la biologie, en particulier dans le domaine des matériaux adaptatifs et des méthodes de communication, pourraient contribuer à la création de technologies de communication adaptables. • Society for Marine Mammalogy : organisation internationale regroupant des experts en mammifères marins, qui propose des conférences, des ateliers et des forums en ligne pour entrer en contact avec des chercheurs de premier plan dans le domaine de la communication des dauphins, des baleines et d'autres animaux marins. • Acoustical Society of America (ASA) : spécialisée dans l'acoustique sous-marine, l'ASA compte parmi ses membres des bioacousticiens et des ingénieurs de renom.



développer de nouvelles technologies acoustiques, idéales pour partager les connaissances sur le filtrage du bruit et le son directionnel dans les environnements aquatiques.

- **Ocean Networks Canada (ONC)** : ce réseau d'observatoires océaniques recueille des données acoustiques provenant des environnements marins, soutenant ainsi la recherche sur la façon dont les animaux utilisent le son pour communiquer. Les ressources de l'ONC pourraient fournir des données réelles et des liens avec des experts qui surveillent les écosystèmes sous-marins.

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, créez un diagramme ou un dessin et/ou trouvez des images qui peuvent éclairer la conception.

Caractéristiques essentielles du produit

- **Transmission longue distance efficace** : les dauphins utilisent la modulation de fréquence adaptative pour transmettre des sons sur de longues distances avec une perte d'énergie minimale. Ce principe permet d'optimiser la puissance et la clarté du signal dans les environnements sous-marins profonds.
- **Filtrage du bruit et clarté du signal** : les dauphins excellent dans la distinction entre leurs vocalisations et le bruit ambiant. Cette capacité peut être reproduite dans notre système afin d'améliorer la clarté de la communication dans des conditions acoustiques difficiles.
- **Projection sonore directionnelle** : le melon du dauphin concentre les ondes sonores dans des directions spécifiques pour une communication ciblée. L'intégration de cette fonctionnalité peut améliorer l'efficacité de la transmission et réduire les interférences.
- **Adaptabilité environnementale** : les dauphins adaptent leur communication en fonction des conditions environnementales changeantes. Concevoir notre système pour qu'il s'adapte à différentes profondeurs et courants améliorera sa fiabilité dans divers environnements aquatiques.

Mots clés

Transmission longue distance, filtrage du bruit, projection directionnelle, adaptabilité environnementale.

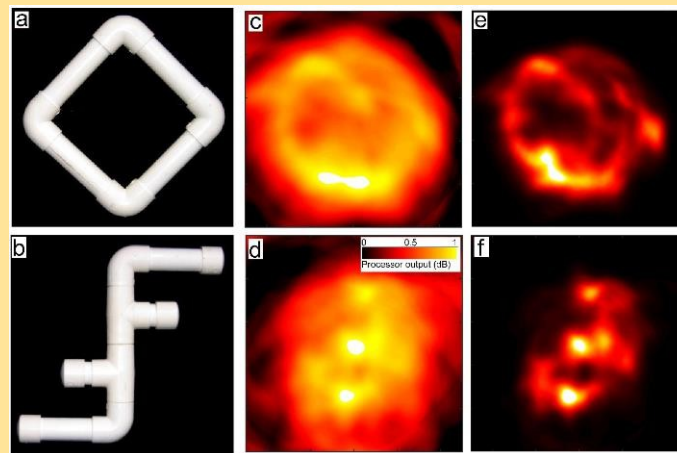


Figure 1. Le traitement tenant compte de la parcimonie produit des visualisations de données biomimétiques sonar plus claires (images e et f) que celles produites par les méthodes d'imagerie conventionnelles



(images c et d). Les objets originaux sont visibles dans a et b.

Source : <https://news.nus.edu.sg/dolphin-inspired-compact-sonar/>

4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Notre produit sera doté d'un système conçu pour la transmission à longue distance et la clarté du signal, s'inspirant des capacités de communication exceptionnelles des dauphins. Une modulation de fréquence adaptative sera utilisée dans la conception afin de minimiser la consommation d'énergie et de garantir une communication efficace sur de longues distances sous-marines. Afin d'améliorer la clarté des signaux transmis dans des environnements acoustiques difficiles, des algorithmes sophistiqués seront utilisés pour filtrer les bruits de fond. De plus, une communication ciblée sera possible grâce à une technologie de projection sonore focalisée, qui réduira également les interférences et augmentera l'efficacité de la transmission. Cette approche innovante garantira des performances fiables dans diverses conditions sous-marines, permettant des interactions fluides dans les environnements en eaux profondes.

Étape 5 – Émuler

5.a Répertoriez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

Ce produit donnera la priorité à l'amélioration de la communication sous-marine en s'inspirant des mécanismes sonores sophistiqués utilisés par les dauphins. L'une des principales caractéristiques sera un système qui modifie dynamiquement l'intensité et la fréquence des sons, permettant une communication longue distance efficace tout en consommant moins d'énergie. Des techniques de filtrage avancées seront mises en œuvre pour isoler et améliorer des signaux spécifiques, garantissant ainsi la clarté dans les environnements où le bruit de fond est élevé. Afin de diriger précisément les signaux et de réduire les interférences dues au bruit ambiant, la conception inclura également des capacités de transmission sonore ciblée. Ce système de communication sera conçu pour être durable et résistant dans diverses conditions sous-marines, garantissant ainsi un fonctionnement fiable dans divers environnements marins.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques

- Modulation de fréquence adaptative.
- Filtrage avancé du bruit.
- Projection sonore directionnelle.
- Réponse environnementale en temps réel.

Contexte

- Conçu pour être utilisé dans divers environnements aquatiques, notamment en haute mer, dans les zones côtières et dans les environnements très bruyants.
- Convient aux plongeurs, aux chercheurs marins, aux équipes d'étude sous-marine et aux opérations de sauvetage nécessitant une communication fiable.
- Permet de relever les défis liés à une communication efficace dans des environnements bruyants



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



et sur de longues distances, améliorant ainsi la sécurité et la coordination.

Contraintes

- **Conditions environnementales** : le système doit fonctionner de manière fiable dans des conditions variables de température de l'eau, de profondeur et de courant.
- **Autonomie de la batterie et efficacité énergétique** : il doit privilégier une faible consommation d'énergie afin de prolonger la durée de fonctionnement et de minimiser le remplacement des batteries.
- **Durabilité** : il doit résister aux conditions marines, notamment à la corrosion, à la pression et aux impacts potentiels de la faune marine ou des débris.
- **Convivialité** : l'interface doit être intuitive et facile à utiliser pour les utilisateurs ayant différents niveaux d'expertise technique, afin d'en garantir l'accessibilité.

Étape 6 – Évaluer

6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

Dans l'ensemble, les concepts de conception proposés répondent aux exigences et aux contraintes du défi de conception et répondent efficacement aux exigences essentielles de la communication sous-marine. Leur attrait est renforcé par leurs pratiques durables, qui les rendent compatibles avec les systèmes terrestres. Pour surmonter les obstacles initiaux liés au développement et à la production, un plan d'affaires solide et une réflexion approfondie sur les complexités techniques sont nécessaires pour une mise en œuvre réussie. La survie et le succès à long terme dans ce secteur de communication de pointe dépendront d'une analyse et d'une adaptation continues du marché.

6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Afin de développer un système de communication sous-marine pratique inspiré des dauphins, nous nous concentrerons sur l'amélioration d'idées de conception importantes telles que la projection sonore directionnelle compacte pour réduire les interférences, l'amélioration du filtrage du bruit avec personnalisation par l'utilisateur pour plus de clarté dans divers environnements, et la modulation de fréquence adaptative simplifiée pour une transmission longue distance efficace. Une approche modulaire de la réponse environnementale en temps réel permettra aux utilisateurs d'ajouter des capteurs selon leurs besoins. Afin de garantir la viabilité économique, nous donnerons la priorité au contrôle des coûts et, lorsque cela sera possible, nous utiliserons des composants disponibles dans le commerce et des matériaux durables et respectueux de l'environnement. L'efficacité du système sera confirmée par des interactions avec des utilisateurs potentiels via des enquêtes et des collaborations avec des organismes de recherche marine. Grâce à une procédure de test itérative, nous espérons améliorer le produit en fonction des commentaires des utilisateurs, pour aboutir à un lancement progressif qui mettra l'accent sur son efficacité et sa sécurité.

Ressources supplémentaires :

<https://www.nature.com/articles/s44172-022-00010-x> <https://asknature.org/innovation/underwater-acoustic-communication-inspired-by-dolphins/>

<https://news.nus.edu.sg/dolphin-inspired-compact-sonar/>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : inspiration tirée des yeux des papillons de nuit

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment la structure absorbant la lumière des yeux des papillons de nuit peut-elle améliorer la sensibilité de l'appareil photo dans des conditions de faible luminosité ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par les adaptations ou les comportements d'un organisme qui lui permettent de survivre. Elles peuvent également faire référence à quelque chose que votre solution de conception doit accomplir. Fonctions clés de la conception ● Absorption améliorée de la lumière : la conception doit maximiser la capture de la lumière, en particulier dans des conditions de faible luminosité, afin d'améliorer la sensibilité, en s'inspirant des microstructures des yeux des papillons de nuit qui absorbent efficacement la lumière ambiante. ● Réduction des reflets : il doit minimiser les reflets de surface afin de réduire l'éblouissement et d'améliorer la clarté de l'image, en imitant les propriétés antireflets des yeux des papillons de nuit qui empêchent la lumière de rebondir. ● Haute résolution en basse lumière : il doit permettre une imagerie claire et haute résolution, même dans des environnements sombres, à l'instar des animaux nocturnes qui se sont adaptés pour voir avec une grande netteté dans la quasi-obscurité. ● Adaptabilité à l'environnement : il doit s'adapter à différentes conditions d'éclairage pour maintenir des performances optimales, en s'inspirant des mécanismes d'adaptation des animaux qui prospèrent dans des niveaux de lumière variables. 2.C Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. De quelle manière la conception pourrait-elle involontairement provoquer un rebond excessif de la lumière, entraînant un éblouissement qui diminue la qualité de l'image dans les environnements sombres ? Les fonctions de la conception pourraient être envisagées de manière opposée en privilégiant la réflexion de la lumière plutôt que son absorption, ce qui serait utile pour les applications nécessitant une grande visibilité, comme les équipements de sécurité. Elle pourrait également créer intentionnellement des reflets afin de diffuser la lumière pour obtenir des effets spécifiques ou dissuasifs. Plutôt que d'améliorer la résolution en basse lumière, la conception pourrait réduire la résolution dans des environnements lumineux afin d'éviter la surexposition, en optimisant plutôt les conditions de lumière stable et intense.
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Modèles naturels

- **Les yeux des papillons de nuit** : les papillons de nuit ont des yeux microstructurés qui minimisent la réflexion et maximisent l'absorption de la lumière, ce qui les aide à se déplacer dans des conditions de faible luminosité.
- **Animaux nocturnes** : comme les chouettes et les chats, ils possèdent une rétine dotée de nombreux bâtonnets, ce qui leur permet de voir clairement dans l'obscurité, souvent aidés par une couche réfléchissante.
- **Poissons des profondeurs** : des espèces telles que les baudroies et les poissons-lanternes ont des yeux adaptés qui détectent la lumière minimale dans les environnements océaniques profonds, ce qui leur permet de chasser efficacement.
- **Les lucioles** : ces insectes utilisent la bioluminescence pour produire une lumière visible leur permettant de communiquer dans un environnement sombre.
- **Scorpions** : les scorpions sont fluorescents sous la lumière ultraviolette, ce qui améliore leur visibilité dans les habitats sombres et les aide à détecter leurs proies.

3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. Sociétés

- **Society for Integrative and Comparative Biology (SICB)** : cette organisation offre une plateforme de réseautage avec des biologistes spécialisés dans les adaptations évolutives et la biologie sensorielle, facilitant ainsi les contacts avec des experts pouvant apporter leur expertise sur les adaptations à la vision dans des conditions de faible luminosité.
- **Association américaine pour l'avancement des sciences (AAAS)** : cette organisation encourage la collaboration entre scientifiques et ingénieurs. Ses conférences et forums offrent la possibilité de rencontrer des chercheurs de premier plan dans le domaine de l'optique et des systèmes visuels.
- **Société pour la science et la technologie photographiques (SPST)** : cette société se concentre sur les aspects scientifiques de la photographie et des technologies d'imagerie, offrant un accès à des experts qui peuvent partager leurs connaissances sur l'amélioration de la clarté des images dans des environnements à faible luminosité.
- **Société internationale d'ingénierie optique (SPIE)** : elle met en relation des professionnels des domaines de l'optique et de la photonique, ce qui en fait une ressource précieuse pour nouer des contacts avec des experts en technologies d'imagerie et en systèmes sensoriels inspirés de la nature.

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent éclairer la conception.

Caractéristiques essentielles du produit

- **Absorption lumineuse améliorée** : les yeux des papillons de nuit ont des surfaces microstructurées qui maximisent la capture de la lumière, en particulier dans des conditions de faible luminosité. Ce principe peut être appliqué pour améliorer la sensibilité et les performances de notre système d'imagerie dans des environnements sombres.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

- **Réflexion minimisée** : la conception des yeux des papillons de nuit réduit la réflexion de la lumière, permettant une vision plus claire. Notre système peut imiter cette caractéristique afin de réduire l'éblouissement et d'améliorer la clarté de l'image dans divers scénarios d'éclairage.
- **Haute sensibilité en basse lumière** : les yeux des papillons de nuit sont adaptés pour détecter même les plus petites quantités de lumière. L'intégration de mécanismes similaires permettra à notre système d'atteindre une haute résolution et une grande sensibilité dans des conditions d'obscurité.
- **Adaptabilité à l'environnement** : les papillons de nuit peuvent ajuster leurs capacités visuelles en fonction des conditions d'éclairage changeantes. Concevoir notre système d'imagerie pour qu'il s'adapte à différents niveaux d'éclairage améliorera sa fonctionnalité dans différents environnements.

Mots-clés

Absorption de la lumière, réflexion minimisée, haute sensibilité et adaptabilité à l'environnement.

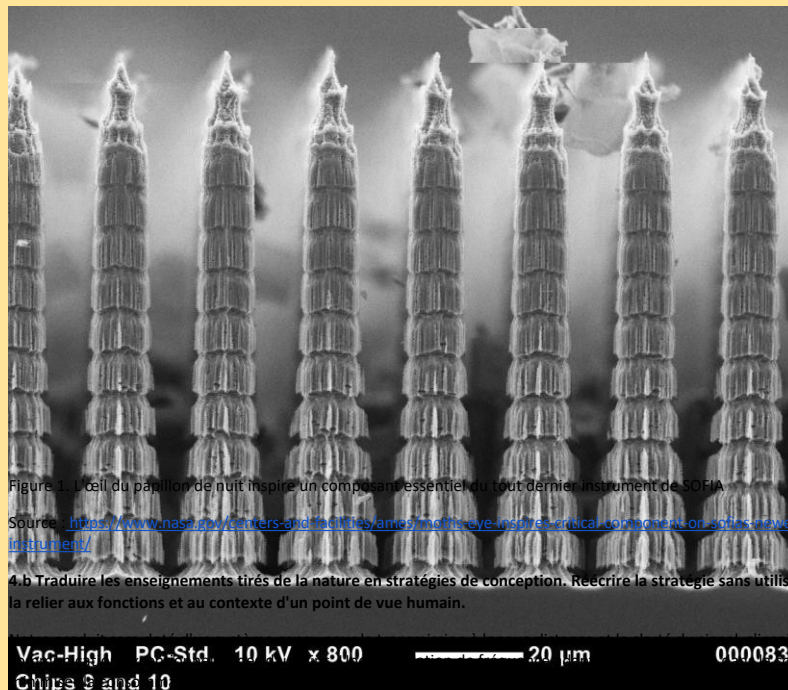


Figure 1. L'œil du papillon de nuit inspire un composant essentiel du tout dernier instrument de SOFIA.

Source : <https://www.nasa.gov/centers-and-facilities/ames/moth-eye-inspired-optical-components-on-sofia-slowest-instrument/>

4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

ant des capacités de
ception afin de



longues distances sous-marines. Afin d'améliorer la clarté des signaux transmis dans des environnements acoustiques complexes, des algorithmes sophistiqués seront utilisés pour filtrer les bruits de fond. De plus, une communication ciblée sera possible grâce à une technologie de projection sonore focalisée, qui réduira également les interférences et augmentera l'efficacité de la transmission. Cette stratégie novatrice garantira des performances fiables dans diverses conditions sous-marines, permettant des interactions fluides dans les environnements en eaux profondes.

Étape 5 – Imiter

5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

S'inspirant de phénomènes naturels, tels que les yeux des papillons de nuit pour augmenter l'absorption de la lumière et réduire la réflexion, les animaux nocturnes pour leur haute sensibilité, les lucioles pour leur bioluminescence et les dauphins pour leur projection sonore focalisée, la conception vise à améliorer la sensibilité et la clarté des systèmes d'imagerie à faible luminosité. L'adaptabilité aux conditions d'éclairage changeantes, la réduction de l'éblouissement, les performances haute résolution en basse lumière et la capture efficace de la lumière sont des caractéristiques essentielles. Les idées proposées comprennent l'utilisation de revêtements à micro-motifs pour améliorer la capture de la lumière, la mise en œuvre de capteurs avancés imitant la rétine nocturne, le développement de revêtements anti-éblouissement, la création de systèmes avec réglages d'éclairage dynamiques, l'intégration d'éléments bioluminescents pour un éclairage supplémentaire, la conception d'un système modulaire pour la personnalisation, l'utilisation de l'apprentissage automatique pour optimiser les paramètres, l'intégration de l'imagerie multispectrale, l'amélioration des interfaces utilisateur pour les commandes manuelles et automatisées. L'objectif de cette approche globale est de développer des solutions pratiques d'imagerie en basse lumière qui répondent aux besoins humains.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques :

- Absorption lumineuse améliorée.
- Réflexion minimisée.
- Haute sensibilité en basse lumière.
- Technologie adaptative.
- Conception modulaire.

Contexte

- Convient à la photographie nocturne, à l'observation de la faune sauvage, à l'exploration sous-marine et à d'autres scénarios où les conditions de faible luminosité constituent un défi.
- Les utilisateurs cibles comprennent les photographes, les chercheurs et les équipes de sauvetage qui ont besoin de capacités d'imagerie fiables dans des environnements sombres ou mal éclairés.

Contraintes



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



- **Contraintes environnementales** : la conception doit fonctionner efficacement dans diverses conditions, notamment dans des environnements sous-marins, à différentes profondeurs et sous des niveaux de luminosité variables.
- **Faisabilité technique** : s'assurer que les technologies innovantes peuvent être intégrées dans une conception compacte et légère qui reste pratique pour les utilisateurs.
- **Considérations financières** : trouver le juste équilibre entre l'intégration de fonctionnalités avancées et un prix abordable afin de rendre la technologie accessible à un plus large éventail d'utilisateurs.
- **Efficacité énergétique** : optimiser la consommation d'énergie afin de garantir que le système puisse fonctionner pendant de longues périodes, en particulier dans les environnements isolés où les sources d'énergie sont limitées.

Étape 6 – Évaluer

6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

Les concepts de conception proposés, inspirés de la technologie de l'œil de papillon, répondent bien aux critères d'amélioration de la sensibilité et de la clarté des systèmes d'imagerie à faible luminosité. Des fonctionnalités telles que les revêtements microstructurés pour l'absorption de la lumière et les surfaces antireflets pour la réduction de l'éblouissement sont techniquement réalisables, grâce aux progrès de la science des matériaux et des technologies de capteurs existantes. De plus, la technologie adaptative permettant des réglages automatiques et la conception modulaire offrant une grande personnalisation améliorent la facilité d'utilisation tout en répondant à la diversité du marché. Ces concepts privilégient la durabilité et l'efficacité énergétique, ce qui les rend compatibles avec les objectifs environnementaux. La demande croissante de solutions d'imagerie avancées dans les domaines de la photographie, de l'observation de la faune sauvage et des opérations de sauvetage laisse entrevoir un modèle commercial prometteur, à condition que la gestion des coûts et l'efficacité de la production soient efficacement prises en compte. Dans l'ensemble, ces concepts sont viables et présentent un fort potentiel de réussite sur le marché.

6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de générer une solution viable.

Pour créer un système d'imagerie viable en basse lumière inspiré de la technologie de l'œil de papillon de nuit, il est essentiel d'affiner les étapes précédentes en fonction des conclusions de l'évaluation. Tout d'abord, recherchez les avancées en matière de revêtements microstructurés pour une absorption efficace de la lumière et explorez les technologies antireflets pour garantir la clarté. Identifiez les technologies de capteurs optimales qui équilibrent la sensibilité, la taille et l'efficacité énergétique, tout en simplifiant l'intégration des fonctionnalités adaptatives pour une plus grande convivialité. Enfin, itérez la conception en créant des prototypes et en les testant auprès des utilisateurs afin d'affiner les fonctionnalités, en veillant à ce que le produit final réponde aux besoins des utilisateurs et aux exigences du marché pour garantir son succès.

Ressources supplémentaires :

<https://techcrunch.com/2016/12/20/moth-eyes-inspired-the-design-of-this-hypersensitive-camera/>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : matériau inspiré de l'ours polaire

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. Comment la structure creuse et isolante de la fourrure de l'ours polaire peut-elle inspirer le développement d'un isolant léger et hautement efficace pour les environnements extrêmement froids ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par les adaptations ou les comportements d'un organisme qui lui permettent de survivre. Elles peuvent également faire référence à quelque chose que votre solution de conception doit accomplir. Fonctions clés de la conception ● Rétention de la chaleur : la conception doit permettre de retenir efficacement la chaleur afin de maintenir la chaleur dans des conditions froides. ● Structure légère : l'isolation doit être légère afin de faciliter la mobilité et l'utilisation. ● Durabilité et adaptabilité : le matériau doit résister à des environnements difficiles tout en conservant ses propriétés isolantes au fil du temps. 2.c Inversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment une isolation qui emprisonne trop de chaleur peut-elle entraîner une sensation d'inconfort et une surchauffe dans des environnements modérément froids ? La structure creuse de la fourrure des ours polaires emprisonne l'air, créant une couche isolante qui minimise les pertes de chaleur dans le froid extrême. Cela permet aux ours polaires de conserver efficacement leur chaleur sans avoir besoin d'une fourrure épaisse et lourde. Cependant, une isolation sans ce type de structure emprisonnant l'air pourrait ne pas retenir efficacement la chaleur, laissant la personne qui la porte vulnérable au froid. Par exemple, une isolation fabriquée à partir de matériaux solides et denses pourrait ne pas disposer de suffisamment de poches d'air, augmentant ainsi le volume sans fournir une chaleur adéquate. En ce sens, pour maximiser l'efficacité thermique dans les environnements froids, la conception de l'isolation devrait intégrer des caractéristiques creuses emprisonnant l'air, inspirées de la fourrure des ours polaires.
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.



Étape 4 – Résumé

Modèles naturels

- **Fourrure d'ours polaire** : connue pour ses poils creux et translucides, la fourrure d'ours polaire est un excellent modèle pour retenir la chaleur et réduire les pertes thermiques.
- **Fourrure de renard arctique** : épaisse et stratifiée pour offrir une isolation à des températures inférieures à zéro, la fourrure du renard arctique illustre la fonction d'isolation multicouche.
- **Duvet d'oiseau** : la structure du duvet, qui emprisonne l'air près du corps, constitue un autre modèle d'isolation thermique légère et efficace.

3.b Identifier les experts et entrer en contact avec les communautés de biologistes et de naturalistes.

Pour approfondir les liens avec les experts et les communautés concernés par l'isolation inspirée des ours polaires, nous devons prendre en considération un large éventail de professionnels et d'organisations issus de domaines tels que la zoologie, la bio-ingénierie, les sciences environnementales et la conception durable.

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

La fourrure de l'ours polaire a évolué pour offrir une isolation et une adaptabilité exceptionnelles dans les conditions extrêmes de l'Arctique. Les fonctions essentielles de cette stratégie biologique tournent autour de la rétention de la chaleur, de la légèreté de la structure et de la durabilité. Voici les principaux éléments :

- **Structure creuse des poils** : chaque poil est creux, emprisonnant l'air à l'intérieur et créant une barrière thermique qui minimise les pertes de chaleur.
- **Fourrure translucide aux propriétés réfléchissantes** : la fourrure translucide laisse passer la lumière du soleil jusqu'à la peau noire de l'ours, qui absorbe efficacement la chaleur, créant ainsi une source secondaire de chaleur.
- **Une fourrure dense à plusieurs couches pour une meilleure protection** : la fourrure comporte deux couches, un sous-poil dense et une couche externe plus longue. Cette structure à plusieurs couches offre une isolation supplémentaire et protège l'ours du froid extrême et du vent.
- **Résistance à l'eau** : la fourrure repousse l'eau, ce qui aide l'ours à rester au sec et à conserver sa chaleur corporelle même après avoir nagé dans des eaux glacées.

Mots-clés

Structure creuse des poils, fourrure translucide, isolation en couches, résistance à l'eau.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.

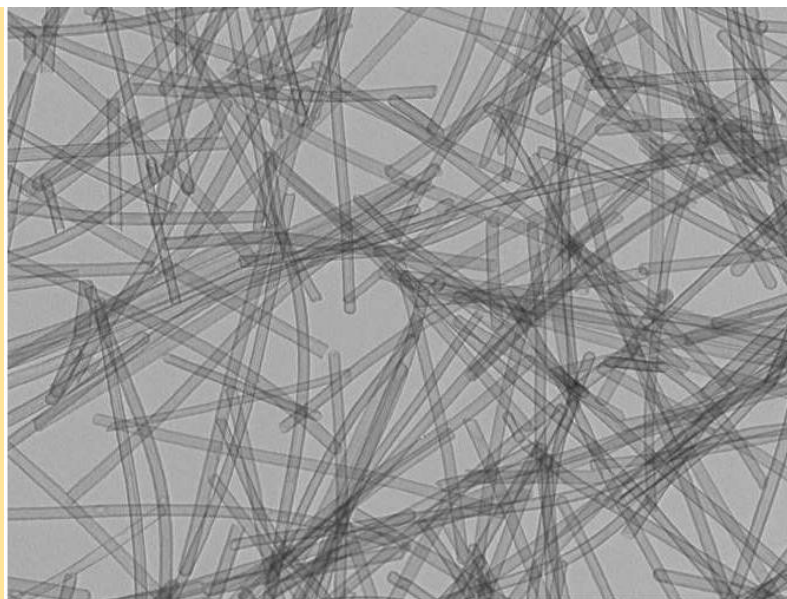


Figure 1. Microscopie électronique de l'aérogel à tubes de carbone creux bioinspiré.

Source : <https://phys.org/news/2019-06-polar-bear-inspired-material-insulation.html>

4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Pour traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception efficaces, concentrez-vous sur l'optimisation de l'efficacité thermique en développant des matériaux qui emprisonnent la chaleur et réduisent la consommation d'énergie, garantissant ainsi des espaces de vie confortables. Optimisez la réflexion de la lumière avec des surfaces qui minimisent l'absorption de chaleur, améliorant ainsi l'efficacité énergétique et réduisant les besoins en climatisation. Intégrez des textures multifonctionnelles qui offrent des avantages tels qu'une meilleure isolation et un attrait esthétique, et concevez des matériaux dotés de propriétés adaptatives qui changent de caractéristiques en fonction des conditions environnementales afin de maintenir le confort dans des climats variés. La mise en œuvre de ces stratégies dans les bâtiments résidentiels, commerciaux et publics peut améliorer considérablement l'efficacité énergétique et la qualité de vie globale des occupants.

5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

Pour créer des stratégies de conception efficaces inspirées de la nature, il faut donner la priorité à des concepts clés tels que la maximisation de l'efficacité thermique grâce à des matériaux innovants qui emprisonnent la chaleur et réduisent la consommation d'énergie, ainsi que l'optimisation de la réflexion de la lumière grâce à des surfaces qui minimisent l'absorption de chaleur. En outre, l'expérimentation de textures polyvalentes peut améliorer à la fois la fonctionnalité et l'apparence, et les matériaux dotés de qualités adaptatives permettent une adaptation en temps réel aux conditions environnementales changeantes, garantissant ainsi le confort dans une gamme de climats variés. La recherche de nouveaux matériaux composites, le développement de panneaux isolants modulaires et la conception de façades de bâtiments avec des revêtements réfléchissants sont quelques idées pour de futures recherches. Ces tactiques seront renforcées par l'intégration de technologies intelligentes, l'utilisation de matériaux recyclés et durables et l'accent mis sur une conception centrée sur l'utilisateur.

Étape 5 – Imiter

5.b Classez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques

- Efficacité thermique.
- Réflexion de la lumière.
- Textures multifonctionnelles.
- Propriétés adaptatives.

Contexte

- Mise en œuvre dans les bâtiments résidentiels, commerciaux et publics pour améliorer l'efficacité énergétique et le confort.
- Utilisation de matériaux dans le mobilier et les revêtements muraux pour améliorer le confort des utilisateurs et l'esthétique.
- Priorité aux matériaux et processus respectueux de l'environnement dans la construction et la conception.

Contraintes

- **Disponibilité des matériaux** : limitations concernant l'approvisionnement en matériaux innovants et leur coût.
- **Normes réglementaires** : conformité aux codes de construction et aux réglementations en matière d'efficacité énergétique.
- **Préférences des utilisateurs** : prise en compte des différents besoins en matière de confort et des choix esthétiques des différents groupes d'utilisateurs.
- **Variabilité climatique** : adaptabilité à différentes conditions environnementales et régions.

Étape 6 – Évaluer

6.a Évaluer les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

La manière la plus efficace d'évaluer si les concepts proposés répondent aux défis et aux contraintes de conception consiste à les évaluer par rapport aux paramètres suivants : efficacité thermique, réflexion de la lumière, adaptabilité aux changements environnementaux et attrait esthétique. Les conceptions doivent améliorer l'efficacité énergétique et le confort des utilisateurs tout en favorisant la durabilité et en minimisant l'impact environnemental. Tous les matériaux utilisés doivent être non toxiques, respectueux de l'environnement et durables, et répondre aux normes de performance pour diverses applications, y compris dans les environnements résidentiels et commerciaux.

En termes de compatibilité avec les systèmes terrestres, l'utilisation de matériaux traditionnels peut susciter des inquiétudes en matière de pollution et de déchets. Idéalement, les concepts de conception devraient intégrer des matériaux renouvelables ou recyclables afin de réduire leur empreinte écologique et de favoriser une gestion durable des ressources.

En ce qui concerne la faisabilité du modèle technique et commercial, le succès des panneaux isolants modulaires et des façades réfléchissantes dépend de leurs performances et de l'innovation en matière de matériaux. La demande du marché pour des solutions de construction écoénergétiques est en hausse, mais les consommateurs accordent de plus en plus d'importance à la durabilité. Par conséquent, un modèle commercial réussi doit mettre en avant des pratiques respectueuses de l'environnement tout en équilibrant les performances et la rentabilité des différents concepts.

6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Après avoir identifié les panneaux isolants modulaires et les façades réfléchissantes comme concepts de conception, nous nous sommes concentrés sur leur potentiel d'amélioration de l'efficacité thermique et des économies d'énergie. Les stratégies clés ont consisté à utiliser des matériaux avancés et respectueux de l'environnement ainsi que des revêtements innovants afin d'améliorer les performances et la durabilité. En intégrant des matériaux adaptatifs intelligents à des capteurs rentables pour la surveillance environnementale en temps réel et en développant des revêtements muraux multifonctionnels à partir de textiles durables, nous avons réussi à traduire ces idées en une approche de conception cohérente qui privilégie la facilité d'utilisation, le confort et la durabilité tout en répondant aux normes modernes d'efficacité énergétique.

Ressources supplémentaires :

<https://phys.org/news/2019-06-polar-bear-inspired-material-insulation.html> <https://projects.cot.com/2020/07/engineer-creates-insulation-inspired-by-polar-bear-fur/> <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213138822002570>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenus responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : les coléoptères qui boivent l'eau contenue dans l'air

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	
Description	
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment les coléoptères vivant dans des environnements arides extraient-ils l'eau de l'air pour survivre dans des conditions extrêmes ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Fonctions clés de la conception : ● Collecte d'eau : capturer efficacement l'humidité du brouillard ou de l'air humide. ● Transport de l'eau : acheminer l'eau collectée vers un lieu de stockage ou d'utilisation. ● Efficacité énergétique : Utiliser des méthodes passives pour collecter l'eau sans recourir à des sources d'énergie externes. Contextes biologiques ● Collecte de l'humidité : des bosses hydrophiles condensent la vapeur d'eau en gouttelettes. ● Transport de l'eau : des rainures hydrophobes dirigent l'eau vers un point de collecte central. ● Efficacité énergétique : condensation passive due au flux d'air naturel et à l'humidité. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment les organismes dans la nature capturent-ils, transportent-ils et stockent-ils passivement l'eau dans les environnements arides ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Fonction Récupération passive de l'eau dans les conditions arides Modèles naturels ● Coléoptère du désert du Namib : utilise une combinaison de bosses hydrophiles et de rainures hydrophobes pour collecter l'eau. ● Cactus : utilisent leurs crêtes et leurs épines pour capter la rosée et le brouillard et les acheminer vers leurs racines.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



- **Lichens et mousses** : absorbent l'humidité directement de l'air grâce à l'action capillaire.

3.b Identifier des experts et entrer en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. Experts

- **Universités et instituts de recherche** :
 - Laboratoire de collecte de brouillard du MIT : se concentre sur les technologies de collecte d'eau inspirées des processus naturels.
 - Département de zoologie de l'université d'Oxford : étudie les adaptations biomimétiques des organismes du désert.
- **Communautés professionnelles**
 - Biomimicry Institute : met en relation des innovateurs et des chercheurs qui étudient des solutions naturelles de collecte de l'eau.
 - International Water Association : propose des recherches sur les pratiques durables de gestion de l'eau.

Se connecter aux communautés

- **Forums et groupes en ligne**
 - ResearchGate : échangez avec des scientifiques spécialisés dans les matériaux et des experts en biomimétisme qui étudient les surfaces permettant de capter l'eau.
 - Groupes LinkedIn : participez à des discussions sur les technologies durables et la conception biomimétique.
- **Organisations et événements locaux**
 - **Conférences sur la gestion de l'eau** : découvrez les avancées en matière de collecte du brouillard et d'efficacité hydrique.
 - **Ateliers sur le biomimétisme** : réseautez avec des professionnels travaillant sur des solutions bio-inspirées pour l'eau.

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Fonctions essentielles et mots clés

1. Collecte d'eau

- **Mots clés** : condensation, capture de l'humidité, collecte du brouillard.
- **Modèle naturel** : scarabée du désert du Namib.
- **Fonction** : attirer et condenser la vapeur d'eau en gouttelettes.

2. Transport de l'eau

- **Mots clés** : Canalisation, écoulement directionnel, rainures hydrophobes
- **Modèle naturel** : rainures de la carapace du scarabée, crêtes des cactus
- **Fonction** : canaliser l'eau collectée vers un point central de stockage ou d'utilisation.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Étape 5 – Imiter

3. Efficacité énergétique

- **Mots clés** : processus passif, durabilité, aucune énergie externe
- **Modèle naturel** : collecte passive de l'eau par les coléoptères
- **Fonction** : récolter l'eau sans recourir à des méthodes énergivores.

4.b Traduire les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Collecte d'eau

- Stratégie de conception : utiliser des matériaux combinant des propriétés hydrophiles et hydrophobes pour condenser et collecter l'eau présente dans l'air.

Transport de l'eau

- Stratégie de conception : intégrer des rainures ou des canaux pour acheminer efficacement l'eau collectée vers une zone de stockage.

Efficacité énergétique

- Stratégie de conception : concevoir des systèmes qui collectent passivement l'eau en utilisant les conditions environnementales telles que le vent et l'humidité.

« L'émulation est un processus exploratoire qui vise à saisir une « recette » ou un « modèle » dans l'exemple de la nature qui peut être reproduit dans nos propres conceptions. »

<https://toolbox.biomimicry.org/methods/emulate/>

5.a Répertoriez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

1. Collecte d'eau

- Développez des filets anti-brouillard avec des matériaux hydrophiles et hydrophobes pour améliorer la collecte de l'eau.
- Créez des façades de bâtiments qui imitent les carapaces des coléoptères pour collecter l'eau en milieu urbain.

2. Transport de l'eau

- Intégrez des canaux dans les surfaces afin de diriger l'eau collectée vers des réservoirs.
- Concevoir des rainures autonettoyantes pour maintenir l'efficacité au fil du temps.

3. Efficacité énergétique

- Utilisez des techniques de refroidissement passif pour améliorer la condensation dans les climats chauds et arides.
- Concevez des systèmes qui fonctionnent sans électricité, idéaux pour les endroits isolés.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

1. Caractéristiques

- Collecte d'eau



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

Étape 6 – Évaluer

- ☐ Bosses superhydrophiles pour condenser l'eau.
- ☐ Canaux hydrophobes pour une formation efficace des gouttelettes d'eau.

- **Transport de l'eau**

- ☐ Rainures qui guident l'eau vers des réservoirs.
- ☐ Revêtements autonettoyants pour maintenir la fonctionnalité.

- **Efficacité énergétique**

- ☐ Processus de condensation passive.
- ☐ Intégration d'un flux d'air naturel pour améliorer la capture de l'eau.

2. Contexte

- **Utilisateurs cibles**

- ☐ Les communautés des régions arides ont besoin de solutions durables en matière d'eau.
- ☐ Les industries à la recherche de systèmes de collecte d'eau respectueux de l'environnement.

- **Applications**

- ☐ Systèmes de collecte d'eau pour les maisons et les bâtiments.
- ☐ Dispositifs portables de collecte de brouillard pour l'agriculture ou l'usage personnel.

3. Contraintes

- **Limites techniques**

- ☐ Équilibre entre durabilité et efficacité des matériaux utilisés pour la collecte d'eau.
- ☐ Adaptation des conceptions aux différents niveaux d'humidité.

- **Considérations financières**

- ☐ Garantir l'accessibilité financière pour les communautés à faibles revenus.
- ☐ Augmenter la production sans nuire à l'environnement.

- **Impact environnemental**

- ☐ Utilisation de matériaux durables et biodégradables.
- ☐ Réduire au minimum les perturbations écologiques lors du déploiement.

6.a Évaluer le ou les concepts de conception par rapport à leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

La solution de collecte d'eau inspirée des coléoptères répond bien au défi de conception en abordant les questions de durabilité, de fonctionnalité passive et d'efficacité. Les principaux défis techniques consistent à garantir la durabilité et à adapter les conceptions à des conditions environnementales variables. Le modèle commercial peut tirer parti de partenariats avec des ONG et des gouvernements axés sur l'accès à l'eau dans les régions arides.

6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Les améliorations comprennent



- Tester différentes combinaisons de matériaux afin d'optimiser la collecte et le transport de l'eau.
- Développer des conceptions modulaires pour faciliter l'installation et l'évolutivité.
- Intégrer les commentaires des communautés cibles afin de garantir la facilité d'utilisation et la pertinence.

En affinant ces aspects, le système de collecte d'eau inspiré des coléoptères peut fournir une solution durable et accessible pour les environnements souffrant de pénurie d'eau, afin d'améliorer les conditions de vie et de préserver les ressources à l'échelle mondiale.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : nom de la solution

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	
Description	
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. Comment les os se réparent-ils lorsqu'ils sont endommagés, avec une intervention externe minimale ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Fonctions clés de la conception ● Auto-réparation : détecter et réparer les fissures dans les structures en béton sans intervention humaine. ● Intégrité structurelle : restaurer la résistance et empêcher d'autres dommages ou effondrements. ● Durabilité : réduire le besoin d'entretien fréquent et de remplacement des matériaux. Contextes biologiques ● Détection des dommages : imiter la signalisation chimique utilisée par les cellules osseuses pour identifier les fissures. ● Formation d'échafaudages : utiliser des agents intégrés qui forment une structure pour soutenir les réparations. ● Dépôt minéral : intégrer des matériaux qui reproduisent le processus de minéralisation osseuse. 2.C Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment les organismes naturels s'auto-réparent-ils tout en conservant leur fonctionnalité et leur efficacité ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Fonction Auto-réparation passive pour restaurer l'intégrité structurelle. Modèles naturels ● Os : réparation des fractures à l'aide d'un processus en trois étapes comprenant la signalisation, la formation d'un échafaudage et le dépôt minéral.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

- **Écorce d'arbre** : se répare en scellant les blessures avec de nouvelles couches, empêchant ainsi d'autres dommages.
- **Coquillages** : reconstruisent les zones endommagées en déposant des couches de carbonate de calcium.

3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. Experts

- **Universités et instituts de recherche**
 - Harvard Wyss Institute : mène des recherches sur les matériaux biomimétiques inspirés des processus naturels.
 - Université technologique de Delft : spécialisée dans le béton auto-cicatrisant et les matériaux de construction durables.
- **Communautés professionnelles**
 - American Concrete Institute (ACI) : discute des avancées dans le domaine de la technologie du béton.
 - Biomimicry Institute : met en relation des experts travaillant sur des matériaux auto-cicatrisants inspirés de la nature.

Rejoignez les communautés

- **Forums et groupes en ligne**
 - **ResearchGate** : échangez avec des scientifiques spécialisés dans les matériaux et des chercheurs en biomimétisme.
 - **Groupes LinkedIn** : participez à des discussions sur les matériaux innovants et la durabilité.
- **Organisations et événements locaux**
 - **Conférences sur les technologies de construction** : découvrez les dernières avancées en matière de solutions concrètes.
 - **Ateliers sur le biomimétisme** : échangez avec des experts en conception bio-inspirée.

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Fonctions essentielles et mots clés :

1. Auto-réparation

- **Mots clés** : réparation, passif, détection.
- **Modèle naturel** : les os.
- **Fonction** : détecter et réparer automatiquement les fissures afin de restaurer la résistance structurelle.

2. Formation d'échafaudages

- **Mots clés** : soutien, charpente, renforcement.

Étape 5 – Imiter

- **Modèle naturel** : structure fibreuse des os.
- **Fonction** : créer une structure temporaire pour réparer les dommages.

3. Dépôt minéral

- **Mots clés** : résistance, durabilité, restauration.
- **Modèle naturel** : dépôt de calcium et de phosphate dans les os.
- **Fonction** : combler les fissures avec un matériau durable afin de restaurer la fonctionnalité.

4.b Traduire les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Auto-réparation

- **Stratégie de conception** : intégrer dans le béton des matériaux capables de détecter les dommages et de lancer automatiquement le processus de réparation.

Formation d'échafaudages

- **Stratégie de conception** : inclure des agents qui créent une structure temporaire à l'intérieur des fissures, permettant au matériau de réparation de se solidifier.

Dépôt minéral

- **Stratégie de conception** : utiliser des minéraux ou des bactéries qui déposent des composés durables pour combler et sceller efficacement les fissures.

« L'émulation est un processus exploratoire qui vise à capturer une « recette » ou un « modèle » dans la nature qui peut être reproduit dans nos propres conceptions. »

<https://toolbox.biomimicry.org/methods/emulate/>

5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

1. Mécanisme d'auto-réparation

- Intégrer des capsules remplies d'agents réparateurs (par exemple, des bactéries ou des produits chimiques cicatrisants) dans le mélange de béton.
- Utilisez des capteurs intelligents pour détecter les dommages et déclencher la libération des agents réparateurs.

2. Formation d'échafaudages

- Intégrez des polymères biodégradables qui se dilatent pour former une structure à l'intérieur des fissures.
- Utilisez des agents chimiques qui se solidifient lorsqu'ils sont exposés à l'humidité.

3. Dépôts minéraux

- Utilisez des bactéries productrices de carbonate de calcium pour combler les fissures.
- Incluez des composés chimiques qui imitent le processus de minéralisation des os.

5.b Classez vos idées par catégories en fonction des caractéristiques, du contexte, des contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

1. Caractéristiques

- **Mécanisme d'auto-réparation**
 - ☐ Capsules de réparation ou bactéries intégrées qui s'activent en cas de fissure.
- **Formation d'échafaudages**
 - ☐ Agents fibreux qui créent une structure temporaire.
- **Dépôt minéral**
 - ☐ Utilisation de composés minéraux durables tels que le carbonate de calcium.

2. Contexte

- **Utilisateurs cibles**
 - ☐ Entreprises de construction à la recherche de matériaux durables et nécessitant peu d'entretien.
 - ☐ Les municipalités qui souhaitent prolonger la durée de vie des infrastructures publiques.
- **Applications**
 - ☐ Les ponts, les routes et les bâtiments sont sujets à l'usure.
 - ☐ Zones isolées ou dangereuses où les réparations sont difficiles.

3. Contraintes

- **Limites techniques :**
 - ☐ Assurer la répartition uniforme des agents de réparation dans le béton.
 - ☐ Obtenir une durabilité et une réutilisabilité à long terme du mécanisme d'auto-réparation.
- **Considérations financières**
 - ☐ Équilibrer l'accessibilité financière et les fonctionnalités avancées.
- **Impact environnemental**
 - ☐ Utilisation de matériaux durables et biodégradables.

Étape 6 – Évaluer

6.a Évaluer le ou les concepts de conception par rapport à leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

Le béton auto-cicatrisant inspiré des os répond bien au défi en termes de durabilité, de résistance et de réduction de l'entretien. Le principal défi technique consiste à garantir la fonctionnalité et la rentabilité à long terme. Le modèle commercial pourrait se concentrer sur des partenariats avec des entreprises de construction et des gouvernements, en mettant l'accent sur les économies et les avantages environnementaux des matériaux auto-cicatrisants.



6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Les améliorations comprennent

- Tester et optimiser la distribution des agents d'auto-réparation afin d'en maximiser l'efficacité.
- Recherche de matériaux écologiques et rentables pour les capsules et les échafaudages.
- Prototypage et essais sur le terrain dans divers environnements afin d'en garantir la fiabilité.

En affinant ces aspects, la solution de béton auto-cicatrisant peut révolutionner la construction, en fournissant des matériaux durables, résistants et rentables pour les infrastructures modernes.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : nom de la solution

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment les moules s'attachent-elles solidement aux surfaces dans des environnements dynamiques et humides, tout en conservant leur fonctionnalité malgré les contraintes externes ? 2.b Demandez-vous quel est l'objectif de votre conception. Fonctions clés de la conception : ● Adhérence forte : créez des filtres dotés de propriétés adhésives améliorées afin qu'ils adhèrent solidement aux surfaces dans des environnements humides ou difficiles. ● Durabilité : veillez à ce que les filtres conservent leur fonctionnalité pendant de longues périodes et dans des conditions environnementales variables. ● Durabilité : utilisez des matériaux et des processus respectueux de l'environnement afin de minimiser l'impact environnemental. Contexte biologique : ● Mécanisme d'adhérence : imiter la colle à base de protéines que les moules utilisent pour se fixer sur des surfaces humides et glissantes. ● Résilience : reproduisez la capacité des moules à résister aux vagues, aux courants et aux fluctuations de température. ● Perméabilité sélective : exploiter la perméabilité contrôlée observée dans les fils byssaux des moules pour une filtration efficace. 2.C Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment les organismes vivants dans la nature adhèrent-ils et maintiennent-ils leur stabilité sur des surfaces humides et dynamiques tout en accomplissant leurs fonctions essentielles ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Fonction Forte adhérence et durabilité dans les environnements humides. Modèles naturels ● Moules : utilisent des adhésifs à base de protéines qui forment des liaisons solides dans les environnements humides et salins.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

- **Les balanes** : elles créent des substances calcifiées semblables à de la colle pour se fixer de manière permanente aux surfaces.
- **Feuilles de lotus** : bien qu'elles ne soient pas adhésives, elles présentent des propriétés hydrofuges qui peuvent inspirer des dispositifs anti-colmatage pour les filtres.

3.b Identifier des experts et entrer en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. Experts

- **Universités et instituts de recherche**
 - MIT Bioinspired Materials Lab : se concentre sur les bioadhésifs et le développement de matériaux durables.
 - Université de Californie, Santa Barbara (UCSB) : connue pour ses études sur l'adhérence des moules et la biochimie des protéines.
- **Communautés professionnelles**
 - American Society of Mechanical Engineers (ASME) : organise des discussions sur le biomimétisme dans l'ingénierie des matériaux.
 - Adhesion Society : se concentre sur la science des adhésifs et les interactions de surface.

Se connecter aux communautés

- **Forums et groupes en ligne**
 - **ResearchGate** : échangez avec des scientifiques spécialisés dans les biomatériaux et des ingénieurs en environnement.
 - **Plateforme AskNature du Biomimicry Institute** : collaborez avec des experts en biomimétisme.
- **Organisations et événements locaux**
 - **Conférences sur le biomimétisme** : découvrez les applications innovantes des matériaux bio-inspirés.
 - **Ateliers sur la durabilité environnementale** : réseautez avec des parties prenantes intéressées par des solutions respectueuses de l'environnement.

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Fonctions essentielles et mots clés

1. Adhérence

- **Mots clés** : humide, robuste, à base de protéines.
- **Modèle naturel** : moules.
- **Fonction** : obtenir une forte adhérence dans des conditions humides à l'aide de colles bio-inspirées.

2. Durabilité

Étape 5 – Imiter

- **Mots clés** : Résilience, stabilité, longévité.
- **Modèle naturel** : fils byssaux des moules.
- **Fonction** : Maintenir l'intégrité structurelle au fil du temps, en résistant aux facteurs de stress environnementaux.

3. Perméabilité sélective

- **Mots clés** : Filtration, contrôlée, efficace.
- **Modèle naturel** : mécanisme de filtration des moules.
- **Fonction** : filtrer les particules de manière sélective tout en assurant la circulation de l'eau.

4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Adhésion

- **Stratégie de conception** : utiliser des colles protéiques inspirées des moules qui adhèrent efficacement dans les environnements humides.

Durabilité :

- **Stratégie de conception** : intégrer des matériaux souples et résistants qui supportent les forces dynamiques et les fluctuations environnementales.

Perméabilité sélective

- **Stratégie de conception** : concevoir des filtres dont la structure poreuse imite les mécanismes de filtration naturels.

« L'émulation est un processus exploratoire qui vise à saisir une « recette » ou un « modèle » dans l'exemple de la nature qui peut être reproduit dans nos propres conceptions. »

<https://toolbox.biomimicry.org/methods/emulate/>

5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

1. Mécanisme d'adhérence

- Développer des revêtements bioadhésifs pour les filtres afin de garantir une fixation sûre dans des conditions dynamiques ou humides.
- Utiliser des polymères imitant la dopamine pour créer des liaisons solides et résistantes à l'eau.

2. Matériaux durables

- Créez des filtres à partir de matériaux hybrides alliant résistance et élasticité.
- Concevoir des revêtements résistants à la corrosion, aux fluctuations de température et à l'encrassement biologique.

3. Filtration sélective

- Utilisez des membranes nanostructurées inspirées de la filtration des moules pour améliorer les performances.

- Intégrez des mécanismes d'autonettoyage afin de réduire les besoins en maintenance.

5.b Classez vos idées par catégories (fonctionnalités, contexte, contraintes, etc.) et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

1. Caractéristiques

- **Adhérence**
 - ☐ Revêtements bioadhésifs inspirés des moules.
 - ☐ Agents de liaison activés par l'eau.
- **Durabilité** : matériaux résistants aux contraintes environnementales.
 - ☐ Matériaux résistants aux contraintes environnementales.
 - ☐ Conceptions hybrides pour plus de flexibilité et de résistance.
- **Efficacité de filtration** : perméabilité sélective pour des tailles de particules spécifiques.
 - ☐ Perméabilité sélective pour des tailles de particules spécifiques.
 - ☐ Fonctions autonettoyantes ou anti-colmatage.

2. Contexte

- **Utilisateurs cibles**
 - ☐ Les installations industrielles ont besoin de systèmes de filtration robustes pour les eaux usées.
 - ☐ Stations municipales de traitement des eaux dans des environnements humides ou aquatiques.
- **Applications**
 - ☐ Purification de l'eau en milieu urbain et industriel.
 - ☐ Systèmes aquacoles nécessitant une filtration des débris.

3. Contraintes

- **Limites techniques**
 - ☐ Développement à grande échelle de bioadhésifs rentables.
 - ☐ Garantir la durabilité à long terme des matériaux bio-inspirés.
- **Considérations relatives aux coûts**
 - ☐ Équilibrer le prix abordable des matériaux et leurs fonctionnalités avancées.
 - ☐ Réduire les coûts pour les applications de filtration à grande échelle.
- **Impact environnemental**
 - ☐ Utilisation de matériaux biodégradables ou recyclables.
 - ☐ Réduire au minimum les perturbations écologiques pendant la production ou l'élimination.

Étape 6 – Évaluer

6.a Évaluer le ou les concepts de conception par rapport à leur conformité avec les critères et contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les

systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

Les filtres adhésifs inspirés des moules répondent bien au défi en combinant une forte adhérence, une grande durabilité et une filtration efficace. Le concept est respectueux de l'environnement et innovant, mais nécessite une optimisation supplémentaire afin d'équilibrer les performances, le coût et l'évolutivité.

6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Les améliorations comprennent

- **Améliorer l'adhérence** : affiner la formule adhésive pour garantir une liaison solide et réversible.
- **Optimiser la durabilité** : tester la flexibilité et la résilience des matériaux hybrides dans diverses conditions.
- **Améliorer l'efficacité** : intégrer des nanostructures et des propriétés autonettoyantes pour améliorer les performances de filtration.

En affinant ces aspects, les filtres adhésifs inspirés des moules peuvent devenir une solution révolutionnaire pour le traitement de l'eau et la filtration industrielle, alliant efficacité naturelle et innovation durable.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : nom de la solution

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment la nacre (mère de perle) des coquilles d'ormeaux crée-t-elle un matériau à la fois solide, léger et souple ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Fonctions clés de la conception : ● Résistance et durabilité : développer des matériaux capables de résister à des contraintes élevées sans se briser. ● Structure légère : créer des matériaux solides mais pas trop denses. ● Flexibilité : introduire un certain degré de malléabilité pour éviter les défaillances catastrophiques. Contextes biologiques ● Construction en couches : imiter les couches alternées dures et molles de la nacre. ● Dissipation des contraintes : imiter les propriétés d'absorption d'énergie de la matrice organique de la nacre. ● Adaptabilité : utiliser une conception hiérarchique pour obtenir des propriétés matérielles multifonctionnelles. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment les organismes naturels créent-ils des structures légères, solides et flexibles qui résistent à des contraintes élevées ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Fonction Construction en matériaux durables et légers. Modèles naturels ● Nacre dans les coquilles d'ormeaux : structure stratifiée de carbonate de calcium et de polymères organiques pour plus de résistance et de flexibilité. ● Soie d'araignée : fibres solides, légères et souples qui absorbent efficacement les contraintes.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

- **Os humains** : structure hiérarchique combinant des couches minérales dures et du collagène souple pour plus de solidité et de résilience.

3.b Identifier des experts et entrer en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. Experts

- **Universités et instituts de recherche** :
 - Harvard Wyss Institute : recherche sur les matériaux biomimétiques.
 - Laboratoire des sciences des matériaux du MIT : études sur les composites avancés inspirés des matériaux naturels.
- **Communautés professionnelles**
 - Materials Research Society (MRS) : axée sur les avancées en science des matériaux.
 - Biomimicry Institute : promeut les solutions inspirées de la nature.

Se connecter aux communautés

- **Forums et groupes en ligne**
 - ResearchGate : Entrez en contact avec des chercheurs qui étudient les matériaux composites avancés.
 - Groupes LinkedIn : réseautez avec des professionnels spécialisés dans les matériaux durables.
- **Organisations et événements locaux**
 - **Conférences sur la science des matériaux** : assistez à des présentations sur les matériaux bio-inspirés.
 - **Ateliers organisés par des organisations spécialisées dans le biomimétisme** : apprenez auprès d'innovateurs dans le domaine des matériaux inspirés de la nature.

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Fonctions essentielles et mots clés :

1. Résistance et durabilité

- **Mots clés** : robustesse, résilience, résistance au stress
- **Modèle naturel** : nacre
- **Fonction** : Empêcher la propagation des fissures et garantir la durabilité sous contrainte.

2. Structure légère

- **Mots clés** : efficacité, faible densité, optimisation structurelle.
- **Modèle naturel** : nacre, soie d'araignée.
- **Fonction** : Combiner résistance et légèreté pour des applications polyvalentes.

3. Flexibilité

Étape 5 – Imiter

- **Mots clés** : adaptabilité, malléabilité, prévention des fissures.
- **Modèle naturel** : nacre, os.
- **Fonction** : Dissiper les contraintes grâce à des structures souples et stratifiées.

4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Résistance et durabilité

- **Stratégie de conception** : développer des matériaux avec des couches alternées dures et souples pour absorber les contraintes et empêcher la propagation des fissures.

Structure légère

- **Stratégie de conception** : utiliser des matériaux à faible densité disposés selon des motifs optimisés pour garantir la résistance sans ajouter de poids.

Flexibilité

- **Stratégie de conception** : intégrer des composants flexibles ou des microstructures pour améliorer l'adaptabilité des matériaux et leur résistance aux défaillances catastrophiques.

« L'émulation est un processus exploratoire qui vise à capturer une « recette » ou un « modèle » dans la nature qui peut être reproduit dans nos propres conceptions. »

<https://toolbox.biomimicry.org/methods/emulate/>

5.a Répertoriez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

1. Résistance et durabilité

- Matériaux composites avec des couches dures et souples inspirées de la nacre.
- Propriétés d'auto-réparation pour réparer automatiquement les fissures mineures.

2. Structure légère

- Utilisation de l'impression 3D pour reproduire la structure hiérarchique de la nacre.
- Intégrez des motifs creux ou alvéolés pour plus de légèreté.

3. Flexibilité

- Concevez des interfaces flexibles entre les couches afin de dissiper les contraintes.
- Utilisez des polymères bio-inspirés pour introduire de la malléabilité.

5.b Organisez vos idées en catégories qui incluent les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

1. Caractéristiques

- **Résistance et durabilité**
 - ☐ Matériaux composites stratifiés.
 - ☐ Structures résistantes aux fissures avec dissipation d'énergie.
- **Structure légère**



	○ Matériaux à faible densité imprimés en 3D. ○ Modèles structurels optimisés, tels que les nids d'abeilles. ● Flexibilité ○ Polymères flexibles, inspirés de la nature. ○ Interfaces adaptatives entre les couches. 2. Contexte ● Utilisateurs cibles ○ Les ingénieurs aérospatiaux recherchent des matériaux solides et légers. ○ Les entreprises de construction ont besoin de composites durables. ● Applications ○ Revêtements protecteurs pour véhicules et machines. ○ Matériaux de construction dans des environnements soumis à des contraintes élevées. 3. Contraintes ● Limites techniques ○ Obtenir une stratification et une adhérence uniformes à grande échelle. ○ Équilibre entre flexibilité et durabilité à long terme. ● Considérations relatives aux coûts ○ Développer des techniques de fabrication abordables et évolutives. ● Impact environnemental ○ Utiliser des matériaux écologiques et recyclables.
Étape 6 – Évaluer	6.a Évaluer le ou les concepts de conception par rapport à leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux. La conception du matériau inspirée de la nacre répond aux objectifs de résistance, de légèreté et de flexibilité, répondant ainsi aux besoins d'industries telles que la construction et l'aérospatiale. Les défis techniques comprennent l'obtention d'un dépôt uniforme des couches et la scalabilité. Le modèle commercial peut cibler les industries qui privilégient les matériaux durables et hautement performants, avec des applications potentielles dans les équipements de protection, les véhicules et les infrastructures. 6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable. Les améliorations comprennent ● Développer des techniques de fabrication avancées, telles que la nanotechnologie ou la fabrication additive, afin de reproduire la structure en couches de la nacre. ● Tester les matériaux dans diverses conditions de contrainte afin de garantir leur durabilité et leur adaptabilité.





- Explorer des composants biodégradables ou recyclables afin de s'aligner sur les objectifs environnementaux.

Grâce à ces améliorations, le matériau inspiré de la nacre peut devenir une solution polyvalente, offrant des alternatives solides, légères et flexibles aux matériaux conventionnels tout en réduisant l'impact environnemental.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : nom de la solution

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. Comment la peau de requin réduit-elle la résistance dans l'eau, améliorant ainsi la vitesse et l'efficacité ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Fonctions clés de la conception ● Réduction de la traînée : améliorer la dynamique des fluides pour réduire la consommation d'énergie. ● Anti-salissures : empêcher l'accumulation de micro-organismes et de débris sur les surfaces. ● Efficacité : améliorer la vitesse ou le rendement énergétique dans des environnements fluides tels que l'eau ou l'air. Contextes biologiques ● Aérodynamisme : imiter la capacité des denticules cutanés à réduire les turbulences. ● Résistance à l'encrassement : empêcher l'adhérence d'organismes biologiques aux surfaces. ● Économies d'énergie : réduire l'énergie nécessaire au mouvement dans les fluides. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment les organismes vivants se déplacent-ils efficacement dans les milieux fluides tout en évitant la traînée et l'encrassement ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Fonction Réduction de la traînée et anti-encrassement dans les environnements fluides. Modèles naturels ● Peau de requin : les denticules cutanés rationalisent le flux et résistent à l'encrassement. ● Peau de dauphin : lisse et souple, elle réduit les turbulences et la traînée. ● Feuille de lotus : sa surface hydrophobe résiste à l'adhérence, réduisant ainsi l'encrassement.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

3.b Identifier les experts et entrer en contact avec les communautés de biologistes et de naturalistes.

Experts

- **Universités et instituts de recherche**
 - Université de Californie à San Diego (UCSD) : recherche sur les matériaux bioinspirés et la dynamique des fluides.
 - Institut Fraunhofer : études sur les surfaces biomimétiques pour la réduction de la traînée.
- **Communautés professionnelles**
 - Biomimicry Institute : centre dédié aux solutions inspirées de la nature et à la recherche sur les matériaux.
 - Institut américain d'aéronautique et d'astronautique (AIAA) : se concentre sur la dynamique des fluides et les innovations aérospatiales.

Se connecter aux communautés

- **Forums et groupes en ligne**
 - ResearchGate : réseau d'experts en hydrodynamique et en matériaux biomimétiques.
 - Groupes LinkedIn : participez à des discussions sur les technologies marines et les conceptions bio-inspirées.
- **Organisations et événements locaux**
 - **Conférences maritimes** : découvrez l'ingénierie marine et les conceptions innovantes de navires.
 - **Ateliers sur le biomimétisme** : explorez les applications des technologies inspirées de la peau des requins.

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Fonctions essentielles et mots clés

1. Réduction de la traînée

- **Mots clés** : aérodynamisme, contrôle de la turbulence, hydrodynamique.
- **Modèle naturel** : peau de requin (denticles dermiques).
- **Fonction** : réduire la traînée en optimisant l'écoulement des fluides.

2. Anti-salissures

- **Mots clés** : résistance à l'adhérence, propreté, longévité.
- **Modèle naturel** : peau de requin, feuille de lotus.
- **Fonction** : empêcher l'accumulation de micro-organismes afin de maintenir l'efficacité.

3. Efficacité énergétique



Étape 5 – Imiter

- **Mots clés** : optimisation, conservation, durabilité.
- **Modèle naturel** : peau de requin.
- **Fonction** : économiser l'énergie pendant le mouvement en réduisant la résistance.

4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Réduction de la traînée

- **Stratégie de conception** : développer des surfaces avec des motifs microstructurés qui rationalisent l'écoulement des fluides, réduisant ainsi la turbulence et la résistance.

Anti-salissures

- **Stratégie de conception** : intégrer des textures non adhésives qui résistent à l'accumulation biologique sans produits chimiques nocifs.

Efficacité énergétique

- **Stratégie de conception** : optimiser les surfaces en contact avec les fluides afin de réduire la consommation d'énergie des véhicules, des navires ou des machines fonctionnant dans l'eau ou dans l'air.

« L'émulation est un processus exploratoire qui vise à capturer une « recette » ou un « modèle » dans la nature qui peut être reproduit dans nos propres conceptions. »

<https://toolbox.biomimicry.org/methods/emulate/>

5.a Répertoriez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

1. Réduction de la traînée

- Développer un revêtement pour les navires et les sous-marins avec des surfaces micro-texturées.
- Concevez des surfaces d'avion qui optimisent le flux d'air à l'aide de textures similaires.

2. Anti-salissures

- Créer des revêtements non toxiques pour les navires afin de résister à l'accumulation d'organismes.
- Appliquer ce concept aux dispositifs médicaux afin d'empêcher l'adhérence bactérienne.

3. Efficacité énergétique

- Utiliser des conceptions inspirées de la peau de requin pour les pales des éoliennes.
- Appliquer ce concept aux systèmes de tuyauterie afin de minimiser la résistance et d'améliorer l'efficacité du débit.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

1. Caractéristiques

- **Réduction de la traînée**
 - ☐ Revêtements à micro-motifs pour les véhicules aquatiques ou aériens.
 - ☐ Conceptions hydrodynamiques améliorées pour les vêtements de sport ou les maillots de bain.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

- **Anti-salissures biologiques**
 - Surfaces autonettoyantes pour les navires et les équipements sous-marins.
 - Revêtements antibactériens pour applications médicales.
- **Efficacité énergétique**
 - Conceptions inspirées des requins pour les hélices, les turbines ou les ventilateurs.
 - Conceptions optimisées pour le transport des fluides.

2. Contexte

- **Utilisateurs cibles**
 - Industries navales et maritimes.
 - Secteurs aérospatial et automobile pour l'efficacité énergétique.
- **Applications**
 - Navires, avions, appareils médicaux et systèmes de tuyauterie.

3. Contraintes

- **Limites techniques**
 - La fabrication de surfaces micro-structurées nécessite une grande précision.
 - Durabilité des revêtements dans des conditions extrêmes.
- **Considérations relatives aux coûts**
 - Coûts initiaux élevés pour la R&D et la fabrication.
- **Impact environnemental**
 - S'assurer que les matériaux sont non toxiques et durables sur le plan environnemental.

Étape 6 – Évaluer

6.a Évaluer le ou les concepts de conception par rapport à leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité du modèle technique et commercial.

Les conceptions inspirées de la peau de requin permettent de réduire efficacement la traînée, de lutter contre l'encrassement biologique et d'améliorer l'efficacité énergétique. Cette technologie est parfaitement adaptée aux industries à la recherche de solutions durables, telles que le transport maritime et les énergies renouvelables. Les défis à relever comprennent l'augmentation de la production et la garantie de la durabilité dans des conditions diverses.

6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Les améliorations comprennent

- Expérimenter de nouveaux matériaux et techniques de fabrication pour obtenir des surfaces microstructurées évolutives et rentables.



- Réalisation de tests approfondis dans des environnements réels, tels que des navires en mer ou des avions en vol.
- Explorer des applications secondaires, telles que les surfaces autonettoyantes pour les panneaux solaires ou les échangeurs de chaleur.

En apportant ces améliorations, la technologie inspirée de la peau de requin peut offrir une solution transformatrice pour améliorer la dynamique des fluides, réduire la consommation d'énergie et renforcer la durabilité dans de nombreux secteurs.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Modules de formation WP3 sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : nom de la solution

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment les araignées créent-elles des fibres de soie légères mais incroyablement résistantes pour survivre ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Fonctions clés de la conception : ● Résistance : Développer des matériaux légers à haute résistance à la traction pour des applications structurelles et industrielles. ● Élasticité : garantir la flexibilité et la durabilité sous contrainte afin d'éviter toute rupture. ● Efficacité des matériaux : imiter le processus de production économe en ressources de la soie d'araignée pour plus de durabilité. Contextes biologiques ● Résistance et élasticité : imiter la structure moléculaire biphasée de la soie. ● Efficacité énergétique : produire des fibres à température ambiante à l'aide de méthodes respectueuses de l'environnement. ● Auto-assemblage : reproduire la nature auto-organisée des protéines de la soie d'araignée pendant le filage. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment les organismes créent-ils des matériaux solides et flexibles tout en minimisant leur consommation d'énergie et de ressources ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Fonction Matériaux légers, résistants et flexibles. Modèles naturels ● Soie d'araignée : allie résistance et élasticité dans une structure légère. ● Soie de ver à soie : produite efficacement par les chenilles pour fabriquer des cocons protecteurs.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

- **Tendons et ligaments** : tissus conjonctifs humains qui équilibrent résistance à la traction et élasticité.

3.b Identifier des experts et entrer en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. Experts

- **Universités et instituts de recherche**
 - Département des sciences des matériaux de l'université de Cambridge :
Se concentre sur les matériaux bioinspirés.
 - Wyss Institute for Biologically Inspired Engineering : explore les fibres inspirées de la nature.
- **Communautés professionnelles**
 - American Materials Research Society (MRS) : offre des informations sur les fibres d'origine biologique.
 - Biomimicry Institute : promeut la recherche sur les conceptions inspirées de la nature.

Se connecter aux communautés

- **Forums et groupes en ligne**
 - ResearchGate : collaborez avec des experts en biopolymères et en matériaux durables.
 - Groupes LinkedIn : discussions sur les matériaux bio-inspirés et leurs applications industrielles.
- **Organisations et événements locaux**
 - **Séminaires sur la science des matériaux** : découvrez les avancées dans le domaine des fibres à haute résistance.
 - **Conférences sur le biomimétisme** : réseautez avec des experts en technologies bio-inspirées.

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Fonctions essentielles et mots clés :

1. Résistance

- **Mots clés** : résistance à la traction, durabilité, légèreté.
- **Modèle naturel** : soie d'araignée.
- **Fonction** : obtenir un rapport résistance/poids exceptionnel pour une utilisation structurelle.

2. Élasticité

- **Mots clés** : Flexibilité, résilience, adaptabilité.
- **Modèle naturel** : soie d'araignée.
- **Fonction** : maintenir ses performances sous des contraintes variables sans se rompre.

3. Efficacité des matériaux

- **Mots clés** : durabilité, efficacité énergétique, gaspillage minimal.
- **Modèle naturel** : production de soie d'araignée.
- **Fonction** : Créer des fibres à l'aide de processus à faible consommation d'énergie et économes en ressources.

4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Point fort

- **Stratégie de conception** : développer des matériaux dont la structure moléculaire combine résistance et légèreté, à l'instar de la soie d'araignée.

Élasticité

- **Stratégie de conception** : intégrer la flexibilité dans des matériaux à haute résistance afin d'améliorer la résilience et l'adaptabilité sous contrainte.

Efficacité des matériaux

- **Stratégie de conception** : produire des fibres à l'aide de processus durables qui imitent la fabrication à faible consommation d'énergie et dans des conditions ambiantes de la soie d'araignée.

« L'émulation est un processus exploratoire qui vise à capturer une « recette » ou un « modèle » dans la nature qui peut être reproduit dans nos propres conceptions. »

<https://toolbox.biomimicry.org/methods/emulate/>

5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

1. Atout

- Utilisez des fibres polymères bio-inspirées pour la construction, l'aérospatiale et les équipements de protection.
- Créez des cordes et des câbles légers avec une capacité de charge améliorée.

2. Élasticité

- Concevez des sutures et des implants médicaux qui imitent la flexibilité et la résistance de la soie d'araignée.
- Développer des textiles qui s'étirent sans se déchirer, améliorant ainsi leur confort et leur durabilité.

3. Efficacité des matériaux

- Explorer la production synthétique de soie d'araignée à l'aide de micro-organismes génétiquement modifiés.
- Développer des méthodes de fabrication évolutives pour la production de fibres respectueuses de l'environnement.

5.b Classez vos idées par catégories (caractéristiques, contexte, contraintes, etc.) et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

1. Caractéristiques

- **Résistance**
 - ☐ Cordes, câbles et matériaux de construction à base de polymères à haute résistance.
 - ☐ Gilets pare-balles et équipements résistants aux chocs.
- **Élasticité**
 - ☐ Textiles souples pour vêtements de sport et applications médicales.
 - ☐ Matériaux extensibles pour la robotique et les technologies portables.
- **Efficacité des matériaux**
 - ☐ Production microbienne de soie à grande échelle.
 - ☐ Procédés écologiques pour une fabrication durable.

2. Contexte

- **Utilisateurs cibles**
 - ☐ Industries de la construction et de l'aérospatiale.
 - ☐ Professionnels de la santé pour les sutures et les implants.
- **Applications**
 - ☐ Équipements de protection, textiles et composants structurels légers.

3. Contraintes

- **Limites techniques**
 - ☐ Difficultés à reproduire la structure moléculaire exacte de la soie d'araignée.
 - ☐ Mise à l'échelle de la production synthétique à des niveaux industriels.
- **Considérations financières**
 - ☐ Coûts initiaux élevés de R&D pour la production de fibres bio-inspirées.
- **Impact environnemental**
 - ☐ Garantir que les matériaux et les processus sont durables et biodégradables.

Étape 6 – Évaluer

6.a Évaluer le ou les concepts de conception par rapport à leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité du modèle technique et commercial.

Les matériaux inspirés de la soie d'araignée répondent à des défis majeurs tels que l'équilibre entre résistance, élasticité et durabilité. Leur conception convient à divers secteurs, notamment la construction, l'aérospatiale et la santé. Les principaux défis à relever sont l'augmentation de la production et la rentabilité.



6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Les améliorations comprennent

- L'amélioration des méthodes de production synthétique à l'aide de bactéries ou de levures génétiquement modifiées pour imiter les protéines de la soie d'araignée.
- Collaborer avec des experts en science des matériaux afin d'optimiser la résistance et la flexibilité des fibres bio-inspirées.
- Tester des prototypes dans diverses applications, telles que les cordes, les textiles et les sutures médicales, afin de valider leurs performances et leur évolutivité.

Grâce à ces améliorations, les fibres inspirées de la soie d'araignée peuvent révolutionner les industries avec des matériaux légers, durables et écologiques, garantissant la durabilité et l'innovation dans les applications à haute résistance.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : nom de la solution

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment le lotus parvient-il à conserver une surface propre et hydrofuge malgré son environnement boueux et aquatique ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Fonctions clés de la conception • Autonettoyant : permettre aux surfaces de repousser la saleté et l'eau. • Résistance à l'eau : empêcher l'absorption d'eau afin de protéger l'intégrité du matériau. • Durabilité : Utilisez des méthodes et des matériaux écologiques pour reproduire l'effet lotus. Contextes biologiques • Conception de microtextures : imiter la rugosité microscopique et les nanostructures des feuilles de lotus qui repoussent l'eau. • Revêtement hydrophobe : reproduire le revêtement cireux qui améliore l'imperméabilité. • Mécanisme autonettoyant : utiliser le mouvement de roulement des gouttelettes d'eau pour éliminer la saleté et les contaminants. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment les organismes naturels maintiennent-ils des surfaces propres et hydrofuges dans des environnements difficiles ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Fonction Hydrofugation passive et autonettoyage dans les environnements naturels. Modèles naturels • Feuilles de lotus : des microstructures et nanostructures créent des surfaces superhydrophobes qui repoussent l'eau et la saleté. • Ailes de papillon : des écailles hydrophobes leur permettent de rester sèches et propres pendant le vol dans des conditions humides.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

- **Les araignées d'eau** : leurs pattes recouvertes de nanostructures leur permettent de repousser l'eau et de flotter à sa surface.

3.b Identifier des experts et entrer en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. Experts

- **Universités et instituts de recherche**
 - **MIT** : mène des recherches sur les matériaux superhydrophobes et autonettoyants inspirés de la nature.
 - **Institut Max Planck pour la recherche sur les polymères** : se concentre sur les surfaces biomimétiques et la nanotechnologie.
- **Communautés professionnelles**
 - **Biomimicry Institute** : facilite les contacts avec des experts travaillant sur des conceptions inspirées de la nature.
 - **Society of Coatings Technology** : discute des avancées en matière de revêtements hydrophobes.

Connectez-vous aux communautés

- **Forums et groupes en ligne**
 - **ResearchGate** : échangez avec des scientifiques spécialisés dans les matériaux et des chercheurs en biomimétisme.
 - **Groupes LinkedIn** : participez à des discussions sur les revêtements avancés et la durabilité.
- **Organisations et événements locaux**
 - **Conférences sur la science des matériaux** : réseautez avec des innovateurs dans le domaine des nanotechnologies et de la conception de surfaces.
 - **Ateliers sur le biomimétisme** : collaborez avec des experts qui explorent l'effet lotus et ses applications.

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, créez un diagramme ou un dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Fonctions essentielles et mots clés

1. Conception de microtextures

- **Mots clés** : nanostructures, hydrophobie, rugosité.
- **Modèle naturel** : feuille de lotus.
- **Fonction** : Utilisation de microstructures et nanostructures pour créer des surfaces superhydrophobes.

2. Revêtement hydrophobe

- **Mots clés** : couche de cire, imperméabilité, durabilité.
- **Modèle naturel** : surface cireuse des feuilles de lotus.

Étape 5 – Imiter

- **Fonction** : empêcher l'eau d'adhérer en appliquant une couche hydrophobe.

3. Mécanisme d'autonettoyage

- **Mots clés** : gouttelettes d'eau, élimination des salissures, action roulante.
- **Modèle naturel** : surface des feuilles de lotus.
- **Fonction** : utiliser les gouttelettes d'eau pour ramasser et emporter les particules de saleté.

4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Conception de microtextures

- **Stratégie de conception** : créer des surfaces présentant une rugosité microscopique et nanoscopique afin de repousser l'eau et la saleté.

Revêtement hydrophobe

- **Stratégie de conception** : développer des revêtements hydrophobes fins et durables inspirés de la feuille de lotus.

Mécanisme autonettoyant

- **Stratégie de conception** : concevoir des surfaces qui utilisent les gouttelettes d'eau pour se nettoyer elles-mêmes.

« L'émulation est un processus exploratoire qui vise à capturer une « recette » ou un « modèle » dans la nature qui peut être reproduit dans nos propres conceptions. »

<https://toolbox.biomimicry.org/methods/emulate/>

5.a Répertoriez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

1. Conception de microtextures

- Développer des matériaux dotés de motifs superficiels à l'échelle microscopique inspirés des feuilles de lotus pour des applications industrielles et grand public.

- Créer des revêtements routiers ou des dalles extérieures dotés de microtextures afin de réduire les risques de glissade par temps de pluie.

2. Revêtement hydrophobe

- Fabriquer des revêtements hydrophobes pour les surfaces en verre telles que les pare-brise de voiture, les façades de bâtiments et les panneaux solaires afin de repousser l'eau et la saleté.
- Appliquer des revêtements hydrophobes sur les équipements industriels utilisés dans des environnements marins et humides afin de prévenir la corrosion et la rouille.

3. Mécanisme autonettoyant

- Créer des peintures autonettoyantes pour les maisons et les installations industrielles, afin de réduire les coûts d'entretien et l'impact environnemental.



- Développer des emballages alimentaires autonettoyants pour améliorer l'hygiène et prolonger la fraîcheur.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les fonctionnalités, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

1. Caractéristiques

- **Autonettoyant**
 - ☐ Surfaces microtexturées pour repousser la saleté et l'eau.
 - ☐ Revêtements hydrophobes imitant la feuille de lotus.
- **Résistance à l'eau**
 - ☐ Matériaux durables pour une utilisation en extérieur et en milieu marin.
 - ☐ Revêtements résistants aux UV pour maintenir les performances dans le temps.
- **Durabilité**
 - ☐ Utilisation de matériaux biodégradables et respectueux de l'environnement.
 - ☐ Méthodes de fabrication à faible impact environnemental.

2. Contexte

- **Utilisateurs cibles**
 - ☐ Les architectes et les constructeurs à la recherche de fenêtres et de surfaces autonettoyantes.
 - ☐ Les fabricants d'équipements de plein air ont besoin de tissus durables et résistants à l'eau.
- **Applications**
 - ☐ Construction (fenêtres, façades).
 - ☐ Transport (vitres de voiture autonettoyantes, revêtements anticorrosion).
 - ☐ Énergies renouvelables (panneaux solaires résistants à la poussière).

3. Contraintes

- **Défis techniques**
 - ☐ Mise à l'échelle des processus de fabrication pour les surfaces micro et nanostructurées.
 - ☐ Garantir la durabilité à long terme des revêtements hydrophobes.
- **Considérations relatives aux coûts**
 - ☐ Réduire les coûts des matériaux et des méthodes de fabrication inspirés de la nature.
- **Impact environnemental**
 - ☐ Éviter les produits chimiques nocifs dans les revêtements.
 - ☐ Garantir la biodégradabilité et la recyclabilité des matériaux.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Étape 6 – Évaluer

6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

La solution inspirée de l'effet lotus répond efficacement aux défis de la propreté, de l'hydrofugation et de la durabilité. Elle offre des applications dans divers secteurs, mais l'évolutivité et la durabilité restent des défis majeurs.

6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Les améliorations comprennent

- **Améliorer la durabilité** : développer des matériaux hydrophobes résistants aux UV et à l'usure pour une utilisation prolongée.
- **Optimiser l'évolutivité** : améliorer les techniques de fabrication pour une production rentable de micro et nano-textures.
- **Mettre l'accent sur la durabilité** : utiliser des matériaux biodégradables et non toxiques pour les revêtements.

En apportant ces améliorations, la solution inspirée de l'effet lotus peut révolutionner les industries en fournissant des technologies innovantes, durables et hautement fonctionnelles d'imperméabilité et d'autonettoyage.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Modules de formation WP3 sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : nom de la solution

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment l'anguille électrique génère-t-elle et stocke-t-elle efficacement l'énergie pour produire des décharges électriques à haute tension ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Fonctions clés de la conception • Stockage d'énergie : stockez l'énergie électrique de manière compacte et efficace. • Production d'énergie : générez des décharges électriques à haut rendement lorsque cela est nécessaire. • Durabilité : utiliser des matériaux et des processus respectueux de l'environnement afin de réduire l'impact environnemental. Contexte biologique • Production d'énergie : imiter la capacité de l'anguille électrique à produire de l'électricité grâce à des cellules spécialisées (électrocytes). • Stockage évolutif : reproduire l'empilement des électrocytes pour créer des gradients de tension. • Efficacité énergétique : adapter la conversion efficace de l'énergie chimique en énergie électrique observée chez les anguilles. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment les organismes naturels produisent-ils et stockent-ils l'énergie électrique tout en conservant leur compacité, leur efficacité et leur fonctionnalité ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Fonction Production et stockage efficaces d'énergie électrique sous une forme compacte. Modèles naturels • Anguilles électriques : utilisent des électrocytes disposés en série pour générer des tensions importantes. • Raies électriques : génèrent de l'électricité grâce à des organes électriques spécialisés pour se défendre et chasser.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

- **Mitochondries** : centrales énergétiques cellulaires qui convertissent efficacement l'énergie grâce à des gradients chimiques.

3.b Identifier des experts et entrer en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. Experts

- **Universités et instituts de recherche**
 - **California Institute of Technology (Caltech)** : mène des recherches sur les systèmes bioélectriques pour des applications énergétiques.
 - **Université du Michigan** : Spécialisée dans les systèmes énergétiques bio-inspirés, notamment les batteries inspirées des anguilles électriques.
- **Communautés professionnelles**
 - **Electrochemical Society (ECS)** : se concentre sur le développement de solutions avancées de stockage d'énergie.
 - **Biomimicry Institute** : offre un réseau d'experts travaillant sur des conceptions bio-inspirées.

Se connecter aux communautés

- **Forums et groupes en ligne**
 - **ResearchGate** : échangez avec des chercheurs qui étudient la bioélectricité et les systèmes énergétiques.
 - **Groupes LinkedIn** : participez à des discussions sur les solutions énergétiques bioinspirées et la durabilité.
- **Organisations et événements locaux**
 - **Conférences sur l'innovation énergétique** : présentez des opportunités de réseautage avec des experts en énergies renouvelables.
 - **Ateliers sur le biomimétisme** : entrez en contact avec des experts travaillant sur des technologies énergétiques inspirées de la nature.

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, créez un diagramme ou un dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Fonctions essentielles et mots clés

1. Production d'énergie

- **Mots clés** : électrocytes, décharge, gradient de tension.
- **Modèle naturel** : anguille électrique.
- **Fonction** : générer des décharges électriques à haute tension à l'aide d'empilements de cellules spécialisées.

2. Stockage d'énergie

- **Mots clés** : compact, efficace, stratifié.
- **Modèle naturel** : piles d'électrocytes.

	• Fonction : stocker l'énergie électrique à l'aide de couches de cellules afin de maximiser la tension de sortie. 3. Conversion d'énergie • Mots clés : chimique en électrique, gradient, efficacité. • Modèle naturel : organe électrique. • Fonction : Convertir l'énergie chimique en énergie électrique avec une perte d'énergie minimale. 4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain. Production d'énergie • Stratégie de conception : utiliser des cellules énergétiques empilées inspirées des électrocytes pour générer des sorties à haute tension. Stockage d'énergie • Stratégie de conception : imiter la disposition en couches des électrocytes pour créer un stockage d'énergie compact et évolutif. Conversion d'énergie • Stratégie de conception : utiliser des mécanismes biomimétiques pour convertir efficacement l'énergie stockée en énergie électrique. « L'émulation est un processus exploratoire qui vise à capturer une « recette » ou un « modèle » dans la nature qui peut être reproduit dans nos propres conceptions. » https://toolbox.biomimicry.org/methods/emulate/ 5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. 1. Production d'énergie • Créez des électrocytes bio-inspirés à l'aide de polymères conducteurs ou de nanomatériaux.
Étape 5 – Imiter	• Développez des couches qui imitent le gradient de tension de l'anguille afin de produire des rendements énergétiques élevés. 2. Stockage d'énergie • Utilisez des matériaux souples et légers pour créer des dispositifs de stockage d'énergie compacts et portables. • Intégrer des cellules empilées qui reproduisent la disposition des électrocytes de l'anguille pour une meilleure évolutivité. 3. Conversion d'énergie • Utiliser des gradients ioniques et des membranes d'échange pour convertir efficacement l'énergie stockée en décharge électrique.

- Utilisez des systèmes inspirés du transfert d'énergie biologique (par exemple, la synthèse d'ATP dans les mitochondries).

5.b Classez vos idées par catégories (caractéristiques, contexte, contraintes, etc.) et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

1. Caractéristiques

- **Production d'énergie**
 - ☐ Cellules haute tension inspirées des électrocytes.
 - ☐ Systèmes de conversion d'énergie basés sur les gradients.
- **Stockage d'énergie**
 - ☐ Conceptions flexibles et évolutives pour un stockage compact.
 - ☐ Matériaux légers pour une meilleure portabilité.
- **Durabilité**
 - ☐ Matériaux biodégradables et respectueux de l'environnement.
 - ☐ Intégration d'énergies renouvelables pour des systèmes à recharge automatique.

2. Contexte

- **Utilisateurs cibles**
 - ☐ Les fabricants d'appareils électroniques grand public recherchent des solutions de batteries durables.
 - ☐ Les entreprises du secteur des énergies renouvelables ont besoin de systèmes de stockage d'énergie efficaces.
- **Applications**
 - ☐ Appareils portables et appareils électroniques portables.
 - ☐ Stockage à l'échelle du réseau pour l'énergie solaire et éolienne.

3. Contraintes

- **Défis techniques**
 - ☐ Développement de matériaux reproduisant la fonctionnalité des électrocytes.
 - ☐ Garantir l'évolutivité pour des applications de stockage d'énergie à plus grande échelle.
- **Considérations relatives aux coûts**
 - ☐ Réduire les coûts de production en série de matériaux bio-inspirés.
 - ☐ Équilibrer l'accessibilité financière et les fonctionnalités avancées.
- **Impact environnemental**
 - ☐ Réduire au minimum les processus de fabrication gourmands en ressources.
 - ☐ Garantir la recyclabilité ou la biodégradabilité en fin de vie.

Étape 6 – Évaluer

6.a Évaluer le ou les concepts de conception par rapport à leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité du modèle technique et commercial.

Les systèmes de stockage d'énergie inspirés de l'anguille électrique offrent une solution prometteuse pour un stockage d'énergie durable, compact et efficace. Si le concept répond aux exigences énergétiques modernes, des défis subsistent en matière d'évolutivité et de rentabilité.

6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Les améliorations comprennent

- **Améliorer la production d'énergie** : développer des matériaux avancés qui imitent les gradients électrocytaires pour une plus grande efficacité.
- **Optimiser le stockage** : créer des conceptions modulaires qui permettent l'évolutivité et la personnalisation.
- **Améliorer la durabilité** : se concentrer sur des matériaux biodégradables et recyclables afin de réduire l'impact environnemental.

En affinant ces aspects, les systèmes de stockage d'énergie inspirés de l'anguille électrique peuvent révolutionner les solutions énergétiques, en offrant des options efficaces et respectueuses de l'environnement pour les besoins actuels et futurs.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : nom de la solution

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment les membres des animaux absorbent-ils efficacement les chocs et réduisent-ils le stress pendant le mouvement, garantissant ainsi durabilité et flexibilité dans des environnements difficiles ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Fonctions clés de la conception ● Absorption des chocs : Dissipe l'énergie pour réduire les contraintes exercées sur la structure lors des impacts. ● Durabilité : résiste à une utilisation répétée sans se dégrader. ● Flexibilité : s'adapte à différents niveaux d'impact tout en conservant sa stabilité. Contextes biologiques ● Absorption des chocs : imiter les propriétés élastiques et viscoélastiques des articulations et des tendons des animaux. ● Dissipation d'énergie : utiliser des structures stratifiées ou composites inspirées de la microarchitecture des membres des animaux. ● Flexibilité et stabilité : modéliser les conceptions sur l'adaptabilité dynamique des systèmes cartilagineux et musculaires. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment les organismes vivants absorbent-ils les chocs, dissipent-ils l'énergie et maintiennent-ils leur stabilité sous des impacts répétés ou extrêmes ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Fonction Absorption passive de l'énergie et protection structurelle contre les contraintes répétées. Modèles naturels ● Tendons de kangourou : stockent et libèrent efficacement l'énergie pendant le saut, minimisant ainsi les contraintes. ● Crâne du pic : absorbe les forces d'impact élevées tout en protégeant le cerveau grâce à des couches d'os et de cartilage.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

- **Pieds d'éléphant** : utilisent un coussin adipeux spongieux pour absorber les chocs et supporter de lourdes charges.

3.b Identifier des experts et entrer en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. Experts

- **Universités et instituts de recherche**
 - **Université Harvard, Institut Wyss** : se concentre sur la robotique souple et les matériaux bioinspirés.
 - **Laboratoire de biomécanique de Stanford** : étudie la résistance aux chocs dans les systèmes naturels et synthétiques.
- Communautés professionnelles :
 - **Society for Experimental Mechanics** : discute des avancées en matière de résilience des matériaux inspirées par la biologie.
 - **Biomimicry Institute** : met en relation des innovateurs avec des experts qui étudient des solutions biomécaniques.

Se connecter aux communautés :

- **Forums et groupes en ligne**
 - **ResearchGate** : collaborez avec des chercheurs en biomécanique et des scientifiques spécialisés dans les matériaux.
 - **Groupes LinkedIn** : échangez avec des professionnels de la conception de matériaux résistants aux chocs.
- **Organisations et événements locaux**
 - **Conférences sur la science des matériaux** : présentation des avancées en matière de technologies d'absorption des chocs.
 - **Ateliers sur le biomimétisme** : explorer des solutions bio-inspirées pour la dissipation d'énergie.

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, créez un diagramme ou un dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Fonctions essentielles et mots clés

1. Absorption des chocs

- **Mots clés** : élasticité, dissipation d'énergie, résistance aux chocs.
- **Modèle naturel** : tendons du kangourou.
- **Fonction** : stocker et libérer l'énergie efficacement, réduisant ainsi la contrainte sur la structure.

2. Structures en couches

- **Mots clés** : couches composites, flexibilité, adaptabilité.
- **Modèle naturel** : crâne du pic.

	• Fonction : Utiliser des matériaux stratifiés pour répartir et dissiper efficacement les forces. 3. Coussins adipeux et coussins • Mots clés : compression, soutien de la charge, résilience. • Modèle naturel : pattes d'éléphant. • Fonction : utiliser des matériaux souples mais résistants pour amortir les chocs et supporter des charges lourdes. 4.b Traduire les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain. Absorption des chocs • Stratégie de conception : intégrer des matériaux viscoélastiques qui imitent l'élasticité des tendons pour absorber l'énergie et réduire les contraintes. Structures en couches : • Stratégie de conception : utiliser des matériaux composites avec des couches alternées rigides et flexibles pour améliorer la résistance aux chocs. Systèmes d'amortissement : • Stratégie de conception : développer des coussinets souples et compressibles qui s'adaptent à des charges variables et reprennent rapidement leur forme initiale. « L'émulation est un processus exploratoire qui vise à capturer une « recette » ou un « modèle » dans la nature qui peut être reproduit dans nos propres conceptions. » https://toolbox.biomimicry.org/methods/emulate/ 5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. 1. Absorption des chocs • Utiliser des polymères élastiques bio-inspirés dans les équipements sportifs afin d'atténuer les blessures dues aux chocs.
Étape 5 – Imiter	• Développez des semelles absorbant les chocs pour les chaussures afin d'améliorer leur confort et leur durabilité. 2. Structures stratifiées • Concevez et fabriquez des casques et des équipements de protection à l'aide de composites stratifiés afin de dissiper les forces lors des impacts. • Concevoir des pare-chocs automobiles avec des couches alternées rigides et flexibles pour améliorer la résistance aux chocs. 3. Systèmes d'amortissement • Développez des sièges de mobilier et de véhicules dotés de coussins moelleux et adaptables afin d'améliorer l'ergonomie.

- Utilisez des rembourrages compressibles dans les prothèses et les appareils médicaux pour améliorer le confort et la fonctionnalité.

5.b Classez vos idées par catégories en fonction des caractéristiques, du contexte, des contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

1. Caractéristiques

- **Absorption des chocs**
 - ☐ Matériaux élastiques pour la dissipation de l'énergie.
 - ☐ Polymères viscoélastiques pour les impacts répétitifs.
- **Structures stratifiées**
 - ☐ Couches composites pour la durabilité et la flexibilité.
 - ☐ Alternance de couches rigides et souples pour améliorer la résistance aux chocs.
- **Systèmes d'amortissement**
 - ☐ Coussins compressibles pour plus de confort et une meilleure répartition de la charge.
 - ☐ Matériaux adaptatifs pour un soutien ergonomique.

2. Contexte

- **Utilisateurs cibles**
 - ☐ Athlètes et fabricants d'équipements sportifs pour la prévention des blessures.
 - ☐ Industries automobile et aérospatiale pour les matériaux résistants aux chocs.
- **Applications**
 - ☐ Équipements de protection (casques, gilets pare-balles).
 - ☐ Chaussures, sièges et mobilier ergonomique.

3. Contraintes

- **Défis techniques**
 - ☐ Équilibre entre élasticité et durabilité des matériaux synthétiques.
 - ☐ Garantir l'évolutivité et la rentabilité de la fabrication.
- **Considérations relatives aux coûts**
 - ☐ Réduire les coûts de production sans compromettre la qualité.
- **Impact environnemental**
 - ☐ Utilisation de matériaux et de processus respectueux de l'environnement.

Étape 6 – Évaluer

6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

La solution d'absorption des chocs inspirée des membres des animaux répond efficacement aux besoins en matière de dissipation d'énergie, de durabilité et d'adaptabilité. Les applications vont des équipements sportifs

aux équipements industriels et médicaux. Les défis à relever comprennent la mise à l'échelle et l'équilibre entre le coût et les performances.

6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Les améliorations comprennent

- **Améliorer la durabilité** : utiliser des polymères et des composites avancés pour améliorer la longévité des matériaux.
- **Optimiser l'évolutivité** : développer des techniques de fabrication efficaces pour les matériaux stratifiés et viscoélastiques.
- **Mettre l'accent sur la durabilité** : intégrer des composants biodégradables et recyclables.

En affinant ces aspects, la solution inspirée de l'absorption des chocs par les membres des animaux peut révolutionner la sécurité, le confort et la résistance aux chocs dans divers secteurs industriels.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Modules de formation WP3 sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : nom de la solution

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment les baleines filtrent-elles efficacement les minuscules particules alimentaires dans de grands volumes d'eau à l'aide de leurs fanons ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Fonctions clés de la conception ● Filtration : séparer les matériaux souhaités (par exemple, les petites particules) d'un volume plus important de fluide ou d'autres substances. ● Efficacité énergétique : réaliser la filtration de manière passive, sans apport d'énergie externe. ● Durabilité : maintenir la fonctionnalité en cas d'utilisation répétitive ou prolongée. Contextes biologiques ● Structure en forme de tamis : imiter les poils de kératine qui se chevauchent dans les fanons des baleines pour créer un système de filtration flexible mais durable. ● Capture sélective : conception permettant de retenir efficacement les petites particules tout en laissant passer librement les fluides. ● Faible consommation d'énergie : utilisation de la dynamique des flux passifs, en tirant parti des courants naturels ou de la gravité pour la filtration. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment les organismes naturels filtrent-ils efficacement et durablement les petites particules sans recourir à des mécanismes complexes ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Fonction Filtration passive, efficace et sélective. Modèles naturels ● Baleines : les fanons, composés de kératine, créent une barrière flexible et semi-perméable qui permet de filtrer le krill et le plancton présents dans l'eau. ● Racines de mangrove : elles retiennent les sédiments tout en laissant passer l'eau, ce qui facilite la filtration naturelle.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



- **Toiles d'araignées** : capturent les particules fines telles que la poussière et le pollen grâce à leurs motifs complexes de fibres entrelacées.

3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. Experts

- **Universités et instituts de recherche**
 - **Woods Hole Oceanographic Institution** : Étudie la biologie marine, notamment les mécanismes d'alimentation des baleines.
 - **Institut national des sciences des matériaux (NIMS)** : se concentre sur les matériaux bio-inspirés, notamment les systèmes de filtration.
- **Communautés professionnelles :**
 - **American Filtration Society** : explore les avancées dans les technologies de filtration inspirées par la nature.
 - **Biomimicry Institute** : met en relation les innovateurs avec des ressources sur la conception bio-inspirée.

Se connecter aux communautés

- **Forums et groupes en ligne**
 - **ResearchGate** : collaborez avec des biologistes marins et des scientifiques spécialisés dans les matériaux qui travaillent sur les technologies de filtration.
 - **Groupes LinkedIn** : discutez des systèmes de filtration durables avec des professionnels du secteur.
- **Organisations et événements locaux**
 - **Conférences sur la conservation des océans** : découvrez la biologie des baleines et les technologies bio-inspirées.
 - **Ateliers sur la science des matériaux** : explorez les applications des structures de type tamis dans la conception industrielle.

Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Fonctions essentielles et mots clés

1. Structure en forme de tamis

- **Mots clés** : filtration, kératine, flexibilité.
- **Modèle naturel** : fanons de baleine.
- **Fonction** : utiliser une structure fibreuse en couches pour piéger les petites particules tout en laissant passer les fluides.

2. Capture sélective

- **Mots clés** : rétention des particules, efficacité, différenciation par taille.
- **Modèle naturel** : disposition des poils des fanons.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

	• Fonction : retenir les particules de tailles spécifiques tout en maximisant le débit d'eau ou d'autres fluides. 3. Efficacité énergétique • Mots clés : Filtration passive, dynamique des fluides, durabilité. • Modèle naturel : écoulement de l'eau par les fanons. • Fonction : exploiter les courants naturels ou la gravité pour obtenir une filtration sans apport d'énergie active. 4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain. Structure en forme de tamis • Stratégie de conception : utiliser des fibres souples et superposées pour créer une barrière semi-perméable pour les systèmes de filtration. Capture sélective • Stratégie de conception : optimiser l'espacement et l'alignement des fibres afin de cibler des tailles de particules spécifiques pour la rétention. Efficacité énergétique • Stratégie de conception : concevoir des systèmes fonctionnant de manière passive, en s'appuyant sur la gravité, la dynamique des fluides ou les gradients de pression naturels. « L'émulation est un processus exploratoire qui vise à saisir une « recette » ou un « modèle » dans l'exemple de la nature qui peut être reproduit dans nos propres conceptions. » https://toolbox.biomimicry.org/methods/emulate/ 5.a Répertoriez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. 1. Structure en forme de tamis • Développez des filtres à usage industriel, tels que le traitement des eaux usées ou la production alimentaire, en utilisant des agencements de fibres flexibles.
Étape 5 – Imiter	• Créez des dispositifs personnels de filtration de l'eau inspirés des structures des fanons pour une utilisation en extérieur ou en cas d'urgence. 2. Capture sélective • Concevez des filtres à air qui retiennent les polluants fins tout en laissant passer efficacement l'air pur. • Développer des tamis pour éliminer les microplastiques dans les plans d'eau, en ciblant des particules de tailles spécifiques. 3. Efficacité énergétique • Construire des systèmes de filtration passifs pour les communautés rurales ou hors réseau, éliminant ainsi le besoin d'électricité.



- Intégrez la filtration dans les systèmes de drainage, en utilisant le flux d'eau par gravité pour capturer les débris.

5.b Classez vos idées par catégories en fonction des caractéristiques, du contexte, des contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

1. Caractéristiques

- **Filtration**
 - ☐ Disposition flexible des fibres pour la capture des particules.
 - ☐ Matériaux durables et légers pour une utilisation prolongée.
- **Capture sélective**
 - ☐ Espacement réglable pour cibler des tailles de particules spécifiques.
 - ☐ Systèmes multicouches pour une efficacité de filtration améliorée.
- **Efficacité énergétique**
 - ☐ Les systèmes à écoulement passif ne nécessitent aucune énergie externe.
 - ☐ Mécanismes autonettoyants pour réduire l'entretien.

2. Contexte

- **Utilisateurs cibles**
 - ☐ Industries ayant besoin de systèmes de filtration écologiques et efficaces.
 - ☐ Les amateurs de plein air qui ont besoin de filtres à eau portables.
- **Applications**
 - ☐ Industrielles (traitement des eaux usées, transformation alimentaire).
 - ☐ Consommateurs (filtres à eau, purificateurs d'air).
 - ☐ Environnement (élimination des microplastiques, réduction de la pollution).

3. Contraintes

- **Défis techniques**
 - ☐ Équilibre entre l'efficacité de la filtration et le débit de fluide.
 - ☐ Garantir la durabilité des matériaux dans des conditions variables.
- **Considérations financières**
 - ☐ Réduire les coûts pour une production à grande échelle.
 - ☐ Rendre les filtres abordables pour les communautés à faibles revenus.
- **Impact environnemental**
 - ☐ Utilisation de matériaux durables et biodégradables.
 - ☐ Réduire au minimum les perturbations écologiques pendant la fabrication.

Étape 6 – Évaluer

6.a Évaluer le ou les concepts de conception par rapport à leur adéquation avec les critères et contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

La solution de filtration inspirée des fanons répond à des défis critiques en matière de rétention des particules, d'efficacité énergétique et de durabilité. Ses applications couvrent les domaines industriel, grand public et environnemental, mais des défis tels que l'évolutivité et la durabilité des matériaux demeurent.

6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Les améliorations comprennent

- **Améliorer la durabilité** : développer des polymères avancés ou des fibres naturelles qui imitent la flexibilité et la résilience des fanons.
- **Optimiser l'évolutivité** : améliorer les techniques de fabrication afin de produire des structures en couches, semblables à des tamis, de manière efficace et abordable.
- **Mettre l'accent sur la durabilité** : utiliser des matériaux recyclables ou biodégradables dans la conception des filtres.

En apportant ces améliorations, le système de filtration inspiré des fanons peut offrir des solutions innovantes et écologiques pour répondre à un large éventail de besoins en matière de filtration dans divers secteurs et environnements.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : les barrières antibruit naturelles

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. • Comment les systèmes naturels gèrent-ils le bruit dans leur environnement ? • Comment les forêts atténuent-elles le bruit grâce à leur végétation stratifiée ? • Comment les animaux tels que les hiboux utilisent-ils leurs plumes douces pour minimiser le bruit pendant leur vol ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par les adaptations ou les comportements d'un organisme qui lui permettent de survivre. Elles peuvent également faire référence à quelque chose que votre solution de conception doit accomplir. • La conception vise à absorber ou à dévier passivement le bruit urbain, en s'inspirant des stratégies de gestion du son mises en œuvre par la nature. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. • Au lieu de vous contenter de réduire le bruit, réfléchissez à la manière dont les systèmes naturels utilisent les barrières acoustiques pour maintenir des zones calmes ou protéger les zones sensibles.
Étape 3 – Découvrez	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. • Les forêts et la végétation dense créent des tampons acoustiques naturels. • Les plumes des hiboux absorbent le son grâce à leurs bords frangés et doux. • Les coquillages et les grottes utilisent leur forme et leur structure pour dévier et atténuer le bruit. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. • Écologistes acoustiques et chercheurs en bioacoustique. • Collaborez avec des communautés de conception biomimétique et des groupes d'urbanisme axés sur la réduction du bruit.
Étape 4 – Résumé	4. Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception. Éléments essentiels



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



	• Structures en couches, surfaces souples et formes stratégiques pour diffuser les ondes sonores. 4.b Traduisez les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrivez la stratégie sans utiliser de termes biologiques et reliez-la aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain. • Utilisez des murs végétaux multicouches à feuillage dense. • Intégrez des matériaux souples et poreux inspirés des adaptations animales. • Concevez des structures urbaines aux formes courbes pour disperser le son.
Étape 5 – Imiter	5.a Répertoriez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Caractéristiques clés • Absorption passive du son. • Conceptions écologiques modulaires. • Intégration dans les paysages urbains. Idées • Les barrières acoustiques vivantes sont constituées de couches de végétation. • Panneaux acoustiques imitant l'apparence des plumes de hibou pour les zones calmes. • Structures incurvées réfléchissant le son, inspirées des coquillages. 5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution. • Caractéristiques : absorption acoustique, durabilité. • Contexte : zones urbaines à forte circulation, espaces publics. • Contraintes : limitations d'espace, budget.
Étape 6 – Évaluer	6.a Évaluez le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluez la faisabilité des modèles techniques et commerciaux. Critères • Réduction du bruit. • Intégration environnementale. • Faible entretien. Faisabilité Coût modéré, mais évolutif et respectueux de l'environnement à long terme. 6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable. Tester les solutions dans le cadre de projets pilotes urbains et recueillir des commentaires afin d'affiner les conceptions.





Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : Systèmes de stockage et de distribution d'eau des cactus

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. - Les plantes du désert, comme les cactus et les plantes succulentes, ont évolué pour stocker l'eau dans leurs tissus et minimiser l'évaporation. - Certains animaux, comme le scarabée du désert du Namib, peuvent capter l'eau du brouillard grâce à des structures présentes sur leur corps. - Certaines plantes, comme l'agave, ont des racines profondes qui leur permettent d'accéder à l'eau sous la surface et sont adaptées aux climats secs. 2.b Demandez-vous quel est l'objectif de votre conception. Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par les adaptations ou les comportements d'un organisme qui lui permettent de survivre. Elles peuvent également faire référence à quelque chose que votre solution de conception doit accomplir. - Réduisez la consommation d'eau dans les paysages urbains sans compromettre l'esthétique ou la santé des plantes. - Promouvoir les plantations et les systèmes autonomes et résistants à la sécheresse qui minimisent les besoins en irrigation. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. - Comment les plantes stockent-elles et conservent-elles l'eau ? vs Comment les plantes peuvent-elles activement capter et conserver l'humidité atmosphérique ? - Comment les animaux s'adaptent-ils à la sécheresse extrême ? vs Comment les animaux peuvent-ils nous aider à développer des systèmes de collecte d'eau dans les espaces urbains ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. - Faites des recherches sur des plantes telles que la rose du désert, qui prospère dans les environnements secs et stocke l'eau efficacement. - Étudiez des animaux tels que le scarabée du désert du Namib, qui recueille l'eau contenue dans le brouillard et la condensation. - Explorez les adaptations des plantes et des animaux dans les écosystèmes arides pour mieux comprendre leurs stratégies de rétention d'eau. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



	• Contactez des botanistes, des écologistes et des biologistes spécialisés dans les écosystèmes désertiques et la conservation de l'eau. • Engagez-vous auprès de communautés travaillant sur l'aménagement paysager durable, l'écologie urbaine et les systèmes économes en eau.
Étape 4 – Résumé	4. Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, créez un diagramme ou un dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception. • Stockage de l'eau grâce à des tissus spécialisés et des systèmes racinaires profonds. • Collecte de l'eau atmosphérique à l'aide de structures naturelles (par exemple, textures de surface permettant la collecte de l'eau). • Résistance à la sécheresse et capacité à conserver l'eau pendant de longues périodes. 4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain. • Concevoir un aménagement paysager avec des plantes indigènes et résistantes à la sécheresse qui nécessitent un apport en eau minimal. • Intégrer des surfaces de collecte de brouillard ou d'eau, inspirées de la structure corporelle du scarabée du Namib, afin de collecter l'humidité atmosphérique pour l'irrigation. • Utiliser des plantes à racines profondes qui accèdent naturellement aux eaux souterraines, réduisant ainsi le besoin d'irrigation en surface.
Étape 5 – Imiter	5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. • Espèces végétales résistantes à la sécheresse. • Surfaces de collecte des eaux de pluie et du brouillard. • Systèmes d'irrigation intelligents qui imitent la rétention et le stockage naturels de l'eau dans les écosystèmes. 5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc., et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution. Caractéristiques • Utilisation de plantes indigènes résistantes à la sécheresse. • Structures de collecte d'eau. • Systèmes d'irrigation efficaces qui imitent les cycles naturels de l'eau. Contexte • Parcs urbains, paysages urbains et zones résidentielles. • Lieux où l'eau est rare ou où l'accès aux ressources d'irrigation est limité.





	Contraintes • Coûts d'installation initiaux des systèmes de collecte d'eau. • Exigences d'entretien pour les solutions d'irrigation spécialisées.
Étape 6 – Évaluer	6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. • Évaluez la faisabilité de la mise en place de structures de collecte d'eau dans un environnement urbain. • Évaluez le degré d'adaptation des espèces végétales indigènes aux environnements urbains locaux. • Vérifiez la compatibilité avec les réglementations locales en matière d'utilisation de l'eau et les objectifs de durabilité. 6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable. • Affiner les technologies de collecte de l'eau en fonction des données climatiques et de la disponibilité locale en eau. • Adaptez le choix des plantes en fonction des préférences régionales et des facteurs environnementaux.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : système de recyclage naturel

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. • Comment les animaux, les insectes ou les micro-organismes trient-ils et traitent-ils les matières dans leur environnement naturel ? • Comment les écosystèmes décomposent-ils la matière organique et recyclent-ils efficacement les nutriments ? 2.b Demandez-vous quel est l'objectif de votre conception. Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par les adaptations ou les comportements d'un organisme qui lui permettent de survivre. Elles peuvent également faire référence à quelque chose que votre solution de conception doit accomplir. • La conception doit créer un système de tri et de recyclage des déchets efficace et autonome, inspiré des processus naturels. • Le système doit identifier les différents types de déchets, les trier en conséquence et faciliter le processus de recyclage avec un minimum d'intervention humaine. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. • Comment les animaux stockent-ils ou protègent-ils les ressources précieuses dans la nature ? (par opposition à : comment traitent-ils les déchets ?) • Comment les écosystèmes maintiennent-ils l'équilibre et recyclent-ils l'énergie dans leurs habitats ? (par opposition à : comment les écosystèmes génèrent-ils des déchets ?)
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. • Dans la nature, les champignons décomposent la matière organique et recyclent les nutriments dans le sol. • Les fourmis et les termites trient et transportent efficacement les matériaux au sein de leurs colonies. • Les micro-organismes présents dans les systèmes de compostage travaillent ensemble pour décomposer les déchets et créer un sol fertile. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. • Consultez des écologistes et des ingénieurs environnementaux spécialisés dans la gestion des déchets ou les processus de recyclage naturel.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



	● Contactez des experts qui étudient les écosystèmes et la décomposition des matières organiques, tels que ceux qui font des recherches sur le compostage et la décomposition des déchets.
Étape 4 – Résumé	4. Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, créez un diagramme ou un dessin et/ou trouvez des images qui peuvent éclairer la conception. Stratégie biologique Tri et décomposition efficaces des déchets inspirés des fourmis, des champignons et des micro-organismes. Fonctions essentielles ● Tri des matériaux : similaire à la façon dont les fourmis organisent les déchets et la nourriture dans leurs nids. ● Décomposition et recyclage : inspiré par les champignons qui décomposent les matières organiques en nutriments. ● Collaboration : les micro-organismes travaillent ensemble pour décomposer efficacement les déchets et enrichir le sol. 4.b Traduire les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain. ● La stratégie de conception consisterait à créer un système automatisé qui trie différents types de déchets (organiques, recyclables, non recyclables) à l'aide de capteurs et de méthodes de tri mécaniques, imitant la précision des fourmis dans l'organisation des ressources. ● Le système intégrerait des processus microbiens qui accélèrent la décomposition des déchets, à l'instar du compostage naturel, en utilisant les déchets pour produire de l'énergie ou des produits organiques tels que des engrais.
Étape 5 – Imiter	5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. ● Tri automatisé des déchets par type et par matériau. ● Systèmes de traitement microbien des déchets (similaires au compostage ou au recyclage naturel). ● Système de récupération des matériaux réutilisables pour recycler le plastique, les métaux et les déchets organiques. 5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc., et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution. Catégories ● Fonctionnalité : tri automatisé des déchets, recyclage et décomposition organique. ● Durabilité : intégration de processus microbiens pour réduire les déchets mis en décharge et générer des produits organiques.





	● Faisabilité : mise en œuvre de l'IA et de capteurs pour le tri, tout en maintenant une faible consommation d'énergie.
Étape 6 – Évaluer	6.a Évaluer le ou les concepts de conception par rapport à leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux. ● La conception répond au défi en automatisant le tri des déchets et en intégrant des processus de recyclage naturels. ● Il s'inscrit dans le cadre de pratiques durables, en réduisant la quantité de déchets envoyés dans les décharges et en minimisant le travail humain. Faisabilité Les coûts initiaux élevés de l'automatisation sont compensés par les économies à long terme et les avantages environnementaux, ce qui en fait un investissement rentable. 6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable. ● Réévaluez l'analyse coûts-avantages pour une mise en œuvre à grande échelle et trouvez des moyens de réduire les coûts initiaux. ● Explorez les possibilités de partenariat avec les municipalités locales et les organisations environnementales pour tester la solution.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : systèmes de stockage et de distribution d'eau à base de cactus

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Les cactus sont d'excellents modèles pour la collecte et le stockage efficaces de l'eau. Leur structure unique leur permet de capter l'humidité de l'air et de la canaliser vers leurs racines, même dans des conditions arides. 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par les adaptations ou les comportements d'un organisme qui lui permettent de survivre. Elles peuvent également faire référence à quelque chose que votre solution de conception doit accomplir. La conception doit permettre de capter et de stocker l'eau provenant des précipitations ou de l'humidité en milieu urbain, en minimisant les pertes d'eau et en optimisant le stockage pour une utilisation ultérieure pendant les périodes de sécheresse. 2.c Inversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment les plantes font-elles face à la pénurie d'eau ? vs. Comment pouvons-nous stocker l'excès d'eau pour éviter les inondations lors de fortes pluies ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. - La structure des épines et des crêtes des cactus leur permet de canaliser l'eau directement vers leurs racines, empêchant ainsi l'évaporation et maximisant la capture d'eau. Des méthodes similaires pourraient être appliquées à l'architecture urbaine afin de créer des systèmes efficaces de collecte des eaux de pluie. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. - Collaborez avec des experts en physiologie végétale et en gestion durable de l'eau pour comprendre comment les adaptations des cactus peuvent être transposées dans les systèmes d'approvisionnement en eau urbains.
Étape 4 – Résumé	4. Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, créez un diagramme ou un dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception. Le cactus utilise sa forme et la texture unique de sa surface pour canaliser l'humidité vers ses racines. Ces adaptations peuvent être reproduites dans les systèmes d'approvisionnement en eau urbains afin de collecter, stocker et utiliser l'eau de manière durable. 4.b Traduisez les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrivez la stratégie sans utiliser de termes biologiques et reliez-la aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Étape 5 – Imiter	Les infrastructures urbaines pourraient être conçues avec des surfaces qui collectent et canalisent efficacement l'eau, en utilisant des matériaux qui imitent la texture et la forme des épines de cactus. Par exemple, les toits pourraient être équipés de dispositifs qui captent l'eau de pluie et la dirigent vers des réservoirs de stockage ou des espaces verts pour une utilisation ultérieure. 5.a Dressez la liste des informations clés et explorez autant d'idées que possible. ● Collecte de l'eau grâce à la texture des surfaces. ● Systèmes passifs de collecte d'eau dans les bâtiments. ● Utilisation de crêtes ou d'épines inspirées des cactus pour canaliser l'eau de pluie vers des systèmes de stockage. 5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc., et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution. ● Caractéristiques : Captage et stockage efficaces de l'eau, évaporation minimale. ● Contexte : Environnements urbains avec des régimes pluviométriques variables. ● Contraintes : Limitations d'espace, coûts d'installation et intégration aux infrastructures existantes.
Étape 6 – Évaluer	6.a Évaluer le ou les concepts de conception par rapport à leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux. Conformité de la conception ● Le système de collecte d'eau inspiré des structures des cactus vise à améliorer la gestion de l'eau en milieu urbain en offrant un captage et un stockage efficaces de l'eau, en particulier dans les zones sujettes à la sécheresse et aux inondations. ● Cette solution pourrait contribuer à rendre les environnements urbains plus durables en réduisant le gaspillage d'eau et en minimisant les risques d'inondation grâce à une collecte efficace des eaux de pluie. Compatibilité avec les systèmes terrestres ● La conception imite les méthodes naturelles de collecte de l'eau, qui sont intrinsèquement durables. L'utilisation du biomimétisme pour reproduire les caractéristiques des cactus garantit que la solution fonctionne en harmonie avec les cycles naturels de l'eau sur Terre, plutôt que de les perturber. ● Ce système favoriserait la conservation de l'eau, réduirait la dépendance à l'égard des infrastructures hydrauliques traditionnelles et fonctionnerait en harmonie avec la nature plutôt que contre elle. Faisabilité du modèle technique ● Avantages : la technologie permettant de créer des surfaces de collecte d'eau qui imitent la structure des cactus est réalisable et peut être intégrée dans les bâtiments existants ou les infrastructures urbaines grâce à une conception appropriée. ● Inconvénients : les coûts initiaux d'installation de ces systèmes peuvent être élevés, et la modernisation des bâtiments anciens peut présenter des difficultés. Cependant, les avantages à long terme



avantages à long terme liés à la réduction de la consommation d'eau et des inondations pourraient l'emporter sur ces coûts.

Faisabilité du modèle commercial

- Compte tenu de l'intérêt croissant pour la durabilité et la résilience climatique, le marché pour ce type de solutions est en pleine expansion. Des partenariats avec des urbanistes, des municipalités et des constructeurs soucieux de l'environnement pourraient favoriser l'adoption de ces systèmes. Cependant, l'investissement initial pourrait constituer un obstacle à leur mise en œuvre à grande échelle.

6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Révisions à envisager

- Recherche approfondie de matériaux rentables ou de solutions évolutives afin de minimiser les coûts initiaux.
- Prise en compte de conceptions modulaires pouvant être adaptées à différents environnements urbains, facilitant l'intégration du système dans les infrastructures existantes.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : termitières qui régulent la température et l'humidité

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. La nature résout les problèmes de refroidissement grâce à diverses stratégies biologiques. Par exemple, les termites construisent des termitières dotées de structures internes complexes qui régulent efficacement la température et l'humidité malgré des conditions extérieures extrêmes. Ces termitières restent fraîches même à des températures élevées grâce à leur système de ventilation naturel. 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par les adaptations ou les comportements d'un organisme qui lui permettent de survivre. Elles peuvent également faire référence à quelque chose que votre solution de conception doit accomplir. Le projet vise à réduire la consommation d'énergie nécessaire au refroidissement des installations industrielles en reproduisant les stratégies de refroidissement passif de la nature. Plus précisément, il vise à optimiser le contrôle de la température interne sans recourir à des systèmes de climatisation ou de réfrigération énergivores. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. • Comment la nature peut-elle aider à maintenir la chaleur ou à garder les processus chauds sans énergie excessive ? • Comment pouvons-nous éviter le refroidissement excessif tout en garantissant des conditions optimales dans un environnement industriel ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. • La termitière est un modèle naturel bien connu de refroidissement passif, qui utilise le flux naturel de l'air et sa conception structurelle pour maintenir une température interne stable. • D'autres modèles potentiels pourraient inclure les stratégies de refroidissement de certaines plantes du désert ou la peau d'animaux comme les éléphants, qui régule la température corporelle grâce à des mécanismes de circulation très efficaces. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. • Les experts en architecture bioclimatique, tels que ceux qui travaillent dans le domaine des technologies de refroidissement passif, peuvent fournir des informations précieuses sur les applications biomimétiques les plus efficaces. • Les naturalistes spécialisés dans les écosystèmes désertiques ou ceux qui étudient la thermorégulation chez les animaux peuvent également offrir des perspectives précieuses.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Étape 4 – Résumé	4. Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, créez un diagramme ou un dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception. Le cactus utilise sa forme et sa texture de surface uniques pour canaliser l'humidité vers ses racines. Ces adaptations peuvent être imitées dans les systèmes d'eau urbains afin de collecter, stocker et utiliser l'eau de manière durable. 4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain. Les infrastructures urbaines pourraient être conçues avec des surfaces qui collectent et canalisent efficacement l'eau, en utilisant des matériaux qui imitent la texture et la forme des épines de cactus. Par exemple, les toits pourraient être équipés de dispositifs qui captent l'eau de pluie et la dirigent vers des réservoirs de stockage ou des espaces verts pour une utilisation ultérieure.
Étape 5 – Imiter	5.a Dressez la liste des informations clés et explorez autant d'idées que possible. Informations clés • Systèmes de ventilation passive. • Matériaux absorbant la chaleur. • Contrôle de la température autorégulé. • Technologies de refroidissement durables. Idées • Concevoir des espaces industriels équipés de systèmes de ventilation passive similaires à ceux des termitières. • Utiliser des matériaux écologiques tels que la pierre naturelle ou l'argile, qui ont une masse thermique élevée, pour les bâtiments. • Mettez en place un système à capteurs pour réguler automatiquement le débit d'air et les températures internes. 5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc., et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution. Catégories • Caractéristiques : refroidissement passif, température autorégulée, utilisation de matériaux naturels • Contexte : usines industrielles, processus de fabrication à forte consommation d'énergie • Contraintes : coût de l'installation initiale, intégration dans les bâtiments existants • Concept de conception sélectionné : une solution hybride combinant ventilation passive et masse thermique, avec un système automatisé de gestion du flux d'air. Étape 6 – Évaluer 6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.





Conformité de la conception

La solution de conception répond directement au défi de la réduction de la consommation d'énergie dans le refroidissement industriel en utilisant des méthodes inspirées de la nature pour la régulation de la température, réduisant ainsi la dépendance aux systèmes de climatisation énergivores.

Compatibilité avec les systèmes terrestres :

La solution est hautement compatible avec les systèmes terrestres, utilisant des matériaux naturels et des stratégies de refroidissement passif, réduisant ainsi l'impact environnemental des processus de refroidissement industriel.

Faisabilité du modèle technique :

La technologie est réalisable, car les systèmes de refroidissement passif et les matériaux absorbant la chaleur existent déjà. Cependant, les coûts initiaux d'installation de tels systèmes peuvent être élevés et la modernisation d'usines plus anciennes peut s'avérer difficile.

Faisabilité du modèle commercial :

Le modèle économique est viable, en particulier à long terme. Les économies d'énergie réalisées grâce à la réduction des coûts de refroidissement et la demande croissante de solutions durables rendront probablement le système rentable à terme. Les gouvernements et les organisations environnementales peuvent offrir des subventions ou des aides financières pour de telles initiatives.

6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Révisions à envisager

- Poursuivre les recherches sur les matériaux à faible coût pour la régulation thermique qui peuvent être utilisés dans les premières étapes de la conception.
- Explorer des conceptions modulaires qui permettent aux entreprises d'intégrer le système progressivement, réduisant ainsi la charge financière liée à sa mise en œuvre complète.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : système d'irrigation de précision inspiré de la nature

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. Les écosystèmes naturels utilisent l'eau de manière efficace grâce à divers mécanismes, tels que la distribution de l'eau via les systèmes racinaires des plantes et les techniques d'absorption de l'eau de pluie de certaines plantes. Par exemple, les plantes comme les cactus stockent l'eau et l'utilisent de manière stratégique, tandis que la mousse absorbe et retient l'humidité efficacement. 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. Déterminez les fonctions clés de votre conception et identifiez les contextes dans la nature. Les fonctions peuvent faire référence au rôle joué par les adaptations ou les comportements d'un organisme qui lui permettent de survivre. Elles peuvent également faire référence à quelque chose que votre solution de conception doit accomplir. La conception doit garantir une distribution précise et efficace de l'eau dans les champs agricoles, en minimisant le gaspillage et en veillant à ce que chaque plante reçoive la quantité d'eau appropriée en fonction de ses besoins et de l'environnement qui l'entoure. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Au lieu de vous concentrer sur la manière dont l'eau peut être ajoutée au sol, réfléchissez à la manière dont les plantes parviennent à réduire les pertes d'eau par transpiration. Comment les plantes empêchent-elles l'eau de s'évaporer trop rapidement ou s'assurent-elles que l'humidité est stockée là où elle est le plus nécessaire ?
Étape 3 – Découvrez	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. - Examinez comment les plantes désertiques, telles que les plantes succulentes et les cactus, stockent l'eau et la libèrent progressivement. De plus, les systèmes racinaires des arbres forestiers ont évolué pour absorber l'humidité en profondeur dans le sol et la distribuer efficacement aux différentes parties de la plante. - Étudiez comment les mousses et les fougères retiennent l'eau, ce qui pourrait inspirer de nouvelles approches pour stocker et distribuer l'humidité. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. - Entrez en contact avec des biologistes spécialisés dans les mécanismes de stockage de l'eau chez les plantes. - Entrez en contact avec des experts en agriculture de précision et en hydrologie afin d'obtenir des informations sur les technologies existantes en matière d'économie d'eau et les défis liés à l'irrigation.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, créez un diagramme ou un dessin et/ou trouvez des images qui peuvent éclairer la conception.

- Les **cactus** stockent l'eau dans leurs tissus, qui peut être utilisée progressivement au fil du temps.
- Les **mousses** peuvent absorber et retenir l'eau de manière à empêcher une évaporation excessive.
- Les **racines des arbres** forment un réseau profond et étendu qui permet à la plante d'accéder à l'humidité sur une plus grande surface, même dans des conditions sèches.

4.b Traduisez les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrivez la stratégie sans utiliser de termes biologiques et reliez-la aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

- Concevez un **système d'irrigation** inspiré de la façon dont les **cactus** stockent l'eau, en utilisant **des capteurs d'humidité intelligents** et **des vannes intelligentes** pour libérer l'eau lentement et efficacement selon les besoins.
- Intégrez **des techniques de micro-irrigation**, similaires à la façon dont la mousse absorbe et retient l'eau, afin de garantir que l'eau soit acheminée directement vers les racines des plantes sans évaporation inutile.
- Concevez un réseau d'irrigation qui imite le **système racinaire** des arbres, afin que l'eau puisse être absorbée en profondeur et efficacement, jusqu'aux racines les plus éloignées.

Étape 5 – Imiter

5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

- Système d'irrigation intelligent avec surveillance de l'humidité en temps réel.
- Systèmes autorégulés qui ajustent le débit d'eau en fonction des conditions météorologiques et des besoins des plantes.
- Irrigation goutte à goutte à basse pression pour minimiser l'évaporation et le ruissellement.
- Réservoirs de stockage d'eau qui libèrent lentement l'humidité en fonction des besoins de la plante, imitant les capacités de stockage d'eau des cactus.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc., et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques clés

- Capteurs d'humidité intelligents.
- Système d'irrigation goutte à goutte pour une distribution ciblée de l'eau.
- Programmes d'arrosage adaptatifs en fonction des conditions météorologiques.

Contexte

- Mis en œuvre dans les zones sèches ou sujettes à la sécheresse où l'agriculture dépend de l'irrigation.
- Favorise les pratiques agricoles durables.

Contraintes



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



	• Coûts d'installation initiaux élevés pour le système avancé. • Une assistance technique est nécessaire pour la maintenance du système.
Étape 6 – Évaluer	6.a Évaluez le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Le système répond au défi en proposant une solution au gaspillage d'eau et en garantissant que les cultures reçoivent la quantité d'eau nécessaire. Compatibilité avec les systèmes terrestres Le système utilise les principes naturels de conservation et de stockage de l'eau, et minimise l'impact environnemental en réduisant le gaspillage d'eau et en favorisant des pratiques agricoles durables. 6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable. • Assurez-vous que le système est adaptable à de grands champs et abordable pour les petits agriculteurs. • Envisagez des options solaires ou à faible consommation d'énergie pour faire fonctionner le système d'irrigation dans les régions où l'accès à l'électricité est limité.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : structure résiliente des palmiers

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. Modèle biologique Les palmiers sont des structures très souples et résistantes qui peuvent supporter les vents extrêmes des tempêtes tropicales et des ouragans. Leur tronc long et élancé et leurs frondes aérodynamiques leur permettent de se plier sans se briser, dispersant ainsi efficacement la force du vent. De plus, leur système racinaire profond et étendu leur assure un ancrage solide dans les sols meubles ou sableux.
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Aperçu de la solution Concevez des bâtiments résilients inspirés des propriétés structurelles des palmiers, en intégrant flexibilité, conception aérodynamique et systèmes d'ancrage profonds. La solution vise à créer des structures écoénergétiques et résistantes aux intempéries, capables de résister à des vents violents et à des phénomènes météorologiques extrêmes. Caractéristiques principales de la conception Forme aérodynamique du bâtiment - La forme du bâtiment imite les feuilles profilées d'un palmier, réduisant ainsi la résistance au vent et la pression sur la structure. - Les bords arrondis ou effilés peuvent rediriger le flux du vent, minimisant ainsi les dommages potentiels. Matériaux de construction flexibles - Utilisez des matériaux de construction flexibles, tels que des composites à haute résistance ou de la fibre de carbone, inspirés de la souplesse des troncs de palmiers. - Le bâtiment peut osciller et dissiper l'énergie lors de vents violents sans subir de dommages structurels. Fondations profondément ancrées - Utilisez des systèmes de fondations profondes inspirés de la structure des racines des palmiers, garantissant la stabilité même dans des sols meubles ou sableux. - Prévoyez des fondations ajustables pour les zones sismiques, afin d'améliorer la résilience face à de multiples risques. Composants légers et modulaires



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Étape 4 – Résumé

- Les composants modulaires et légers réduisent la charge structurelle globale tout en conservant leur résistance, à l'instar de la composition légère des feuilles de palmier.
- Ces composants peuvent être préfabriqués, ce qui réduit les coûts et les délais de construction.

Caractéristiques d'efficacité énergétique

- Intégrez des conceptions de ventilation naturelle inspirées de l'espacement des feuilles de palmier, qui permettent la circulation de l'air tout en fournissant de l'ombre.
- Intégrer des panneaux solaires sur les toits et des systèmes de récupération des eaux de pluie pour une utilisation durable des ressources.

4. Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, créez un diagramme ou un dessin et/ou trouvez des images qui peuvent illustrer la conception.

Applications

- Bâtiments côtiers dans les régions sujettes aux ouragans.
- Logements modulaires pour les secours en cas de catastrophe.
- Gratte-ciel dans les zones urbaines exposées à des phénomènes météorologiques extrêmes.

Résultats attendus

- Amélioration de la sécurité et de la durabilité des bâtiments en cas de conditions météorologiques extrêmes.
- Réduction des coûts de réparation et de reconstruction après une catastrophe.
- Promotion de conceptions architecturales durables et adaptables.

Participation des partenaires

- **Cabinets d'architectes** : conception de prototypes de bâtiments biomimétiques.
- **Entreprises d'ingénierie** : tester des matériaux flexibles et des systèmes d'ancrage.
- **Agences gouvernementales** : financement et subventions pour les initiatives de construction résiliente.

Étape 5 – Imiter

5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

- Système d'irrigation intelligent avec surveillance en temps réel de l'humidité du sol, inspiré de la sensibilité des racines des plantes aux niveaux d'eau.
- Systèmes autorégulés qui ajustent le débit d'eau en fonction des conditions météorologiques, imitant le comportement de la mousse et des cactus qui s'adaptent à la disponibilité en eau.
- Systèmes d'irrigation goutte à goutte à basse pression pour réduire l'évaporation et minimiser le ruissellement de l'eau, à l'instar des plantes du désert qui minimisent la perte d'eau.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



- Réservoirs de stockage d'eau qui imitent les capacités de rétention d'eau des cactus, libérant progressivement l'humidité aux plantes en fonction de leurs besoins.
- Systèmes de distribution d'eau souterrains inspirés des racines pour assurer une hydratation uniforme du sol.

5.b Classez vos idées par catégories (caractéristiques, contexte, contraintes, etc.) et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques clés

- **Capteurs d'humidité intelligents** : surveillent les conditions du sol en temps réel afin de réguler l'irrigation.
- **Système d'irrigation goutte à goutte** : assure une distribution ciblée et efficace de l'eau.
- **Programmes d'arrosage adaptatifs** : utilisent les données météorologiques pour déterminer le moment et la fréquence d'irrigation optimaux.
- **Solutions de stockage de l'eau** : réservoirs conçus pour reproduire les capacités de rétention d'eau des cactus.

Contexte

- Conçu pour les champs agricoles situés dans des régions arides ou sujettes à la sécheresse.
- Favorise les pratiques agricoles durables en réduisant le gaspillage d'eau et en garantissant l'efficacité des ressources.
- Contraintes
- Coûts initiaux élevés pour la technologie de pointe et l'installation.
- Les agriculteurs doivent suivre une formation pour pouvoir utiliser et entretenir le système.
- Évolutivité limitée dans les zones où l'accès à la technologie ou à l'électricité est difficile.

Étape 6 – Évaluer

6.a Évaluer le ou les concepts de conception par rapport à leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

La solution répond au défi en réduisant le gaspillage d'eau et en garantissant une hydratation adéquate des cultures.

Conformité aux critères

- Réduit la consommation d'eau.
- Améliore le rendement des cultures grâce à une hydratation précise et efficace.
- Soutient l'agriculture durable en imitant les principes naturels de conservation de l'eau.

Compatibilité avec les systèmes terrestres



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

- Utilise des principes biomimétiques qui s'alignent sur les stratégies naturelles de gestion et de conservation de l'eau.
- Minimise l'impact environnemental en réduisant le ruissellement, l'évaporation et le gaspillage d'eau.

6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

- **Évolutivité** : développer des systèmes modulaires pour les petites et grandes exploitations agricoles afin de rendre la solution plus accessible.
- **Accessibilité financière** : explorer les possibilités de subventions, de partenariats et de versions abordables pour les petits exploitants agricoles.
- **Efficacité énergétique** : intégrer l'énergie solaire ou d'autres sources d'énergie renouvelables pour faire fonctionner le système d'irrigation dans les zones reculées.
- **Maintenance** : développer une interface conviviale et fournir une assistance technique ou des programmes de formation aux agriculteurs.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : isolation et régulation thermique efficaces dans la nature

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Modèle biologique Le monde naturel offre une multitude d'exemples d'isolation et de régulation thermique efficaces, l'un des plus connus étant la structure des terriers d'animaux. Par exemple, le terrier du lapin européen maintient une température relativement stable, même lors de changements saisonniers extrêmes, grâce aux propriétés isolantes du sol environnant. Un autre exemple est la fourrure de l'ours polaire, qui offre une excellente isolation thermique contre les températures glaciales grâce à une combinaison de sous-poil dense et de poils de garde creux qui emprisonnent l'air.
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Aperçu de la solution Concevez un système d'isolation des bâtiments inspiré des mécanismes naturels de régulation thermique, tels que ceux que l'on trouve dans les terriers d'animaux et la fourrure des ours polaires. L'objectif est de développer un matériau isolant qui améliore l'efficacité énergétique en utilisant des matériaux naturels et biodégradables, offrant une stabilité thermique sans recourir à des alternatives synthétiques ou non biodégradables. Caractéristiques clés de la conception ● Matériaux isolants biodégradables : utilisation de matériaux à base de cellulose, de béton de chanvre ou de mycélium (racines fongiques) comme isolants naturels, qui imitent les propriétés isolantes du sol dans les terriers d'animaux ou la régulation thermique de la fourrure des ours polaires. ● Isolation multicouche : à l'instar des couches de fourrure des ours polaires, l'isolation peut comporter plusieurs couches de densités et de structures variables afin de retenir la chaleur dans les climats froids ou de permettre la ventilation dans les climats chauds. ● Masse thermique et régulation du flux d'air : composants de construction intégrant un système de chauffage et de refroidissement passif, inspirés des terriers, où la masse thermique des murs régule les températures internes tout en permettant la circulation de l'air et en empêchant la surchauffe. ● Systèmes de ventilation naturelle : comprenant des conduits d'air et des événements inspirés des terriers d'animaux, qui permettent la circulation naturelle de l'air chaud et froid afin d'améliorer la régulation de la température sans recourir à des systèmes mécaniques.



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, créez un diagramme ou un dessin et/ou trouvez des images qui peuvent éclairer la conception.

Applications

- **Maisons résidentielles dans des climats extrêmes** : les bâtiments situés dans des climats chauds ou froids où la consommation d'énergie pour le chauffage ou la climatisation est élevée peuvent bénéficier d'une meilleure isolation naturelle.
- **Bâtiments publics et commerciaux** : les écoles, les hôpitaux et les bureaux cherchent à réduire leur consommation d'énergie et à créer des environnements plus sains et plus durables.
- **Projets de construction écologiques** : maisons construites avec des matériaux durables, visant à obtenir des certifications de construction écologique telles que LEED.

Résultats attendus

- Réduction de la consommation d'énergie pour le chauffage et la climatisation, ce qui permet de diminuer à la fois les coûts d'exploitation et l'impact environnemental.
- Amélioration du confort intérieur grâce à la stabilisation des températures internes tout au long de l'année.
- Utilisation accrue de matériaux durables et biodégradables dans le secteur de la construction.

Implication des partenaires

- **Fabricants de matériaux** : fournir et développer des matériaux d'isolation durables et biodégradables, tels que le mycélium, le béton de chanvre et la cellulose.
- **Cabinets d'architectes** : conception de bâtiments intégrant ces nouveaux matériaux isolants et des systèmes de régulation thermique passive.
- **Agences gouvernementales** : apporter un soutien et des incitations aux solutions de construction écologiques et aux pratiques de construction durables.

Étape 5 – Imiter

5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

- **Matériaux isolants naturels** : mycélium, béton de chanvre, cellulose et matériaux isolants à base de laine.
- **Systèmes d'isolation multicouches** : plusieurs couches de matériaux aux propriétés thermiques variables pour créer un système d'isolation multifonctionnel, similaire à la fourrure des ours polaires ou à la structure des terriers.
- **Régulation passive de la température** : intégrer des systèmes permettant d'équilibrer les fluctuations de température sans intervention mécanique, inspirés des systèmes naturels tels que les terriers d'animaux ou les chambres d'hibernation.
- **Canaux de ventilation** : intégrer des canaux de circulation d'air passifs qui régulent naturellement la température, sans avoir recours à des systèmes CVC énergivores.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Catégorie	Caractéristiques
Matériaux	Des matériaux biodégradables, tels que le béton de chanvre, la cellulose et le mycélium, sont utilisés pour l'isolation.
Système d'isolation	Système d'isolation multicouche inspiré de la fourrure des ours polaires et de leurs tanières.
Régulation thermique	Utilisation de canaux de ventilation naturels pour réguler le flux d'air et la température.
Efficacité énergétique	Intégration d'une régulation thermique naturelle afin de réduire la dépendance aux systèmes de chauffage ou de refroidissement artificiels.

Contexte

- Cette solution convient aux régions soumises à des climats extrêmes, en particulier celles où la consommation d'énergie pour le chauffage ou le refroidissement est un sujet de préoccupation.
- La conception favorise également l'utilisation de matériaux écologiques dans le secteur du bâtiment, contribuant ainsi à une architecture durable.

Contraintes

- Le coût des matériaux écologiques peut être initialement plus élevé, mais les économies d'énergie réalisées à long terme pourraient compenser l'investissement initial.
- L'adaptation de cette solution à des bâtiments de grande taille ou à des environnements urbains peut nécessiter des ajustements aux techniques de construction traditionnelles.

6.a Évaluez le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluez la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

Conformité avec le défi

Cette conception offre une solution naturelle au défi en utilisant le biomimétisme pour réduire la consommation d'énergie pour le chauffage et le refroidissement. En imitant les propriétés isolantes des terriers d'animaux et de la fourrure des ours polaires, la solution répond directement au besoin d'une meilleure isolation.

Compatibilité avec les systèmes terrestres

Étape 6 – Évaluer



L'utilisation de matériaux naturels biodégradables s'inscrit dans le respect des systèmes terrestres, en réduisant les déchets et en minimisant l'empreinte environnementale des bâtiments. Ce système de régulation passive de la température minimise également les besoins en énergie externe, réduisant ainsi l'empreinte carbone du bâtiment.

6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

- **Évolutivité** : explorez les options d'isolation modulaire qui peuvent être adaptées à différentes tailles de bâtiments, des petites maisons aux grands bâtiments commerciaux.
- **Abordabilité** : étudier la production en série de matériaux biodégradables afin de réduire les coûts, et envisager des subventions ou des incitations pour l'adoption de matériaux durables dans la construction.
- **Maintenance** : veillez à ce que les systèmes de ventilation passive soient faciles à entretenir et adaptables à différentes conditions climatiques. De plus, apportez votre soutien à l'installation de matériaux isolants dans les bâtiments existants, et pas seulement dans les nouvelles constructions.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Modules de formation WP3 sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : Systèmes de filtration naturels pour purifier l'eau

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Modèle biologique Les systèmes de filtration naturels, tels que les zones humides, utilisent les plantes, les micro-organismes et les processus naturels pour nettoyer et purifier l'eau. Les zones humides filtrent les polluants en utilisant les racines des plantes pour absorber les nutriments et les contaminants, tandis que les micro-organismes décomposent les matières organiques. Le mouvement lent de l'eau à travers le sol des zones humides contribue également à piéger les particules et à réduire le rejet de polluants. De plus, la biofiltration dans les sols et les lits des rivières élimine efficacement les toxines grâce à des processus biochimiques naturels.
Étape 3 – Découvrez	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Aperçu de la solution Concevez un système de traitement des eaux usées basé sur les principes de la filtration naturelle, utilisant des plantes, des micro-organismes et des systèmes de biofiltration pour purifier l'eau. La solution vise à réduire l'utilisation de produits chimiques et la consommation d'énergie tout en conservant des capacités de filtration et de purification efficaces. Principales caractéristiques de la conception ● Biofiltres à base de plantes : utilisez les systèmes racinaires de plantes telles que les roseaux ou les quenouilles, connus pour absorber les contaminants et purifier l'eau, afin de créer un système de filtration naturel. ● Couches de biofilm microbien : intégrer des couches de micro-organismes naturels capables de décomposer les contaminants organiques et de convertir les composés nocifs en substances moins toxiques. ● Médias filtrants en couches : utilisation de matériaux naturels tels que le gravier, le sable et le charbon actif, qui imitent le processus de filtration des lits de rivières et du sol, pour filtrer physiquement et chimiquement les polluants. ● Ralentissement du mouvement de l'eau : mettre en place un système qui ralentit le débit de l'eau, permettant ainsi d'allonger le temps de filtration, à l'instar de la filtration naturelle dans les zones humides, où l'eau passe à travers différents substrats et interagit avec des micro-organismes.



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, créez un diagramme ou un dessin et/ou trouvez des images qui peuvent éclairer la conception.

Applications

- Petites stations d'épuration municipales et communautaires.
- Systèmes décentralisés ou ruraux de gestion des eaux usées.
- Écovillages, traitement des eaux usées agricoles ou systèmes de filtration des eaux pluviales.
- Systèmes urbains de récupération et de réutilisation de l'eau.

Résultats attendus

- Réduction de la dépendance aux processus de traitement chimique à forte intensité énergétique.
- Réduction efficace des polluants, tels que l'azote, le phosphore et les matières organiques.
- Amélioration de la qualité de l'eau pour sa réutilisation ou son rejet dans les sources d'eau naturelles.
- Durabilité et rentabilité accrues des opérations de traitement des eaux usées.

Implication des partenaires

- **Ingénieurs en environnement** : conception du système et intégration d'éléments biologiques dans les infrastructures existantes.
- **Municipalités et agences gouvernementales** : soutien aux projets pilotes, financement et mise en œuvre des systèmes.
- **Développeurs agricoles et éco-communautaires** : application des systèmes dans des zones rurales ou décentralisées.

Étape 5 – Imiter

5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

- Systèmes de zones humides flottantes pour le traitement des eaux usées dans les lagunes ou les étangs.
- Piles à combustible microbiennes combinées à la biofiltration pour améliorer la purification de l'eau.
- Zones humides artificielles avec différentes profondeurs et différents types de plantes pour traiter différents contaminants.
- Unités de biofiltration modulaires pouvant être adaptées en fonction de la taille de la communauté ou de l'installation.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Étape 6 – Évaluer

Caractéristiques clés

- Unités de biofiltration modulaires intégrant une filtration à base de plantes.
- Intégration de couches microbiennes pour une meilleure décomposition des matières organiques.
- Système de filtration à faible entretien, fonctionnant par gravité, pour les petites communautés.

Contexte

- Convient aux zones rurales et urbaines où le traitement conventionnel des eaux usées est difficile ou coûteux à mettre en œuvre.
- Peut être adapté aux installations de grande ou petite taille, en fonction de la taille de la communauté ou du volume des eaux usées.

Contraintes

- Processus de traitement plus lent que les traitements chimiques conventionnels.
- Coûts initiaux liés à la construction des systèmes de biofiltration.
- Difficultés à maintenir une santé optimale des plantes et des micro-organismes pour un fonctionnement à long terme.

6.a Évaluer le ou les concepts de conception par rapport à leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

Le système répond au défi en offrant une alternative durable, à faible consommation d'énergie et sans produits chimiques aux méthodes traditionnelles de traitement des eaux usées. Il imite les processus de filtration naturels, qui sont efficaces pour purifier l'eau, réduire les polluants et maintenir un écosystème équilibré.

Conformité aux critères

- Réduit au minimum la consommation d'énergie et l'impact environnemental.
- S'appuie sur des processus naturels pour purifier l'eau, réduisant ainsi la dépendance aux produits chimiques synthétiques.
- Évolutif et adaptable à différentes tailles de communautés et conditions environnementales.

Compatibilité avec les systèmes terrestres

- La solution s'aligne sur les principes écologiques en utilisant des méthodes de filtration naturelles qui fonctionnent en harmonie avec l'environnement.
- Améliore la biodiversité en intégrant la vie végétale et les micro-organismes dans le système, contribuant ainsi à préserver et à promouvoir la santé écologique.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

- **Évolutivité** : concevoir des systèmes modulaires pouvant être adaptés à des communautés de différentes tailles ou à des applications industrielles.
- **Rentabilité** : explorez les possibilités de subventions gouvernementales, de bourses ou de partenariats afin de réduire les coûts d'installation initiaux.
- **Durabilité** : Utilisez des matériaux locaux et des plantes indigènes afin de réduire les coûts et d'améliorer la résilience du système.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : les systèmes naturels de purification de l'air de la nature

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. Modèle biologique La solution s'inspire des systèmes naturels de purification de l'air de la nature. Plus précisément, il a été démontré que des plantes telles que <i>les chlorophytums</i> et <i>les spathiphyllums</i> filtrent l'air intérieur en absorbant les substances chimiques nocives et les particules fines par leurs feuilles et leurs racines. De plus, certaines espèces de mousses et d'algues peuvent capturer les particules fines présentes dans l'air. Parallèlement, certains arbres, comme le <i>bouleau argenté</i> et le <i>frêne urbain</i>, sont connus pour absorber le dioxyde de carbone et d'autres polluants atmosphériques par leurs feuilles et leur écorce.
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Aperçu de la solution Concevoir un système naturel de filtration de l'air basé sur des systèmes végétaux qui sera mis en œuvre dans les zones urbaines afin de réduire les niveaux de pollution et d'améliorer la qualité de l'air. Le système intégrerait des plantes connues pour leurs propriétés purificatrices de l'air, ainsi que d'autres matériaux naturels tels que la mousse ou les algues, placés stratégiquement dans les espaces urbains.
	Principales caractéristiques de la conception ● Murs et toits végétalisés : utiliser diverses plantes purificatrices d'air dans des jardins verticaux et des jardins sur les toits afin de filtrer naturellement l'air, d'absorber les polluants et de fournir de l'ombre pour atténuer les effets d'îlot de chaleur. ● Tapis de mousse et panneaux d'algues : installer des tapis de mousse et des panneaux d'algues dans les zones à forte circulation, telles que les bords de route, afin de piéger les particules fines et de convertir le CO2 en oxygène. ● Initiatives de plantation d'arbres : planter des arbres aux propriétés purificatrices d'air éprouvées le long des routes, dans les parcs et sur les places urbaines afin d'absorber directement les polluants présents dans l'air. Résultats attendus ● Réduction des polluants atmosphériques urbains (par exemple, PM2,5, NOx). ● Amélioration de la santé publique grâce à un air plus pur. ● Augmentation des espaces verts dans les environnements urbains, ce qui améliore également le bien-être mental.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Étape 4 – Résumé

4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, créez un diagramme ou un dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Applications

- Zones urbaines présentant des niveaux élevés de pollution atmosphérique.
- Parcs, places publiques et abords des grands axes routiers.
- Toits et murs végétalisés pour les bâtiments commerciaux et les infrastructures publiques.

Résultats attendus

- Amélioration de la qualité de l'air urbain.
- Réduction des maladies respiratoires chez les habitants.
- Contribution à la durabilité urbaine grâce à la filtration naturelle.

Participation des partenaires

- **Urbanistes et administrations municipales** : soutenez l'intégration de solutions de filtration de l'air écologiques dans l'aménagement urbain et le financement.
- **Architectes paysagistes et horticulteurs** : concevez et sélectionnez des plantes et des matériaux adaptés à une filtration efficace.
- **Agences environnementales** : surveillez l'efficacité et l'impact des systèmes de filtration de l'air sur la qualité de l'air et la santé publique.

Étape 5 – Imiter

5.a Répertoriez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

- Des murs végétaux composés d'une variété de plantes purificatrices d'air, telles que les chlorophytums et les spathiphyllums, qui absorbent les polluants intérieurs.
- Panneaux de mousse qui collectent et filtrent les particules fines présentes dans l'air.
- Des jardins verticaux qui non seulement purifient l'air, mais ajoutent également une valeur esthétique et favorisent la biodiversité.
- Des initiatives de plantation d'arbres qui absorbent le dioxyde de carbone et d'autres polluants, tels que le bouleau argenté ou le frêne urbain.
- Des filtres à base d'algues qui capturent le carbone et les particules présentes dans l'air.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques clés

- Systèmes de purification de l'air par les plantes (murs végétaux, mousse, algues et arbres).
- Modulaire et évolutif pour différents environnements urbains (parcs, bords de route, toits).
- Technologie durable à faible consommation d'énergie et nécessitant un entretien minimal.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

Étape 6 – Évaluer

Contexte

- Cibler les zones urbaines fortement polluées.
- Priorité aux solutions rentables pouvant être mises en œuvre dans des environnements urbains denses et sur des infrastructures telles que les routes, les bâtiments et les parcs.

Contraintes

- **Maintenance** : nécessite un entretien régulier des systèmes végétaux et un éventuel replantation.
- **Coût** : les coûts initiaux d'installation des infrastructures et des systèmes végétaux peuvent être élevés, mais il existe des avantages à long terme en termes de santé et d'économies d'énergie.
- **Espace** : disponibilité d'espaces adaptés aux installations à grande échelle (par exemple, toits ou parcs).

6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

Conformité au défi

Le système naturel de filtration de l'air répond directement au défi consistant à améliorer la qualité de l'air urbain tout en réduisant l'impact environnemental. En utilisant des plantes et d'autres matériaux naturels, la solution réduit les polluants de manière durable et économe en énergie, sans recourir à des systèmes de filtration synthétiques ou à forte consommation d'énergie. La solution favorise également la régulation naturelle de la qualité de l'air, à l'instar des écosystèmes qui maintiennent l'équilibre grâce au rôle des plantes dans l'absorption du CO₂, des particules et d'autres polluants atmosphériques.

Compatibilité avec les systèmes terrestres

La conception s'aligne sur les systèmes terrestres en imitant les processus naturels tels que la photosynthèse, la transpiration des plantes et la filtration naturelle. Les plantes absorbent naturellement le CO₂ et les polluants, tout en fournissant de l'oxygène et en réduisant l'effet d'îlot de chaleur. Cette solution soutient une approche circulaire et réparatrice de l'urbanisme, en réduisant la dépendance aux systèmes artificiels et en intégrant les processus biologiques dans l'environnement urbain.

6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

- **Évolutivité** : Afin de rendre la conception plus évolutive, des recherches supplémentaires pourraient se concentrer sur l'optimisation de la sélection des espèces végétales en fonction de leur efficacité dans la filtration de l'air dans différentes zones climatiques et pour différents types de pollution. Les murs végétaux modulaires et les jardins sur les toits peuvent être conçus pour être faciles à installer et à entretenir dans divers environnements urbains, des immeubles résidentiels aux parcs publics. La solution peut également être adaptée pour être utilisée dans des installations plus petites et plus abordables, telles que des tapis de mousse portables ou des kits de bricolage pour les ménages individuels ou les espaces communautaires.



- **Abordabilité** : une approche progressive pourrait être adoptée, en commençant par des projets pilotes dans des zones spécifiques (par exemple, des quartiers ou des zones commerciales fortement pollués) et en augmentant la scale à mesure que les résultats sont observés. Des partenariats avec les gouvernements ou les organisations environnementales pourraient aider à compenser les coûts initiaux. En outre, l'exploration des incitations ou des subventions gouvernementales pour les infrastructures vertes pourrait rendre la solution plus abordable.
- **Entretien et longévité** : pour répondre aux préoccupations liées à l'entretien, le système peut être conçu avec des plantes et des matériaux nécessitant peu d'entretien. En outre, des systèmes d'irrigation ou d'arrosage automatisés pourraient être intégrés afin de réduire le temps et la main-d'œuvre nécessaires à l'entretien. Des systèmes de surveillance réguliers pourraient suivre l'efficacité de la filtration et alerter les responsables municipaux des zones nécessitant une attention particulière.
- **Efficacité énergétique** : comme la conception repose sur des processus naturels, elle ne nécessite que peu ou pas d'apport énergétique supplémentaire, ce qui la rend très durable. Cependant, pour les installations de plus grande envergure, l'intégration de sources d'énergie renouvelables (par exemple, des panneaux solaires pour les systèmes d'irrigation automatisés) pourrait encore améliorer l'efficacité énergétique et réduire l'empreinte environnementale.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Modules de formation WP3 sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : adhésifs inspirés du gecko

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	
	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. • Comment les geckos adhèrent-ils aux surfaces sans utiliser de colle ni laisser de résidus ? • Comment les systèmes naturels créent-ils une adhérence temporaire réutilisable ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception veut accomplir. • Obtenir une adhérence réversible. • Adhère solidement à diverses surfaces, même dans des conditions environnementales différentes. • Ne laisse aucun résidu lors du retrait. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. • Comment les geckos adhèrent-ils aux surfaces ? • Comment les systèmes naturels font-ils en sorte que rien ne leur adhère (par exemple, les feuilles de lotus qui repoussent l'eau) ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. • Étudiez les propriétés adhésives des coussinets des pattes des geckos, en vous concentrant sur les forces de Van der Waals. • Étudier d'autres animaux dotés de capacités adhésives, tels que les rainettes et les insectes comme les coléoptères. • Consultez la littérature scientifique sur la bioadhérence et les adhésifs réversibles. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. • Entrez en contact avec des biologistes spécialisés dans la biomécanique animale. • Collaborez avec des scientifiques spécialisés dans les matériaux qui mènent des recherches sur les adhésifs bio-inspirés. • Engagez-vous auprès de communautés biomimétiques telles que le Biomimicry Institute.
Étape 4 – Résumé	4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception. Fonctions essentielles Adhérence, réversibilité, autonettoyage.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

Éléments clés

Les microstructures présentes sur les pattes des geckos utilisent les forces de Van der Waals pour adhérer aux surfaces sans laisser de résidus. Ces structures maintiennent l'adhérence même sur des surfaces poussiéreuses.



Michel Pierfitte, CC BY-SA 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons

4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Développer des surfaces ou des matériaux dotés de structures microscopiques capables d'adhérer à des surfaces lisses ou irrégulières sans colle ni résidus. Garantir la réutilisabilité et la durabilité pour les applications grand public ou industrielles.

Étape 5 – Imiter

5.a Répertoriez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Caractéristiques

Les microstructures imitent les coussinets des pattes du gecko pour créer une adhérence sans colle.

Idées

Développez un ruban adhésif réutilisable et sans résidus pour des applications domestiques, médicales ou industrielles. Créez un équipement d'escalade avec une meilleure adhérence.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques

Adhérence via des microstructures, durabilité et réutilisabilité.

Contexte

Applications intérieures et extérieures, matériaux non toxiques.

Contraintes

Coûts des matériaux, compatibilité des surfaces et usure au fil du temps.



Étape 6 – Évaluer

Idée sélectionnée

Bande adhésive réutilisable à usage domestique.

6.a Évaluez le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluez la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

Conformité

Conformité élevée avec le défi consistant à créer des adhésifs réutilisables et sans résidus. Répond aux objectifs de durabilité en éliminant l'utilisation d'adhésifs chimiques.

Faisabilité

Techniquement faisable grâce aux progrès actuels en science des matériaux. Cependant, l'évolutivité et le coût doivent être évalués pour la production en série.

Compatibilité avec les systèmes terrestres

Fabriqué à partir de matériaux biodégradables ou recyclables afin de minimiser l'impact environnemental.

6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Explorer d'autres matériaux qui conservent leur adhérence tout en réduisant les coûts de fabrication. Revoir les conceptions des microstructures afin d'améliorer leur durabilité en cas d'utilisation répétée.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>

<https://www.youtube.com/watch?v=vSOTuIPoeBs> – « La substance *non collante* la plus adhésive »



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Modules de formation WP3 sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : systèmes de ventilation inspirés des termites

BIOMIMÉTISME CONCEPTION	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. • Comment les termites régulent-elles la température et la circulation de l'air à l'intérieur de leurs termitières ? • Comment les systèmes naturels gèrent-ils la chaleur sans sources d'énergie externes ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. • Réguler passivement la température. • Optimiser la circulation de l'air pour le refroidissement ou le chauffage. • Imiter les systèmes de climatisation écoénergétiques de la nature. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. • Comment les termites contrôlent-elles la température interne ? • Comment les systèmes naturels emprisonnent-ils la chaleur ou empêchent-ils la circulation de l'air ?
Étape 3 – Découvrez	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. • Étudiez les termitières et leurs mécanismes de refroidissement passif. • Explorez les systèmes de ventilation naturels chez d'autres animaux, tels que les terriers des chiens de prairie. • Faites des recherches dans des articles universitaires sur la thermorégulation chez les insectes sociaux. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. • Consultez des entomologistes qui étudient les termites et leur rôle écologique. • Établissez des contacts avec des chercheurs en architecture et en ingénierie durables. • Collaborez avec des scientifiques spécialisés dans l'environnement et familiarisés avec la thermodynamique des écosystèmes.
Étape 4 – Résumé	4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent éclairer la conception.



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Source : <https://flickr.com/photos/48539981@N03/29383903862>

Fonctions essentielles

Refroidissement passif, régulation du flux d'air.

Éléments clés

Les termitières utilisent un réseau d'évents et de chambres pour maintenir une température interne stable, même dans des climats extrêmes.

4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Concevez des systèmes de ventilation qui régulent la circulation de l'air et la température à l'aide d'un réseau de voies interconnectées, réduisant ainsi la dépendance aux systèmes de refroidissement énergivores.

Étape 5 – Imiter

5.a Répertoriez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Caractéristiques

Contrôle passif du flux d'air à l'aide d'un réseau de canaux.

Idées

Concevez des systèmes CVC écoénergétiques pour les grands bâtiments. Créez des systèmes de refroidissement à faible coût pour les régions arides.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les fonctionnalités, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques

Refroidissement naturel, système passif, matériaux durables.

Contexte

Climats chauds, zones où l'électricité est limitée.



Étape 6 – Évaluer

Contraintes

Réglementations en matière de construction, adaptabilité à différentes structures.

Idée sélectionnée

Système de refroidissement passif pour les écoles situées dans des climats chauds.

6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

Conformité

Répond efficacement aux objectifs de refroidissement passif dans les climats chauds, réduisant ainsi la dépendance aux systèmes CVC énergivores.

Faisabilité

Nécessite une intégration dans les conceptions architecturales existantes, ce qui peut augmenter le coût initial. Les économies à long terme réalisées grâce à l'efficacité énergétique renforcent la viabilité.

Compatibilité avec les systèmes terrestres

Réduit l'empreinte carbone et s'aligne sur le développement urbain durable.

6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Testez les conceptions de ventilation dans différents types de bâtiments. Collaborez avec des architectes afin d'affiner les conceptions pour une mise en œuvre rentable.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>

<https://www.youtube.com/watch?v=qP8DSdfoiZw> – Une vidéo sur la façon dont les termitières se refroidissent | Architecture biomimétique : centre Eastgate au Zimbabwe



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : éoliennes inspirées des nageoires des baleines à bosse

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	
	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. Comment les baleines à bosse utilisent-elles leurs nageoires pour se déplacer efficacement dans l'eau ? • Comment les systèmes naturels optimisent-ils la dynamique des fluides pour maximiser le transfert d'énergie ? 2.b Demandez-vous quel est l'objectif de votre conception. • Réduire la traînée et améliorer l'efficacité. • Minimiser la turbulence et les vibrations. • Capturer plus d'énergie avec le même effort. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. • Comment les nageoires des baleines améliorent-elles l'efficacité du mouvement ? • Comment les systèmes naturels résistent-ils au mouvement ou créent-ils une traînée (par exemple, certaines graines conçues pour rester en place) ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. • Étudiez la structure des nageoires et des tubercules des baleines à bosse. • Étudiez la dynamique des fluides chez les animaux marins dont les mouvements sont optimisés, comme les dauphins. • Consultez des articles scientifiques sur l'aérodynamique dans la nature. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. • Entrez en contact avec des biologistes marins spécialisés dans l'anatomie et le comportement des cétacés. • Collaborez avec des ingénieurs en mécanique et en aérospatiale qui étudient les applications biomimétiques. • Collaborez avec des instituts d'océanographie et des spécialistes en mécanique des fluides biologiques.
Étape 4 – Résumé	4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

Fonctions essentielles

Amélioration de la dynamique des fluides, réduction de la traînée, augmentation de la portance.

Éléments clés

Les tubercules (bosses) sur les nageoires des baleines à bosse optimisent leur mouvement dans l'eau, améliorant ainsi leur efficacité énergétique.



Source : Éoliennes inspirées des nageoires des baleines à bosse, IA générée par Canva

4.b Traduire les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Créez des structures aérodynamiques avec des arêtes ou des contours placés stratégiquement afin de réduire la traînée et d'améliorer les performances dans les applications impliquant des flux d'air ou d'eau.

Étape 5 – Imiter

5.a Répertoriez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Caractéristiques

Les tubercules réduisent la traînée et améliorent la portance.

Idées

Modifiez les pales des turbines pour améliorer leur efficacité dans les zones à faible vent. Explorez des concepts similaires pour les hélices de bateaux ou les drones.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques

Réduction de la traînée, efficacité aérodynamique.

Contexte

Secteur des énergies renouvelables, installations offshore et onshore.

Contraintes



Étape 6 – Évaluer

Coûts de fabrication et durabilité dans des conditions météorologiques extrêmes.

Concept sélectionné

Pales de turbine optimisées pour les environnements à faible vent.

6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

Conformité

Répond à l'objectif d'augmentation de l'efficacité dans les environnements à faible vent, améliorant ainsi la production d'énergie renouvelable.

Faisabilité

Techniquement faisable avec les technologies de fabrication de turbines existantes ; cependant, cela peut nécessiter des investissements pour moderniser les turbines existantes.

Compatibilité avec les systèmes terrestres

Réduit la dépendance aux combustibles fossiles et s'intègre parfaitement dans les initiatives en matière d'énergie durable.

6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Affinez la conception des pales pour une modernisation rentable. Testez la durabilité dans des conditions météorologiques extrêmes afin de garantir des performances à long terme.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>

<https://www.youtube.com/watch?v=1eDYtZtYrkM> – Une courte vidéo de Stephen Dewar, Philip Watts et Frank Fish - Turbines et ventilateurs inspirés des baleines (COURT)



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : efficacité LED inspirée des lucioles

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	
	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. • Comment les lucioles produisent-elles une lumière vive sans générer de chaleur ? • Comment les systèmes naturels gèrent-ils l'efficacité énergétique dans la bioluminescence ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. • Maximiser le rendement lumineux tout en minimisant la consommation d'énergie. • Évitez les pertes de chaleur lors de la conversion d'énergie. • Produisez de la lumière de manière écologique. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. • Comment les lucioles maximisent-elles l'efficacité lumineuse ? • Comment les systèmes naturels suppriment-ils ou absorbent-ils la lumière (par exemple, les animaux nocturnes qui évitent d'être détectés) ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. • Étudiez les microstructures des lanternes des lucioles qui améliorent l'émission de lumière. • Faites des recherches sur la bioluminescence chez d'autres organismes, tels que les méduses ou les poissons des profondeurs. • Explorez la littérature sur l'optique et la photonique bio-inspirées. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. • Collaborez avec des entomologistes qui étudient les insectes producteurs de lumière. • Collaborez avec des ingénieurs en optique et des chercheurs en nanotechnologie. • Réseautez avec des professionnels de la conception d'éclairage et des experts en bio-ingénierie.
Étape 4 – Résumé	4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent illustrer la conception.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Source : LED inspirée des lucioles générée par l'IA de Canva

Fonctions essentielles

Émission lumineuse optimisée, efficacité énergétique.

Éléments clés

Les microstructures présentes sur les lanternes des lucioles empêchent la réflexion interne et maximisent le rendement lumineux.

4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Développez des solutions d'éclairage avec des textures de surface ou des matériaux qui réduisent les pertes d'énergie et améliorent la luminosité. Concentrez-vous sur l'optimisation des angles et de la réflectivité.

Étape 5 – Imiter

5.a Répertoriez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Caractéristiques

Les microstructures optimisent le rendement lumineux.

Idées

Améliorez la luminosité des LED à faible consommation d'énergie pour les maisons et les véhicules. Créez des systèmes d'éclairage extérieur avec une perte d'énergie minimale.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques

Luminosité améliorée, perte d'énergie réduite.

Contexte

Éclairage urbain, dispositifs à économie d'énergie.

Contraintes

Intégration avec les systèmes d'éclairage existants, rentabilité.



	Concept sélectionné Ampoules LED à haute efficacité pour l'éclairage public.
Étape 6 – Évaluer	6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux. Conformité Améliore la luminosité et réduit la consommation d'énergie, répondant ainsi aux besoins en matière d'éclairage urbain et résidentiel. Faisabilité L'intégration aux processus de production LED actuels est réalisable. Les coûts sont compétitifs par rapport aux LED conventionnelles. Compatibilité avec les systèmes terrestres Réduit la consommation d'énergie, en accord avec les objectifs mondiaux de développement durable. 6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable. Réaliser des tests utilisateurs afin d'affiner l'équilibre entre luminosité et efficacité. xplore établit des partenariats avec des fabricants afin d'augmenter la production.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>

<https://www.youtube.com/watch?v=7qrfCpMhjc> - « Comment les lucioles ont inspiré des lampes à faible consommation d'énergie - BBC World Service, podcast 30 Animals »



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

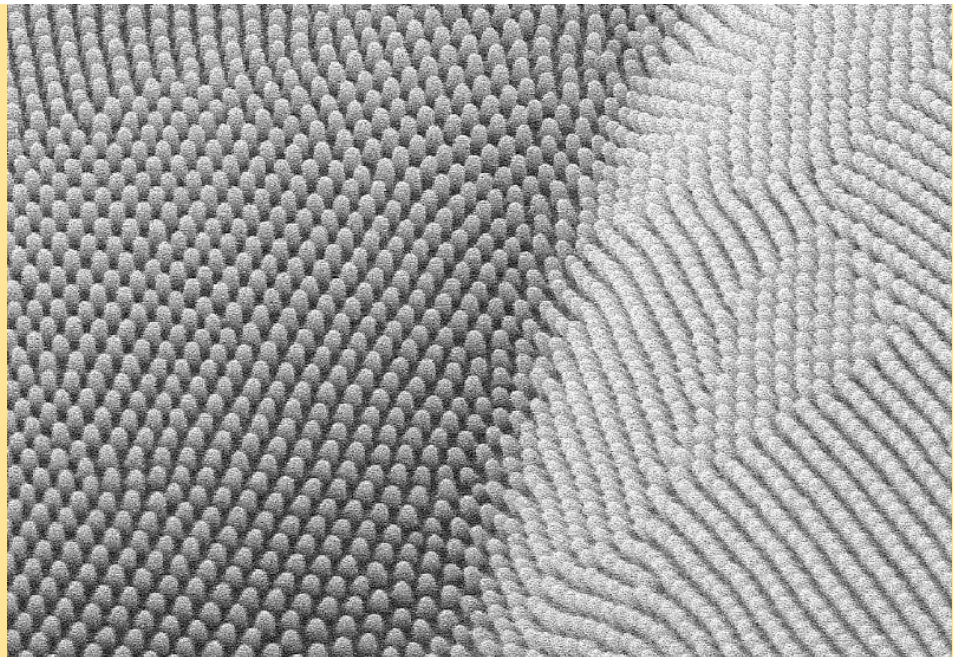
Solution : revêtements antireflets inspirés de l'œil des papillons de nuit

BIOMIMÉTISME CONCEPTION	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. • Comment les yeux des papillons de nuit minimisent-ils la réflexion de la lumière ? • Comment les systèmes naturels réduisent-ils l'éblouissement pour améliorer la visibilité ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception cherche à accomplir. • Réduire les reflets et l'éblouissement sur les surfaces. • Maximiser l'absorption de la lumière pour de meilleures performances. • Améliorer la visibilité dans diverses conditions d'éclairage. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. • Comment les yeux des papillons de nuit réduisent-ils les reflets ? • Comment les systèmes naturels amplifient-ils les reflets ou diffusent-ils la lumière (par exemple, les ailes irisées des papillons) ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. • Étudiez les nanostructures de l'œil des papillons de nuit qui réduisent la réflexion. • Explorez les adaptations antireflets chez d'autres animaux, tels que les prédateurs nocturnes. • Passez en revue les recherches universitaires sur les matériaux anti-éblouissants inspirés de la nature. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. • Entrez en contact avec des entomologistes qui étudient les insectes nocturnes. • Collaborez avec des scientifiques spécialisés dans les matériaux qui développent des revêtements nanostructurés. • Collaborez avec des physiciens spécialisés dans la manipulation de la lumière.
Étape 4 – Résumé	4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Source : <https://asknature.org/strategy/eyes-are-anti-reflective/>

Fonctions essentielles

Réduction des reflets, amélioration de la visibilité.

Éléments clés

Les yeux des papillons de nuit ont des structures nanométriques qui minimisent l'éblouissement et les reflets, leur permettant de voir clairement dans des conditions de faible luminosité.

4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Concevoir des surfaces avec des revêtements à nano-motifs afin de minimiser les reflets et d'améliorer la clarté des appareils optiques, des écrans ou des panneaux solaires.

Étape 5 – Imiter

5.a Énumérez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible.

Caractéristiques :

Les surfaces sans motifs minimisent les reflets.

Idées

Appliquez des revêtements pour réduire l'éblouissement sur les écrans des smartphones et améliorer l'efficacité des panneaux solaires en minimisant les reflets.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc., et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques

Réduction de l'éblouissement, amélioration de l'absorption de la lumière.

Contexte



	Électronique grand public, énergies renouvelables. Contrainte Évolutivité de la fabrication et résistance à l'usure. Idée sélectionnée Revêtement antireflet pour les panneaux solaires dans les régions très ensoleillées.
Étape 6 – Évaluer	6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux. Conformité Réduit efficacement l'éblouissement et l'absorption de la lumière pour les appareils électroniques et les panneaux solaires. Faisabilité La production de revêtements nanostructurés est techniquement faisable, mais nécessite une mise à l'échelle pour réduire les coûts. Compatibilité avec les systèmes terrestres Améliore l'efficacité de l'énergie solaire, contribuant ainsi aux objectifs en matière d'énergies renouvelables. 6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable. Optimiser le revêtement pour en améliorer la durabilité et réduire son coût. Explorer des applications secondaires, telles que le verre automobile ou les lunettes.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>

https://www.youtube.com/watch?v=jvnD-A_dkmY - « Structures antireflets sub-longueur d'onde inspirées de l'œil de papillon pour les cellules solaires »



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : trains à grande vitesse inspirés du martin-pêcheur

BIOMIMÉCIE CONCEPTION	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. • Comment le bec du martin-pêcheur se déplace-t-il dans l'eau en causant le moins de perturbations possible ? • Comment les systèmes naturels réduisent-ils le bruit lors de mouvements à grande vitesse ? 2.b Demandez-vous quel est l'objectif de votre conception. • Réduire au minimum le bruit et la résistance aérodynamique. • Maintenez la stabilité à grande vitesse. • Réduisez les pertes d'énergie pendant le mouvement. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. • Comment le martin-pêcheur réduit-il les perturbations pendant ses déplacements ? • Comment les systèmes naturels maximisent-ils la turbulence ou créent-ils du bruit (par exemple, comment certains prédateurs créent-ils des éclaboussures pour désorienter leurs proies) ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. • Étudiez les propriétés aérodynamiques du bec du martin-pêcheur. • Découvrez d'autres oiseaux dotés de techniques de plongée efficaces, comme les fous de Bassan. • Passe en revue les recherches sur la mécanique des fluides et l'aérodynamique dans l'anatomie des oiseaux. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. • Collaborez avec des ornithologues qui étudient la biomécanique aviaire. • Travaillez avec des ingénieurs en transport spécialisés dans la réduction du bruit et l'aérodynamique. • Collaborez avec des consultants en conception de systèmes ferroviaires à grande vitesse.
Étape 4 – Résumé	4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Source : <https://www.flickr.com/photos/lipkee/505129764/>

Fonctions essentielles

Réduction du bruit et mouvement optimisé.

Éléments clés

Le bec pointu du martin-pêcheur réduit l'onde de choc créée lors de la plongée dans l'eau, permettant ainsi un mouvement silencieux et efficace.

4.b Traduisez les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrivez la stratégie sans utiliser de termes biologiques et reliez-la aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Concevez des systèmes de transport avec des formes effilées afin de minimiser le bruit et les pertes d'énergie, améliorant ainsi l'efficacité des véhicules à grande vitesse ou sous-marins.

5.a Énumérez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Caractéristiques

La forme aérodynamique réduit le bruit et la consommation d'énergie.

Idées

Concevez des trains à grande vitesse silencieux et efficaces. Adaptez le concept aux avions ou aux navires sous-marins.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc., et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques : réduction du bruit, efficacité énergétique.

Étape 5 – Imiter



	Contexte Systèmes de transport à grande vitesse, environnements urbains. Contraintes Essais aérodynamiques, coûts de fabrication. Concept sélectionné Trains à grande vitesse optimisés sur le plan acoustique pour les zones urbaines.
Étape 6 – Évaluer	6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux. Conformité Réduit la pollution sonore et la consommation d'énergie des trains à grande vitesse urbains, tout en améliorant le confort des passagers. Faisabilité Les améliorations aérodynamiques sont techniquement réalisables, mais peuvent nécessiter une refonte de l'extérieur des trains. Compatibilité avec les systèmes terrestres Soutient les objectifs de transport durable en réduisant la consommation d'énergie et les émissions. 6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable. Effectuer des essais en soufflerie pour affiner la forme du nez. Collaborer avec les ingénieurs pour intégrer des caractéristiques aérodynamiques sans compromettre la sécurité.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>

https://www.youtube.com/watch?v=f_fZroQxD_g - « Un martin-pêcheur a contribué à remodeler le train à grande vitesse japonais

- BBC World Service, podcast 30 Animals »



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : fibres synthétiques inspirées de la soie d'araignée

BIOMIMÉTISME CONCEPTION	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. • Comment les araignées créent-elles une soie solide et légère ? • Comment les systèmes naturels combinent-ils résistance et flexibilité dans les matériaux ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. • Apporter résistance et élasticité dans un seul matériau. • Être léger et durable. • S'adapter à différents usages, tels que les sutures médicales ou les équipements de protection. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. • Comment les araignées rendent-elles leur soie si résistante ? • Comment les systèmes naturels produisent-ils des fibres fragiles (par exemple, des toiles d'araignées conçues pour se rompre facilement) ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. • Étudiez la composition moléculaire et la structure de la soie d'araignée. • Faites des recherches sur d'autres fibres naturelles, telles que la soie de ver à soie ou les fils de mouton. • Explorez des articles universitaires sur les matériaux bio-inspirés et la résistance à la traction. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. • Entrez en contact avec des arachnologues spécialisés dans la production de soie d'araignée. • Collaborez avec des ingénieurs textiles et des scientifiques spécialisés dans les matériaux. • Collaborez avec des laboratoires de recherche sur les biomatériaux et des start-ups.
Étape 4 – Résumé	4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent illustrer la conception.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Source : https://www.freepik.com/free-photo/natural-abstract-background-with-cobwebs-sunlight_18857742.htm#fromView=search&page=1&position=9&uuid=08af6ed4-64b0-4e9b-a7b1-f7f92169bcdd

Fonctions principales

Résistance, élasticité, légèreté.

Éléments clés

La soie d'araignée est une fibre protéique dotée d'une structure moléculaire unique qui allie une résistance à la traction élevée et une grande souplesse.

4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Développer des matériaux légers, résistants et flexibles destinés à la construction, aux équipements de sécurité ou aux applications médicales, en mettant l'accent sur l'alignement moléculaire pour une meilleure durabilité.

5.a Énumérez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Caractéristiques

Haute résistance et élasticité, légèreté.

Idées

Développer des câbles légers pour la construction. Créer des sutures médicales à la fois résistantes et flexibles.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les fonctionnalités, le contexte, les contraintes, etc., et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques

Étape 5 – Imiter



	Résistance, flexibilité et biocompatibilité. Contexte Construction, équipement médical et équipement sportif. Contraintes Coûts de production synthétique et durabilité environnementale. Concept retenu Sutures chirurgicales biodégradables à usage médical.
Étape 6 – Évaluer	6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux. Conformité Répond aux objectifs en matière de matériaux solides et légers pour les applications médicales et de construction. Faisabilité La production synthétique de protéines de soie d'araignée progresse, mais elle doit être développée à plus grande échelle pour une utilisation généralisée. Compatibilité avec les systèmes terrestres Utilisez des intrants biodégradables ou durables afin de réduire l'impact environnemental. 6.b Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable. Testez différents biopolymères afin de réduire les coûts. Explorez les matériaux hybrides afin d'améliorer la fonctionnalité.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>

<https://www.youtube.com/watch?v=cTF3Hy5w8Io> - « Une solution inspirée des araignées pour une mode durable | Transformer un liquide en fil = l'avenir du design ? »



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : conception automobile inspirée du poisson-coffre

BIOMIMÉTISME CONCEPTION	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. • Comment le poisson-coffre se déplace-t-il efficacement dans l'eau malgré sa forme carrée ? • Comment les systèmes naturels parviennent-ils à équilibrer stabilité et faible résistance dans leurs formes ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. • Réduire la traînée et la consommation de carburant. • Maintenir la stabilité et la maniabilité. • Garantir la sécurité et l'efficacité de la conception. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. • Comment le poisson-coffre réduit-il la traînée tout en conservant sa stabilité ? • Comment les systèmes naturels créent-ils de l'instabilité ou de la traînée lorsque cela est nécessaire (par exemple, les poissons qui déploient leurs nageoires pour ralentir) ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. • Étudiez la forme hydrodynamique du poisson-coffre et la structure unique de sa carapace. • Recherchez d'autres animaux aquatiques dont la forme est stable mais offre une faible résistance. • Consultez la littérature sur la conception automobile inspirée de la biologie. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. • Collaborez avec des biologistes marins spécialisés dans la morphologie des poissons. • Collaborez avec des concepteurs et ingénieurs automobiles dans le cadre de projets de biomimétisme. • Collaborez avec des experts en hydrodynamique dans le domaine des applications industrielles.
Étape 4 – Résumé	4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Source : <https://www.inaturalist.org/photos/339539534>

Fonctions essentielles Stabilité,

faible résistance. **Éléments clés**

Le poisson-coffre a un corps profilé qui équilibre la réduction de la traînée et la stabilité, ce qui lui permet de se déplacer efficacement dans l'eau.

4.b Traduisez les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrivez la stratégie sans utiliser de termes biologiques et reliez-la aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Concevez des véhicules ou des structures aux formes arrondies et aérodynamiques pour améliorer la stabilité et l'efficacité dans les mouvements fluides ou aériens.

5.a Dressez la liste des informations clés et explorez autant d'idées que possible. **Caractéristiques**

Le corps profilé équilibre la réduction de la traînée et la stabilité.

Idées

Concevez des voitures compactes avec un meilleur rendement énergétique. Utilisez cette forme pour les véhicules sous-marins.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les fonctionnalités, le contexte, les contraintes, etc., et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Étape 5 – Imiter

Caractéristiques

Faible résistance aérodynamique, grande stabilité.

Contexte

Transport urbain, exploration sous-marine.



Étape 6 – Évaluer

Contraintes

Préférences des consommateurs, exigences réglementaires.

Concept retenu

Voiture urbaine économe en carburant au design aérodynamique.

6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

Conformité

Le design aérodynamique réduit la résistance à l'air et améliore le rendement énergétique des véhicules urbains.

Faisabilité

Les processus de fabrication automobile peuvent intégrer cette conception avec des ajustements minimes. Cependant, l'acceptation par les consommateurs doit être testée.

Compatibilité avec les systèmes terrestres

Réduit la consommation de carburant et s'aligne sur les initiatives de transport écologique.

6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

Testez les prototypes dans des conditions de conduite réelles afin de recueillir les commentaires des consommateurs et d'affiner l'esthétique et la fonctionnalité.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>

<https://www.youtube.com/watch?v=5tFqlhATUZs> – « Mercedes-Benz bionic car »



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en formation professionnelle - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : collecte d'eau inspirée du scarabée du désert du Namib

BIOMIMÉTISME CONCEPTION	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. • Comment le scarabée du désert du Namib collecte-t-il l'eau du brouillard ? • Comment les systèmes naturels capturent-ils l'humidité de l'air dans les environnements arides ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. • Capturer et canaliser l'eau efficacement. • Fonctionner dans des environnements secs et peu humides. • Être durable et s'adapter à différents climats. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. • Comment le scarabée du Namib récolte-t-il l'eau ? • Comment les systèmes naturels empêchent-ils la perte d'humidité (par exemple, les cactus avec leurs structures de rétention d'eau) ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. • Étudiez les stratégies de collecte d'eau du scarabée du désert du Namib. • Explorez d'autres organismes vivant dans des environnements arides, tels que les cactus ou les lézards. • Passez en revue les recherches sur les mécanismes de collecte du brouillard dans la nature. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. • Collaborez avec des entomologistes qui étudient les coléoptères du désert et leurs adaptations. • Travaillez avec des ingénieurs environnementaux qui se concentrent sur les solutions à la pénurie d'eau. • Collaborez avec des chercheurs en développement durable et des écologistes du désert.
Étape 4 – Résumé	4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Source : IA inspirée des coléoptères du désert du Namib pour la collecte d'eau, créée par Canva

Fonctions essentielles

Collecte d'eau, survie dans les environnements arides.

Éléments clés

Le scarabée du désert du Namib possède des bosses hydrophiles (qui attirent l'eau) sur le dos qui capturent l'humidité du brouillard et la canalisent vers sa bouche.

4.b Traduire les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrivez la stratégie sans utiliser de termes biologiques et reliez-la aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Créer des matériaux ou des structures avec des surfaces attirant l'humidité pour la collecte d'eau dans les zones sèches, en intégrant des systèmes passifs de collecte d'eau.

Étape 5 – Imiter

5.a Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Caractéristiques

Les bosses hydrophiles capturent l'eau présente dans l'air.

Idées

Développer des dispositifs portables de collecte d'eau pour les régions arides et les intégrer dans les bâtiments pour la collecte passive de l'eau.

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les fonctionnalités, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques

Collecte passive de l'eau, condensation de l'humidité.

Contexte

Environnements désertiques, zones sujettes à la sécheresse.

Contraintes

Durabilité et coût d'une mise en œuvre à grande échelle.



	Idee sélectionnée Système de collecte d'eau sur les toits dans les régions arides.
Étape 6 – Évaluer	6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux. Conformité Capture l'eau de manière passive, répondant ainsi au problème de la pénurie d'eau dans les régions arides. Faisabilité Efficace pour les applications à petite échelle ; la scalabilité pour une utilisation communautaire nécessite des recherches supplémentaires. Compatibilité avec les systèmes terrestres Fonctionne de manière passive sans apport d'énergie, ce qui réduit l'impact environnemental. 6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable. Testez les prototypes dans diverses conditions climatiques. Explorez les possibilités d'intégration avec les infrastructures hydrauliques existantes.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/>

<https://www.youtube.com/watch?v=TmyfqjXOf7M&t=25s> – « Les coléoptères du désert du Namib peuvent-ils nous aider à résoudre nos problèmes de sécheresse ?
| Think Like a Tree »



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Modules de formation WP3 sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

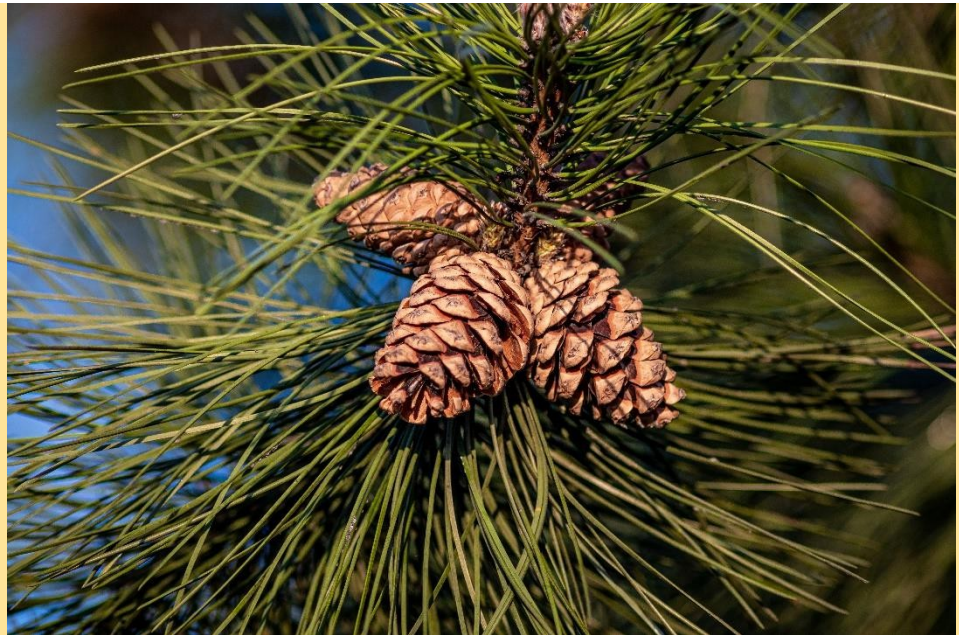
Solution : matériaux de construction inspirés des pommes de pin

BIOMIMÉTISME CONCEPTION	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. • Comment les pommes de pin réagissent-elles aux changements d'humidité ? • Comment les systèmes naturels régulent-ils l'humidité ou les mécanismes d'ouverture/fermeture ? 2.b Demandez-vous ce que votre conception vise à accomplir. • S'adapter aux niveaux d'humidité ambiante. • Contrôler la ventilation de manière passive sans énergie externe. • Améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. • Comment les pommes de pin réagissent-elles aux changements d'humidité ? • Comment les systèmes naturels résistent-ils aux changements environnementaux ou restent-ils insensibles à l'humidité (par exemple, les plantes du désert recouvertes d'une couche cireuse) ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. • Étudiez les propriétés hygroscopiques des pommes de pin et leur réaction à l'humidité. • Recherchez d'autres matériaux naturels qui s'adaptent à l'humidité. • Explorez les articles scientifiques sur la conception passive inspirée des mécanismes végétaux. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. • Collaborez avec des botanistes qui étudient la dispersion des graines et les structures végétales. • Collaborez avec des architectes et des ingénieurs civils spécialisés dans la conception durable. • Engagez-vous auprès de réseaux spécialisés dans le biomimétisme et de chercheurs travaillant sur les matériaux adaptatifs.
Étape 4 – Résumé	4.a Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Source : https://www.freepik.com/free-photo/closeup-shot-pine-cones-hanging-tree_12859335.htm#fromView=search&page=1&position=6&uuiid=93831a35-4f6b-47a0-b085-c080801f1261

Fonctions principales

Comportement réactif des matériaux, adaptation à l'humidité.

Éléments clés

Les pommes de pin ouvrent ou ferment leurs écailles en fonction du taux d'humidité, utilisant leur structure pour réguler la dispersion des graines.

4.b Traduire les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Concevoir des matériaux ou des structures de construction qui s'adaptent aux changements d'humidité, améliorant ainsi la ventilation et réduisant le besoin de systèmes mécaniques pour la climatisation.

5.a Répertoriez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Caractéristiques

Les matériaux s'adaptent aux variations d'humidité pour une ventilation naturelle.

Idées

Développez des façades intelligentes qui s'ouvrent ou se ferment automatiquement en fonction des conditions météorologiques. Utilisation pour les serres ou les bâtiments sensibles au climat

5.b Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Caractéristiques

Matériau réactif, contrôle naturel de l'humidité.

Étape 5 – Imiter



	Contexte Architecture verte et construction écoénergétique. Contraintes Coût des matériaux et durabilité dans des conditions variables. Concept sélectionné Panneaux de construction réactifs à l'humidité pour serres.
Étape 6 – Évaluer	6.a Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux. Conformité Les matériaux réactifs gèrent naturellement l'humidité, réduisant ainsi la consommation d'énergie dans les bâtiments sensibles au climat. Faisabilité Le développement des matériaux est réalisable, mais nécessite des tests de durabilité à long terme. Compatibilité avec les systèmes terrestres Les matériaux durables et à faible consommation d'énergie s'inscrivent dans le cadre des initiatives de construction écologique. 6.b Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable. Effectuer des essais sur le terrain dans différents climats. Collaborer avec des architectes afin d'affiner l'intégration dans les conceptions des bâtiments.

Ressources supplémentaires :

<https://biomimicry.org/> <https://youtube.com/shorts/3o6ZeigpA8g?si=dUHuQroWoqAH-TUK> -



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : système de refroidissement passif inspiré des coléoptères du désert

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. Comment les coléoptères, tels que le scarabée du désert du Namib, survivent-ils dans des environnements extrêmement chauds et pauvres en eau ? Contexte Ces coléoptères gèrent la chaleur et la perte d'eau grâce à des adaptations physiques uniques. Le coléoptère du Namib, par exemple, utilise une combinaison de bosses hydrophiles et de canaux hydrophobes sur son dos pour collecter et canaliser l'eau de la brume matinale. De plus, certains coléoptères régulent leur température corporelle grâce à des revêtements réfléchissants, à des comportements ombragés ou à des adaptations microstructurales de leur surface qui minimisent l'absorption de chaleur. 2.b Posez-vous la question suivante : que veux-je que mon design fasse ? • Réguler la température de manière passive en utilisant des principes naturels. • Collecter l'humidité ou disperser la chaleur dans les bâtiments ou les appareils électroniques. • Réduire ou éliminer le besoin de systèmes de refroidissement énergivores. 2.c Inversez la question. Envisagez des fonctions opposées. Comment les coléoptères du désert évitent-ils la surchauffe pendant les heures les plus chaudes de la journée ? Comment les organismes retiennent-ils ou conservent-ils l'humidité et évitent-ils la déshydratation ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. • Coléoptère du désert du Namib (Stenocara gracilipes) : utilise des structures superficielles pour recueillir l'eau du brouillard et gérer la chaleur. • Le fennec : il possède de grandes oreilles qui lui permettent de dissiper la chaleur. • Fourmi argentée du Sahara : réfléchit la lumière du soleil grâce à ses poils triangulaires uniques. • Cactus et agave : utilisent l'auto-ombrage et des surfaces réfléchissantes pour réduire la perte d'eau et la surchauffe. • Termites : construisent des termitières pour réguler passivement la température. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

Étape 4 – Résumé

- Entomologistes spécialisés dans l'adaptation des insectes au désert.
- Scientifiques et ingénieurs spécialisés dans les matériaux qui étudient les surfaces de refroidissement passif bio-inspirées.
- Communautés d'architecture et de biomimétisme (par exemple, Biomimicry Institute, AskNature.org).
- Experts en architecture adaptée au climat et chercheurs en dynamique thermique.

4.1 Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Fonctions essentielles

Refroidissement passif, collecte de l'humidité, contrôle de la température de surface.

Éléments clés

- **Motifs de surface à l'échelle micro et nano** : alternance de zones hydrophiles et hydrophobes.
- **Surfaces réfléchissant la chaleur** : couleurs structurelles ou revêtements qui réduisent l'absorption solaire.
- **Protection comportementale/structurelle** : orientation et textures de surface visant à réduire l'absorption de chaleur.

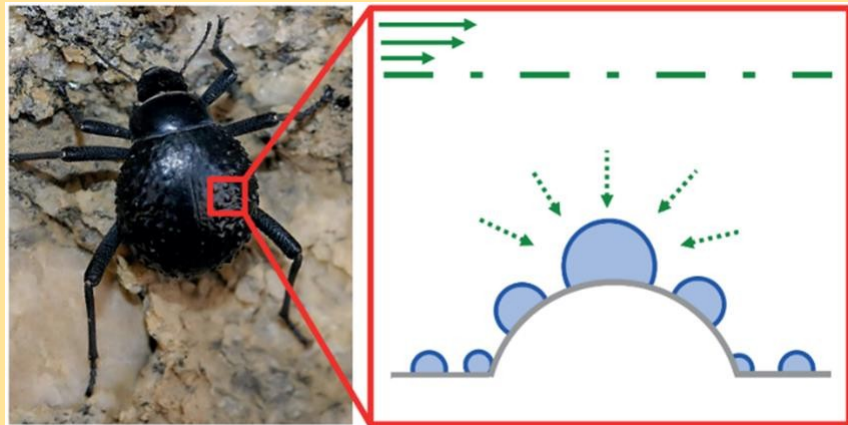


Image extraite de [Researchgate](#)

4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

- Concevoir **des matériaux de construction** ou **des revêtements** qui imitent les motifs de la carapace des coléoptères pour recueillir la rosée ou réfléchir la chaleur.
- Créer **des panneaux de toiture** avec des surfaces texturées pour canaliser la condensation ou réfléchir la lumière infrarouge.
- Développer **des systèmes de façade ventilés** avec des microstructures inspirées des coléoptères pour améliorer le refroidissement par évaporation.

Étape 5 – Imiter

- ? Utiliser la **géométrie des surfaces** pour améliorer le refroidissement par convection et l'émission de rayonnement, réduisant ainsi l'accumulation de chaleur.

5.1 Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Concepts clés

- Ingénierie des surfaces hydrophiles/hydrophobes.
- Collecte passive de l'eau et refroidissement. Revêtements réfléchissants et
- texturés. Systèmes de transport directionnel de l'eau.

Idées

-
-
- Revêtements de bâtiments auto-refroidissants.
- Murs collecteurs de brouillard pour les régions arides.
- Textiles inspirés des coléoptères pour des vêtements thermorégulateurs.

Couvercles de refroidissement passif pour appareils électroniques ou unités extérieures.

Peintures automobiles ou revêtements de toiture inspirés de la carapace des coléoptères pour réduire l'accumulation de chaleur à l'intérieur.

5.2 Classez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Contexte	Caractéristiques	Contraintes
Bâtiments dans les zones chaudes/arides	Collecte passive de la rosée, réflexion de la chaleur et refroidissement	Texture de surface modulable, durabilité
Électronique	Réduction de la surchauffe grâce à la structuration de la surface	Miniaturisation, compatibilité des matériaux
Textiles	Thermorégulation et contrôle de l'humidité	Confort, lavabilité et prix abordable
Mobilier urbain/abris	Bancs auto-rafraîchissants ou passerelles ombragées	Résistance aux intempéries, protection contre le vandalisme

Idée sélectionnée



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Un système de façade de bâtiment qui imite la carapace du scarabée Namib pour refroidir et collecter passivement l'eau dans les climats chauds et arides. Ce système utilise des panneaux microtexturés pour diriger le brouillard ou la rosée condensés vers des unités de stockage et de ventilation.

Étape 6 – Évaluer

6.1 Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

Conformité aux critères

- Répond aux objectifs de refroidissement à faible consommation d'énergie et de conservation de l'eau.
- S'inspire directement d'un organisme qui prospère dans des conditions de chaleur extrême et de pénurie d'eau.
- Peut s'intégrer à une architecture durable ou à des systèmes de certification de bâtiments écologiques.

Faisabilité

- **Technique** : la science des matériaux permet la fabrication de surfaces microstructurées ; la collecte de brouillard a prouvé sa viabilité.
- **Économique** : l'investissement initial en R&D est modéré ; les économies à long terme en termes de coûts énergétiques/hydriques sont élevées.
- **Environnementale** : favorise un refroidissement durable sans émissions ni réfrigérants. Les matériaux doivent être recyclables.

6.2 Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

- **Test du prototype** : évaluer les textures de surface dans des conditions de chaleur et d'humidité contrôlées en laboratoire.
- **Itérer les matériaux** : améliorer le contraste hydrophobe/hydrophile pour la collecte de brouillard.
- **Optimiser la forme** : affiner la géométrie pour différents contextes climatiques (par exemple, installations verticales ou horizontales).

Ressources supplémentaires :

AskNature sur la collecte d'eau par les scarabées du Namib <https://biomimicry.org/>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032118302302> <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3930861/>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : propulsion sous-marine inspirée de la raie manta

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. Comment les raies manta parviennent-elles à se propulser sous l'eau avec autant d'agilité ? Contexte Les raies manta et autres animaux marins similaires se propulsent à l'aide de mouvements ondulatoires de leurs nageoires, générant une poussée avec un minimum de turbulence. Leurs nageoires pectorales flexibles, semblables à des ailes, leur permettent de glisser dans l'eau de manière silencieuse, stable et économe en énergie. 2.b Posez-vous la question suivante : que veux-je que mon design fasse ? - Se propulser efficacement et silencieusement dans l'eau. - Remplacer ou compléter les propulseurs traditionnels. - Permettre des mouvements sous-marins agiles et inspirés de la nature. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. - En quoi les systèmes à hélices traditionnels sont-ils inefficaces et bruyants ? - Comment des mouvements souples et fluides peuvent-ils réduire l'usure, le bruit et les turbulences ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Raies manta : nageoires de grande surface avec mouvement oscillatoire. Raies pastenagues et raies aigles : utilisent une propulsion dynamique semblable à celle des ailes. Céphalopodes (comme les calmars et les poulpes) : utilisent la propulsion à réaction et les ondulations du corps. Poissons (par exemple, thons, anguilles) : offrent des modèles de propulsion caudale contrastés. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. - Biologistes marins spécialisés dans la locomotion. - Ingénieurs en robotique biomimétique et robotique souple. - Instituts de recherche tels que le Biomimetic Robotics Lab du MIT.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

Étape 4 – Résumé

4.1 Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Fonctions essentielles

Propulsion silencieuse, maniabilité, efficacité énergétique.

Éléments clés

- Propulsion par ailettes oscillantes au lieu d'hélices rotatives.
- Flexibilité du corps et des ailerons pour un mouvement adaptatif.
- Forme aérodynamique du corps réduisant la traînée.
- Transfert d'énergie fluide le long de la surface de l'aileron.

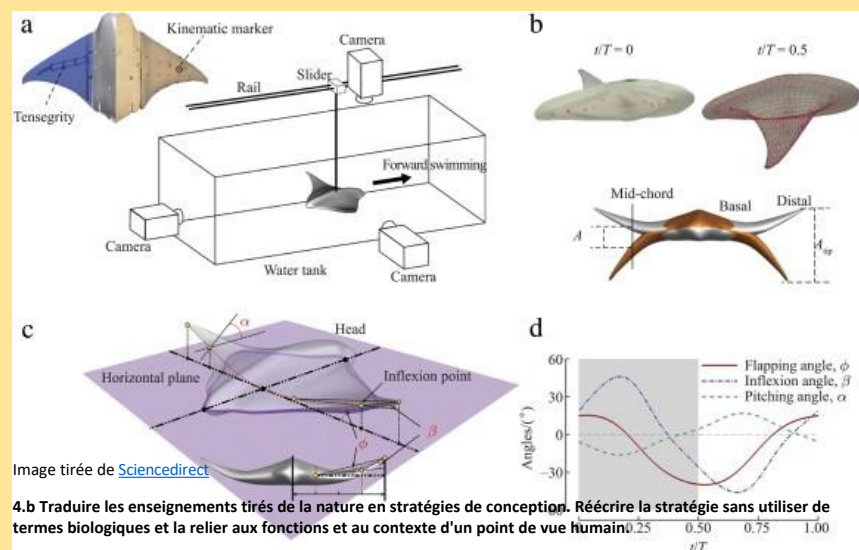


Image tirée de [Sciencedirect](https://www.sciencedirect.com)

4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Créer des systèmes de nageoires robotiques souples qui oscillent comme les nageoires pectorales des raies manta pour propulser les véhicules sous-marins de manière silencieuse et efficace. Utiliser des polymères flexibles ou des matériaux intelligents contrôlés par des actionneurs de précision pour reproduire la propagation naturelle des ondes.

5.1 Répertoriez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Idées

- Drones sous-marins à propulsion par ailettes latérales.
- Robots d'exploration autonomes se déplaçant à la manière des raies.
- Dispositifs de sauvetage ou d'inspection se déplaçant silencieusement autour des récifs coralliens ou des infrastructures.

Étape 5 – Imiter



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

5.2 Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Contexte	Caractéristiques	Contraintes
Drones sous-marins	Glissement silencieux, grande maniabilité	Coût, étanchéité des actionneurs
Études environnementales	Faible perturbation de la vie marine	Intégration de la collecte de données
Opérations militaires/furtives	Signature acoustique minimale	Systèmes de contrôle complexes
Surveillance des récifs coralliens	Contrôle précis et évitement d'obstacles	Restrictions de taille, systèmes à faible consommation d'énergie

Idée sélectionnée

Un planeur sous-marin autonome équipé d'ailerons latéraux inspirés de ceux des raies manta, conçu pour effectuer des relevés et des explorations marines silencieux.

6.1 Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

Conformité

- Correspond aux objectifs de propulsion durable, efficace et silencieuse.
- Le mouvement bio-inspiré permet une utilisation dans des zones écologiquement sensibles.

Faisabilité technique

- Les progrès de la robotique souple rendent la propulsion flexible viable.
- Les systèmes de contrôle des mouvements ondulatoires s'améliorent.

Modèle commercial

- Fort potentiel dans la recherche marine, la défense et l'aquaculture.
- L'écotourisme et la photographie sous-marine pourraient bénéficier de systèmes de propulsion silencieux.

Compatibilité avec l'environnement

- Faible consommation d'énergie.
- Réduction de la pollution mécanique et des perturbations marines.
- Les matériaux de construction biodégradables ou recyclables peuvent améliorer la durabilité.



6.2 Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

- Tester la durabilité et l'efficacité énergétique des matériaux.
- Optimiser l'emplacement des actionneurs pour une propagation plus fluide des ondes des ailettes.
- Passer à des conceptions modulaires pour une utilisation à profondeur et vitesse variables.

Ressources supplémentaires : <https://asknature.org>
<https://biomimicry.org/>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : béton auto-cicatrisant inspiré de la nature

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment les organismes biologiques se guérissent-ils après une blessure ? La nature réagit aux dommages grâce à des mécanismes de réparation autonomes, tels que : • Les os humains qui se régénèrent après une fracture grâce à un dépôt minéral. • La peau refermant les plaies grâce à la signalisation cellulaire. • Les plantes scellent les blessures de l'écorce avec de la résine. Modèle naturel Cicatrisation activée par des bactéries, comme on le voit dans certaines interactions microbiennes, où des bactéries productrices de calcite comblent les vides dans les systèmes vivants. 2.b Posez-vous la question suivante : que veux-je que ma conception fasse ? • Cicatriser automatiquement les microfissures dans le béton. • Réagissez aux infiltrations d'eau ou d'air en activant le processus de réparation. • Prolongez la durée de vie des bâtiments et des ponts. 2.c Renversez la question. Envisagez des fonctions opposées. • Au lieu d'empêcher complètement les fissures, comment pouvons-nous permettre aux matériaux de réagir intelligemment aux dommages ? • Comment imiter la capacité de régénération de la vie dans un matériau inorganique ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. • Os : les processus de minéralisation comblent les fissures au fil du temps. • Arbres : l'écorce se régénère après une blessure grâce à un fluide interne et à la sève. • Bactéries : les bactéries sporulées s'activent sous l'effet de l'humidité pour produire du calcaire, colmatant ainsi les fissures.



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



	3.b Identifier les experts et entrer en contact avec les communautés de biologistes et de naturalistes. • Microbiologistes spécialisés dans la recherche sur les bactéries calcifiantes. • Ingénieurs civils spécialisés dans les matériaux intelligents. • Instituts de biomimétisme et scientifiques spécialisés dans les matériaux.
Étape 4 – Résumé	4.1 Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception. Fonctions essentielles Réparation autonome, activation par l'humidité, minéralisation. Éléments clés • Déclenchée par des signaux environnementaux (par exemple, l'humidité). • Les micro-organismes ou microcapsules libèrent des agents liants. • Remplit les microfissures avant qu'elles ne se propagent.



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

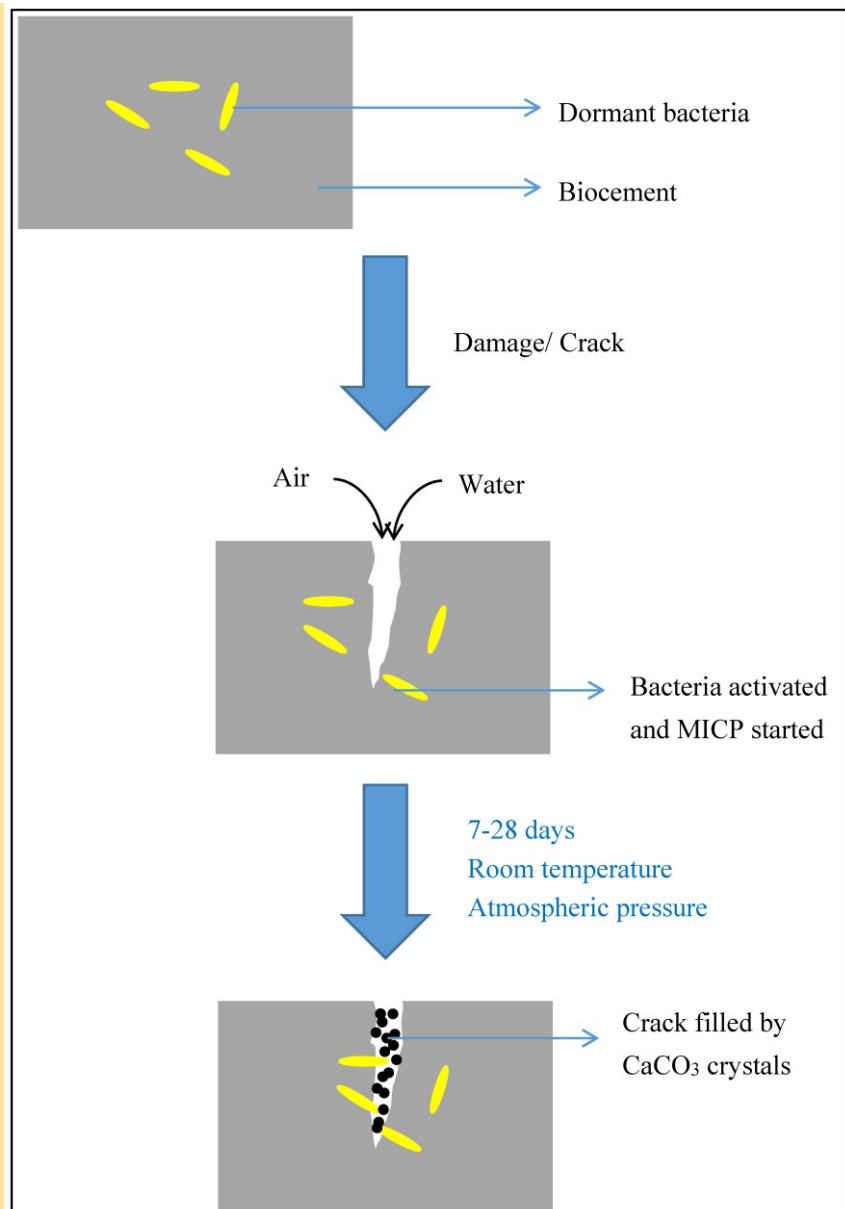


Image extraite de [MDPI](#)

4.b Traduire les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Développer du béton contenant des capsules ou des bactéries sporulées qui libèrent de la calcite ou des polymères liants lorsque des fissures se forment et que l'humidité pénètre, réparant ainsi efficacement la structure avant que des dommages importants ne surviennent.

5.1 Répertoriez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Idées clés

- Béton activé par des bactéries.

Étape 5 – Imiter



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

- Agents de réparation microencapsulés.
- Capteurs qui détectent la formation de fissures et déclenchent la réparation.
- Intégration avec des composants de construction modulaires.

5.2 Organisez vos idées en catégories qui incluent les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Contexte	Caractéristiques	Contraintes
Infrastructure (ponts, routes)	Cicatrisation activée par l'eau, induite par des micro-organismes	Exposition aux contaminants, cycles de température
Immeubles de grande hauteur	Intégrité à long terme, potentiel de structure intelligente	Obstacles à la certification, coût des systèmes embarqués
Bunkers militaires	Résistance aux dommages, visibilité réduite de la maintenance	Conditions difficiles, compatibilité chimique
Logement dans les régions isolées	Entretien minimal, longue durée de vie	Manque de main-d'œuvre qualifiée, outils de surveillance limités

Idee sélectionnée

Béton auto-cicatrisant à base de bactéries qui s'active lors de la formation de fissures et au contact de l'humidité, colmatant les interstices avec des dépôts de carbonate de calcium.

Étape 6 – Évaluer

6.1 Évaluez le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluez la faisabilité du modèle technique et commercial.

Critères remplis

- Réparation passive et automatique.
- Augmente la résilience structurelle.
- Réduit le gaspillage de matériaux au fil du temps.

Faisabilité

- Techniquement viable (déjà en phase de prototype/essai commercial).



- Rentable à long terme par rapport aux réparations traditionnelles.
- Respectueux de l'environnement grâce à la réduction des besoins de reconstruction.

Compatibilité avec la terre

- Conforme aux principes de l'économie circulaire.
- Les bactéries sont présentes naturellement et respectueuses de l'environnement.
- Peut réduire les émissions de carbone liées à la production de béton en prolongeant le cycle de vie.

6.2 Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

- Tester la capacité de survie des bactéries sur plusieurs décennies.
- S'adapter aux climats extrêmes ou aux environnements salins.
- Explorer les systèmes hybrides (par exemple, capsules bactériennes + chimiques).

Ressources supplémentaires : <https://asknature.org>
<https://biomimicry.org/>
<https://www.mdpi.com/1996-1944/13/21/4993>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : surfaces anti-salissures inspirées de la peau de requin

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature pourrait résoudre ce problème. Comment les organismes naturels, tels que les requins, parviennent-ils à empêcher l'accumulation de micro-organismes et d'autres organismes indésirables à leur surface sans recourir à des défenses chimiques ou à un nettoyage constant ? Les requins évitent l'encrassement biologique sans utiliser de sécrétions ou de produits chimiques. Leur peau est recouverte de structures microscopiques en forme de nervures (denticles dermiques) qui créent une surface rugueuse et fluide, empêchant les micro-organismes de s'y fixer. 2.b Que veux-je que mon design fasse ? • Empêcher l'adhérence des algues, des bactéries et des balanes. • Fonctionner de manière passive, sans toxines ni nettoyage actif. • Être applicable dans des environnements dynamiques (par exemple, des navires en mouvement). 2.c Renverser la question • Au lieu d'utiliser des répulsifs chimiques, comment pouvons-nous concevoir des surfaces qui empêchent intrinsèquement l'encrassement ? • Comment la texture seule peut-elle décourager la colonisation ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. • Peau de requin : sa texture nervurée empêche l'adhérence. • Peau de dauphin : en constante régénération et à faible friction. • Feuilles de lotus : superhydrophobes et autonettoyantes. • Écailles de poisson : souples et protectrices. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. • Biologistes marins et scientifiques spécialisés dans les biomatériaux. • Ingénieurs navals et développeurs de revêtements écologiques. • Communautés biomimétiques telles que Biomimicry 3.8.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

Étape 4 – Résumé

4.1 Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Fonctions essentielles

Anti-adhérence, autonettoyant, résistance passive au bio-encrassement.

Éléments clés

- Motifs de nervures à l'échelle micro/nanométrique.
- Canaux d'écoulement directionnels.
- Équilibre entre dureté et élasticité de la surface.

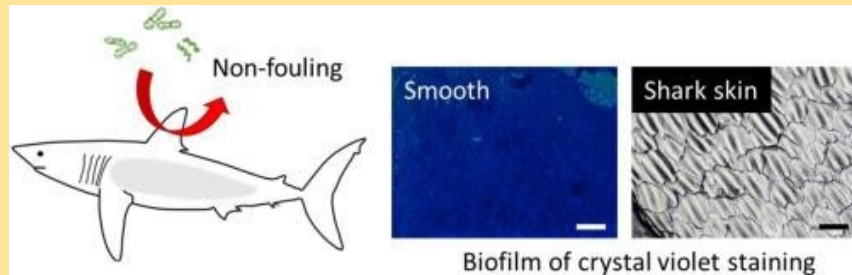


Image tirée d'[Elsevier](#)

4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Développer des revêtements ou des films avec des surfaces micro-structurées qui imitent la peau de requin afin de perturber l'adhérence microbienne. Utiliser l'impression 3D, le gaufrage ou la lithographie par nano-impression pour augmenter la production. Assurer l'application sur les bateaux, les dispositifs médicaux et même les surfaces architecturales.

Étape 5 – Émuler

5.1 Répertoriez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Idées clés

- Revêtements texturés en peau de requin pour navires.
- Revêtements à micro-motifs pour équipements hospitaliers.
- Surfaces anti-biofilm dans les canalisations d'eaux usées.
- Peintures avec motifs nervurés intégrés.

5.2 Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Contexte	Caractéristiques	Contraintes
----------	------------------	-------------

Navires	Revêtements de coque à motifs riblets, réduction de la traînée	Usure due aux UV, coût élevé de couverture de surface
Dispositifs médicaux	Revêtements texturés antibactériens	Biocompatibilité, protocoles de nettoyage
Infrastructures hydrauliques	Intérieurs de tuyaux résistants à l'encrassement	Dynamique des fluides, complexité d'installation
Architecture (par exemple, piscines)	Carreaux ou revêtements anti-algues	Compatibilité esthétique, résistance aux intempéries

Idée sélectionnée

Revêtement flexible inspiré de la peau de requin pour les bateaux et les infrastructures sous-marines, qui empêche l'encrassement sans libérer de produits chimiques.

6.1 Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité du modèle technique et commercial.

Adéquation aux critères

- Résistance passive à l'encrassement.
- Aucun produit chimique utilisé.
- Adaptable à de grandes surfaces.

Faisabilité

- Technologiquement viable grâce à la microfabrication moderne.
- Coûte plus cher que la peinture, mais ce coût est compensé par sa durabilité et sa sécurité environnementale.

Compatibilité avec l'environnement

- Zéro toxicité.
- Améliore la santé des océans.
- Substrats recyclables possibles.

6.2 Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

- Améliorez la durabilité des zones soumises à une forte abrasion.
- Explorer des solutions hybrides : texture + répulsifs non toxiques.
- Testez les performances dans divers environnements marins.



Ressources supplémentaires :

<https://asknature.org> <https://biomimicry.org/>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927776519308823>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : filtration de l'air urbain inspirée de la forêt

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment les écosystèmes forestiers purifient-ils l'air en capturant et en décomposant les polluants atmosphériques grâce à des processus physiques et biochimiques impliquant les feuilles, l'écorce et les microbes ? 2.b Que veux-je que mon projet accomplisse ? - Éliminer passivement les polluants atmosphériques à l'aide de surfaces imitant la forêt. - Fonctionner dans des environnements urbains denses. - Améliorer la santé humaine et la biodiversité. 2.c Renverser la question - Au lieu d'utiliser des systèmes de filtration mécaniques, comment pouvons-nous concevoir des éléments architecturaux qui agissent comme des arbres ? - Quels systèmes naturels éliminent les contaminants atmosphériques sans bruit ni électricité ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. Forêts : les feuilles capturent la poussière ; l'écorce et les bactéries du sol décomposent les polluants. Mousses et lichens : absorbent les métaux lourds et les particules fines. - Épiphytes (par exemple, les fougères) : poussent à la verticale et filtrent l'air. Microbiomes du sol : transforment les gaz nocifs en nutriments. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. - Écologistes et botanistes étudiant la végétation urbaine. - Ingénieurs environnementaux. - Concepteurs d'infrastructures vertes et de murs végétaux.
Étape 4 – Résumé	4.1 Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, créez un diagramme/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

Fonctions essentielles

Capture des particules, absorption des gaz, transformation chimique passive.

Éléments clés

- Structures foliaires denses et surfaces poreuses.
- Action microbienne dans les racines et les biofilms.
- Stratification verticale et textures variées.



Image extraite de [Mymodernmet](https://www.mymodernmet.com)



Récupérée sur [Whatsaprendo](https://www.whatsaprendo.com)

Étape 5 – Imiter

4.b Traduire les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Concevez des murs végétaux verticaux, des panneaux modulaires recouverts de mousse ou des biofiltres à usage urbain. Intégrez des formes optimisant la circulation de l'air, des textures de surface et des plantes ou des biofilms qui filtrent et dégradent passivement les polluants.

5.1 Répertoirez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Idées clés

- Façades vivantes avec diverses espèces végétales.
- Kiosques ou arrêts de bus purificateurs d'air avec des colonnes de mousse.
- Mobilier urbain avec modules de biofiltration intégrés.
- « Mini-forêts » sur les toits ou en bordure de route avec une conception en couches de canopée.

5.2 Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Contexte	Caractéristiques	Contraintes
Façades des bâtiments	Murs végétaux verticaux avec des plantes purificatrices d'air	Irrigation, support structurel
Transports publics	Arrêts de bus ou panneaux de gare équipés de filtres à mousse	Exposition au vandalisme, variations saisonnières
Places/parcs urbains	Structures arborescentes dotées de capacités de filtrage	Utilisation de l'espace, entretien
Zones scolaires/hôpitaux	Murs bio-réactifs ou mobilier extérieur purificateur d'air	Coût, intégration aux structures existantes

Idée sélectionnée

Système modulaire de murs végétaux inspirés de la forêt, utilisant de la mousse et des substrats riches en microbes pour la purification passive de l'air urbain.

6.1 Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité du modèle technique et commercial.

Critères remplis

- Résistance passive à l'encrassement.

Étape 6 – Évaluer



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



- Aucun produit chimique utilisé.
- Adaptable à de grandes surfaces.

Faisabilité

- Technologiquement viable grâce à la microfabrication moderne.
- Coût supérieur à celui des peintures, mais compensé par la durabilité et la sécurité environnementale.

Compatibilité avec les systèmes terrestres

- Toxicité nulle.
- Améliore la santé des océans.
- Matériaux de substrat recyclables possibles.

6.2 Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

- Adapter les espèces végétales/mousses aux polluants atmosphériques régionaux.
- Intégrer des capteurs pour surveiller la qualité de l'air et la santé des plantes.
- Combiner avec des fonctions éducatives ou esthétiques.

Ressources supplémentaires :

- <https://asknature.org>
- <https://biomimicry.org/>
- <https://mymodernmet.com/briiv-air-filter/>
- <https://www.whatdesigncando.com/stories/vertical-forests-reduce-energy-use-improve-urban-air-quality/>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : panneaux acoustiques inspirés des plumes de hibou

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment les hiboux parviennent-ils à voler presque sans bruit grâce à des adaptations physiques de leurs plumes qui dispersent et absorbent le son, leur permettant ainsi de chasser sans alerter leurs proies ? 2.b Que veux-je que mon design fasse ? • Réduire les bruits indésirables dans l'environnement et à l'intérieur des bâtiments à l'aide de mécanismes physiques passifs. • Être installable dans des bâtiments, des véhicules ou des infrastructures. • Améliorer les paysages sonores sans ajouter de systèmes électroniques. 2.c Renverser la question • Au lieu de bloquer ou d'annuler le son électroniquement, comment pouvons-nous dispenser ou absorber le son comme le font les hiboux ? • Quelles textures ou microstructures atténuent passivement le son dans la nature ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. • Plumes de hibou : les structures en franges situées sur les bords avant et arrière des ailes dispersent les turbulences de l'air et atténuent le son. • Pins ou bambous : absorbent et diffusent le son généré par le vent grâce à leur canopée flexible et poreuse. • Mousses et fougères : structures souples et stratifiées qui absorbent les vibrations et le bruit. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. • Ornithologues étudiant la morphologie des hiboux. • Ingénieurs acousticiens et chercheurs en biomimétisme. • Consultants en conception de paysages sonores et psychologues environnementaux.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

Étape 4 – Résumé

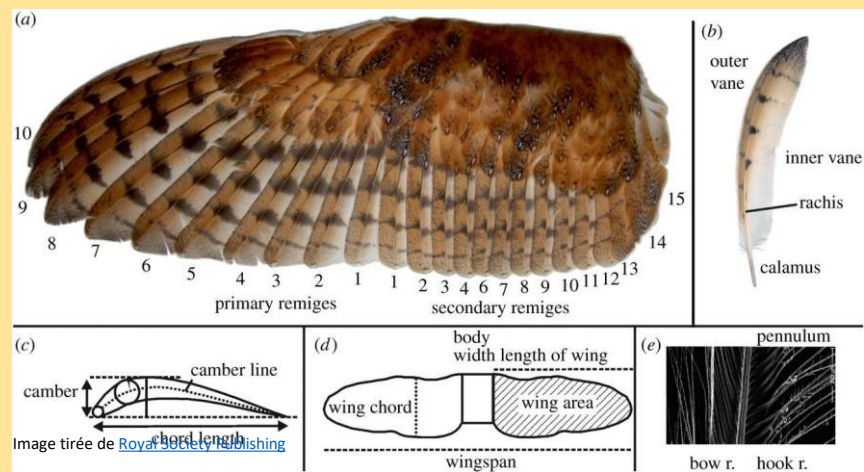
4.1 Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, créez un diagramme/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Fonctions essentielles

Absorption acoustique, diffusion des turbulences, amortissement des vibrations.

Éléments clés

- Bords dentelés et texture poreuse des plumes.
- Topographie irrégulière de la surface.
- Diffusion directionnelle du son.



4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Concevez des panneaux acoustiques et des déflecteurs avec des surfaces microstructurées ou frangées qui reproduisent l'apparence des plumes de hibou. Ceux-ci pourraient être créés à l'aide de matériaux composites insonorisants, disposés selon des géométries courbes ou superposées qui réfléchissent et piègent les ondes sonores dans des environnements intérieurs ou extérieurs.

Étape 5 – Imiter

5.1 Dressez la liste de vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Idées clés

Panneaux de plafond légers avec des textures micro-rainurées, semblables à des franges.

- Barrières antibruit extérieures en forme de faisceaux de plumes.
- Sièges publics ou cloisons utilisant des textures souples amortissant les vibrations.
- Panneaux acoustiques modulaires pour les salles de classe ou les espaces de coworking.



5.2 Classez vos idées par catégories en fonction des caractéristiques, du contexte, des contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de design qui correspondent le mieux à votre solution.

Contexte	Caractéristiques	Contraintes
Logement urbain développements	Panneaux de façade inspirés par les plumes de hibou pour absorber le trafic et du bruit industriel, amélioration du confort des résidents	Résistance aux intempéries, intégration dans les bâtiments aux codes et coût du matériaux biomimétiques
Écoles et public bibliothèques	Plafond intérieur et panneaux muraux avec microstructurés surfaces pour diffuser et absorber le son, favorisant un environnement d'apprentissage	Certification de sécurité incendie, exigences esthétiques, nettoyage/entretien
Public transport infrastructure (gares ferroviaires, métros)	Courbées en forme de plumes de hibou imite les déflecteurs pour amortir les fréquence sons provenant des moteurs et des systèmes de sonorisation systèmes	Fort trafic piétonnier durabilité, installation logistique, vibrations résistance
Bureau ouvert espaces de travail	Suspension légère cloisons et murs systèmes basés sur owl les motifs de franges d'ailes aux réduire le bruit des conversations	Flexibilité d'installation, coûts des matériaux, compatibilité avec les agencements de bureaux existants



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



6.1 Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

Critères adaptés

- Répond efficacement à l'objectif de réduction passive du bruit.
- Inspiré directement de la morphologie des ailes des hiboux.
- Adaptable à de multiples contextes architecturaux.

Faisabilité

- Techniquement viable avec les techniques de fabrication actuelles (CNC, impression 3D, polymères moulés).
- Faible consommation d'énergie par rapport au contrôle actif du bruit.





- Peut être intégré dans un design esthétique.

Compatibilité avec l'environnement

- Les panneaux fabriqués à partir de fibres biodégradables ou recyclées sont respectueux de l'environnement.
- Réduit la pollution acoustique sans augmenter la charge énergétique.

6.2 Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

- Adaptez la texture de la surface des panneaux à des gammes de fréquences spécifiques (par exemple, le trafic routier par opposition à la parole humaine).
- Testez la sécurité incendie, la résistance à la moisissure et la compatibilité avec la qualité de l'air intérieur.
- Explorer les possibilités de partenariat avec des marques de décoration intérieure ou des fabricants de mobilier urbain.

Ressources supplémentaires : <https://asknature.org>

<https://biomimicry.org/> <https://mymodernmet.com/briiv-air-filter/>

<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsfs.2016.0078>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : surfaces antigivrage inspirées des feuilles de lotus et des plumes de pingouin

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment les feuilles de lotus et les plumes de pingouin empêchent-elles l'eau d'adhérer et de geler à leur surface grâce à des textures microscopiques et à une chimie de surface qui repoussent l'humidité et limitent l'adhérence de la glace ? 2.b Que veux-je que mon design fasse ? • Prévenir ou réduire passivement l'accumulation de glace. • Éviter l'utilisation d'électricité ou de produits chimiques. • Être évolutif et adaptable à différents matériaux de surface. 2.c Renverser la question • Au lieu d'éliminer la glace après sa formation, comment pouvons-nous empêcher sa formation ou son adhérence dès le départ ? • Comment imiter les stratégies naturelles de répulsion de l'humidité et d'isolation thermique ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. • Feuille de lotus : micro/nano-structures superhydrophobes qui font perler l'eau et la font rouler, empêchant ainsi le gel. • Plumes de pingouin : les barbes qui se chevauchent emprisonnent l'air, réduisant ainsi le contact avec l'eau et limitant le gel, tout en favorisant un séchage rapide. • Ailes de papillon et peau des collemboles : repoussent l'humidité grâce à leurs écailles structurées et leur rugosité. 3.b Identifiez les experts et connectez-vous à des communautés de biologistes et de naturalistes. • Chercheurs en ingénierie de surface dans le domaine des technologies antigivrage. • Biologistes étudiant les adaptations aux climats froids. • Laboratoires de science des matériaux et d'innovation textile.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

Étape 4 – Résumé

4.1 Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Fonction principale

Superhydrophobicité, faible conductivité thermique et imperméabilité.

Éléments clés

- Rugosité hiérarchique à l'échelle micro et nano.
- Revêtements de surface de type cireux dans la nature.
- Structures emprisonnant l'air qui isolent ou évacuent rapidement l'humidité.

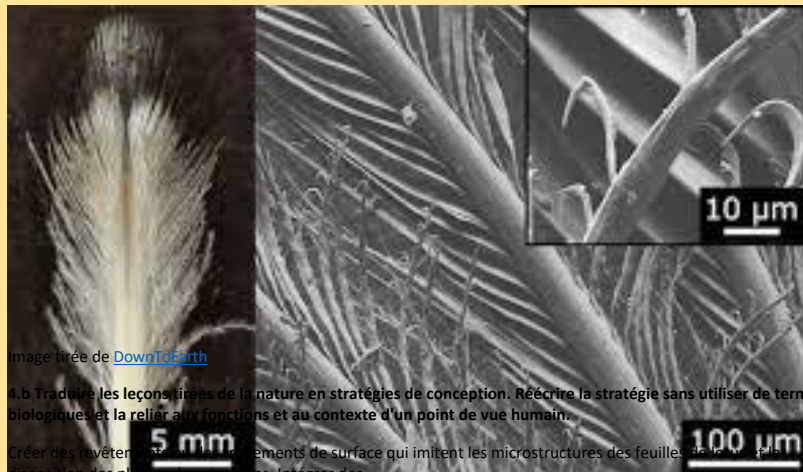


Image tirée de [DownToEarth](https://www.down-to-earth.com/)

4.b Traduire les leçons tirées de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Créer des revêtements et des éléments de surface qui imitent les microstructures des feuilles de la nature, dans la disposition des plumes des pingouins. Intégrer des

Étape 5 – Imiter

, des matériaux à faible énergie de surface ou des films texturés en 3D pour une utilisation sur les infrastructures ou les véhicules exposés au froid.

5.1 Répertoriez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Idées clés

- Films transparents antigivrage pour les vitres des voitures et des avions.
- Revêtements protecteurs pour les pales d'éoliennes dans les régions enneigées.
- Revêtements en fibres inspirés des pingouins pour les vêtements destinés aux conditions météorologiques extrêmes.
- Réflecteurs routiers antigivrage ou panneaux d'infrastructure ferroviaire.

5.2 Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Contexte	Caractéristiques	Contraintes
Ailes/fenêtres d'avion	Revêtements transparents, hydrophobes et texturés	Résistance aux UV, tolérance aérodynamique et clarté optique
Pales d'éoliennes	Surfaces texturées avec rainures anti-glace	Durabilité face à l'érosion due au vent et à la pluie
Vêtements pour temps froid	Fibres légères avec conception emprisonnant l'air et évacuant l'humidité	Respirabilité, coût de fabrication, confort
Infrastructures urbaines (rails, routes)	Panneaux ou dalles résistants au gel inspirés de la texture des feuilles de lotus	Résistance aux chocs, faisabilité de l'installation

Étape 6 – Évaluer

6.1 Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

Adéquation aux critères

- Solution passive, basée sur la nature, qui élimine les produits chimiques toxiques et réduit la consommation d'énergie.
- Inspiré directement par deux modèles naturels robustes et éprouvés sur le terrain (lotus + pingouin).

Faisabilité

- Succès en laboratoire dans la création de revêtements superhydrophobes.
- Nécessite des tests de durabilité pour l'usure mécanique, l'exposition aux UV et l'accumulation de saleté.

Compatibilité avec les systèmes terrestres



- Évite les agents de dégivrage polluants.
- Les matériaux peuvent être biodégradables ou recyclables.
- Favorise la durabilité à long terme dans plusieurs secteurs.

6.2 Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

- Personnaliser les conceptions de microstructures pour différents climats.
- Combiner avec des matériaux absorbant l'énergie solaire ou isolants.
- Modulariser les applications de surface pour faciliter les réparations ou les remplacements.

Ressources supplémentaires :

<https://asknature.org> <https://biomimicry.org/>

<https://www.downtoearth.org.in/wildlife-biodiversity/penguin-feathers-help-inspire-new-de-icing-techniques-87092>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Modules de formation WP3 sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : textiles hydrofuges inspirés des feuilles de lotus et des ailes de papillon

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment les feuilles de lotus et les ailes de papillon repoussent-elles l'eau grâce à la texture structurée de leur surface et à leur composition chimique hydrophobe qui empêche l'humidité d'adhérer ou de pénétrer la surface ? 2.b Que veux-je que mon design fasse ? • Repousser passivement l'eau et l'humidité. • Sans danger pour la peau et l'environnement. • Conservez la souplesse, la douceur et la respirabilité. 2.c Renversez la question • Au lieu d'imperméabiliser en scellant ou en bloquant, comment pouvons-nous garder les surfaces sèches uniquement grâce à leur texture ? • Pouvons-nous créer des surfaces structurées et respirantes qui repoussent l'eau à un niveau microscopique ?
Étape 3 – Découvrez	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. • Feuilles de lotus : elles sont recouvertes de micro-papilles nanostructurées qui emprisonnent l'air et réduisent le contact avec l'eau. • Ailes de papillon : les écailles forment des motifs qui créent une superhydrophobicité et une irisation. • Plumes de canard : l'eau roule grâce à des barbes cireuses superposées. • Soie d'araignée : des perles et des canaux évacuent l'eau. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. • Ingénieurs textiles spécialisés dans les finitions fonctionnelles. • Chercheurs en biophysique spécialisés dans les micro/nanostructures. • Professionnels de la chimie verte travaillant sur des répulsifs sans fluor.
Étape 4 – Résumé	4.1 Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, créez un diagramme/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent illustrer la conception.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

Fonctions essentielles

Superhydrophobicité, respirabilité et évacuation de l'eau par capillarité.

Éléments clés

- Rugosité multi-échelle (micro et nano).
- Matériaux ou traitements de surface hydrophobes.
- Structure flexible permettant le mouvement et la circulation de l'air.



Deriving technology from nature: A team of chemists from the PTRI reproduces the Lotus Effect as demonstrated by the lotus leaf (left) to develop pineapple/cotton water repellent fabrics (right).



4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Développer des tissus avec des fibres structurées ou des traitements de surface qui imitent la feuille de lotus et l'aile de papillon. Utiliser des composés hydrophobes non toxiques (par exemple, des silicones, des cires ou des revêtements à base de graphène) et



des techniques de tissage de fibres texturées pour créer des textiles imperméables et respirants.

5.1 Répertoriez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Idées clés

- Vêtements de sport qui restent secs et respirants pendant une activité intense.
- Blouses médicales ou EPI imperméables avec des revêtements superhydrophobes naturels.
- Textiles de mode avec effets perlant l'eau et surfaces changeant de couleur (inspirés des papillons).
- Équipement de plein air écologique sans répulsifs chimiques.

5.2 Organisez vos idées en catégories comprenant les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de design qui correspondent le mieux à votre solution.

Contexte	Caractéristiques	Contraintes
Extérieur vêtements de sport	Tissus respirants avec une douceur tactile semblable à celle du lotus imperméabilité	Résistance au lavage, douceur au toucher et swapourapor transfert
Protecteur médical vêtements	Non toxique hydrophobe revêtement, léger propriétés barrières	Stérilisation Compatibilité, biodégradabilité
Mode et design textiles	Changement de couleur, résistance à l'eau perte de micro-motifs (papillon)	Coût de la structure réplication, cohérence dans les grandes sur de grandes surfaces
Technique uniformes (sauvetage, militaire)	Durable, sèche rapidement couches extérieures de contact	Résistance à l'abrasion, équilibre volume/poids



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Étape 5 – Imiter

6.1 Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité du modèle technique et commercial.

Critères adaptés

- Solution passive, non toxique et respirante.
- Imiter deux modèles biologiques bien connus et efficaces.

Faisabilité

Étape 6 – Évaluer



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



- Succès continu dans le domaine de la nanotechnologie textile et de la chimie verte.
- Nécessite un équilibre entre performance, confort et durabilité.

Compatibilité avec les systèmes terrestres

- Évite les fluorochimiques nocifs (PFAS).
- Possibilité d'utiliser des tissus recyclés et des polymères biodégradables.
- Réduit le besoin de réapplication ou de nettoyage agressif.

6.2 Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

- Améliorer la résistance aux cycles de lavage et à l'abrasion.
- Tester la compatibilité avec les tissus teints ou imprimés.
- Combiner la conception bio-inspirée avec les technologies de fibres renouvelables (par exemple, le chanvre, le bambou).

Ressources supplémentaires :

<https://asknature.org> <https://biomimicry.org/>

<https://www.ptri.dost.gov.ph/s-t/philippine-silk-s-t-program/2-transparency-seal/uncategorised/73-mimicking-nature-s-waterproof-technology>

<https://www.linkedin.com/pulse/biomimicry-nature-inspires-design-high-tech-apparel-siddhi-mathur/>



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les mesures mises en œuvre pour résoudre le problème identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : pales d'éoliennes inspirées des baleines

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment les baleines à bosse parviennent-elles à atteindre une agilité et une portance extraordinaires dans l'eau grâce à leurs nageoires irrégulières dotées de tubercules (bosses) qui optimisent la séparation des flux et réduisent la traînée ? 2.b Que veux-je que ma conception fasse ? • Améliorer la portance et l'efficacité des pales des éoliennes. • Améliorer les performances dans les flux d'air turbulents ou à faible vitesse. • Réduire les contraintes structurelles et l'usure mécanique. 2.c Renverser la question • Au lieu de rationaliser les pales pour obtenir des surfaces lisses, que se passerait-il si des formes irrégulières telles que des tubercules amélioreraient les performances ? • Comment utiliser de manière constructive les turbulences de l'air ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. ● Nageoires des baleines à bosse : les tubercules sur les bords d'attaque créent des zones de pression alternées, augmentant la portance et retardant le décrochage. ● Les ailes des oiseaux : elles ajustent leur forme de manière dynamique pour un vol plané ou un battement efficace. ● Les nageoires des poissons : leur flexibilité passive améliore la propulsion et la direction. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. • Biologistes marins et chercheurs en dynamique des fluides. • Ingénieurs aérospatiaux travaillant dans le domaine de l'aérodynamique biomimétique. • Institutions spécialisées dans les énergies renouvelables.
Étape 4 – Résumé	4.1 Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots-clés. Si possible, réalisez un schéma/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception. Fonctions essentielles Génération de portance, gestion des turbulences, retard de décrochage. Éléments clés • Bosses sur le bord d'attaque (tubercules).



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA). Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

- Contrôle localisé du flux d'air.
- Stabilité améliorée à des vitesses de fluide variables.

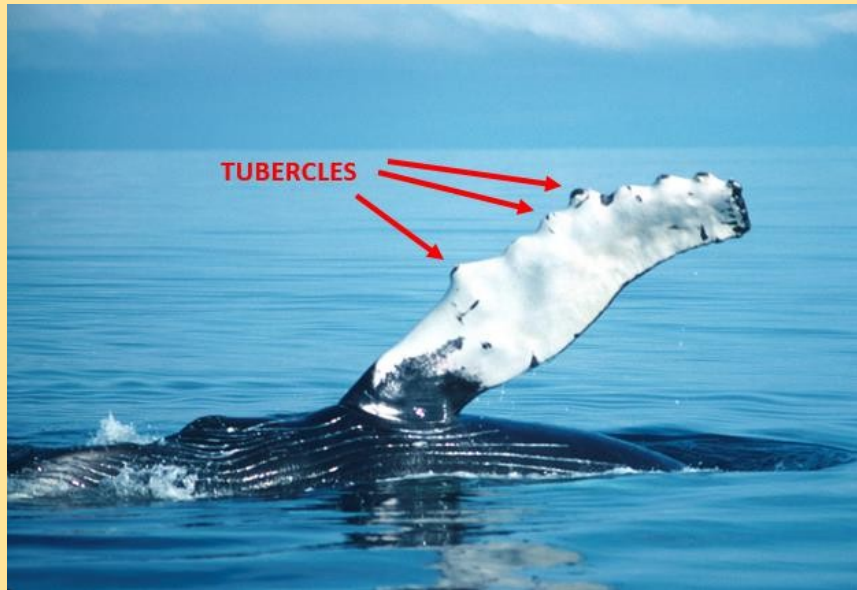


Image extraite d'[EnergiMedia](#)



Image tirée de [ResearchGate](#)

4.b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Concevoir des pales d'éoliennes avec des bords festonnés inspirés des tubercules. Utiliser des matériaux composites et des techniques de moulage de précision pour reproduire les avantages aérodynamiques des nageoires des baleines, améliorant ainsi la dynamique des flux d'air à différentes vitesses de vent.

5.1 Énumérez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Idées clés

- Les pales des turbines sont entièrement conçues avec des bords d'attaque tubulaires.

Étape 5 – Imiter



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



- Kits de modernisation pour les turbines existantes.
- Mini-éoliennes pour une utilisation urbaine ou hors réseau avec des pales biomimétiques.
- Hélices de drones ou turbines sous-marines utilisant le même principe.

5.2 Classez vos idées par catégories en fonction des caractéristiques, du contexte, des contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Contexte	Caractéristiques	Contraintes
Parcs éoliens terrestres	Pales inspirées des baleines pour une portance améliorée dans des vents variables	Coût de fabrication, défis liés à la modernisation
Éoliennes offshore	Meilleures performances dans les vents océaniques turbulents	Résistance à la corrosion, logistique de maintenance
Installations éoliennes urbaines	Petites turbines équipées de pales tubulaires pour augmenter le rendement	Contraintes d'espace, intégration esthétique
Systèmes de propulsion pour drones et UAV	Hélices efficaces, silencieuses et biomimétiques	Précision requise, compatibilité avec les matériaux légers

6.1 Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité du modèle technique et commercial.

Adéquation aux critères

- Augmente la production d'énergie et la fiabilité.
- Réduit le bruit, le décrochage et les contraintes.

Faisabilité

- Soutenu par la CFD (dynamique des fluides computationnelle) et des essais en conditions réelles.
- Les prototypes commerciaux (par exemple, les pales WhalePower) ont démontré des gains d'efficacité.

Compatibilité avec les systèmes terrestres

- Favorise le développement des énergies renouvelables.
- Peut permettre à des turbines plus petites de remplacer les générateurs à combustible fossile dans davantage de zones.
- Favorise l'utilisation de composants plus durables et ayant un impact environnemental moindre.



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



Étape 6 – Évaluer



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



6.2 Réviser et revoir les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

- Optimiser la géométrie des tubercules pour différentes échelles de turbines.
- Tester les performances dans des conditions météorologiques extrêmes.
- Collaborez avec des fabricants pour trouver des options de matériaux durables.

Ressources supplémentaires :

<https://asknature.org> <https://biomimicry.org/>

<https://energi.media/innovation/canadian-inventors-turbine-humpback-whales-increasing-wind-efficiency/>

https://www.researchgate.net/figure/a-Humpback-whale-pectoral-flippers-and-b-Manufactured-adapted-tubercles-on-the_fig4_322112572



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



WP3 Modules de formation sur la conception de processus biomimétiques

Tâche 3.1/ A1. Développement d'un kit d'auto-apprentissage pour les étudiants en EFP - LP : ATS / CP : TOUS

IMITONS LES SOLUTIONS

Une solution désigne les étapes mises en œuvre pour résoudre le défi identifié, grâce au biomimétisme.

Solution : filtration des microplastiques inspirée des moules

CONCEPTION BIOMIMÉTIQUE	Description
Étape 2 – Biologiser	2.a Demandez-vous comment la nature peut résoudre ce problème. Comment les moules, les éponges et les huîtres filtrent-elles efficacement les particules présentes dans l'eau et parviennent-elles à se fixer aux surfaces à l'aide de bioadhésifs dans des conditions humides et turbulentes ? 2.b Que veux-je que mon dispositif fasse ? • Capturer les particules microplastiques présentes dans les eaux courantes ou stagnantes. • Fonctionner sans avoir besoin d'une alimentation électrique continue ou de produits chimiques. • Être biodégradable, recyclable et sans danger pour les écosystèmes. 2.c Renverser la question • Au lieu d'éliminer les plastiques aux points de collecte, comment pouvons-nous intégrer une filtration inspirée de la nature dans les systèmes d'eau existants ? • Pouvons-nous reproduire les stratégies passives, collantes, fibreuses ou à base de mailles des filtres aquatiques ?
Étape 3 – Découvrir	3.a Recherchez des modèles naturels qui correspondent aux mêmes fonctions et au même contexte que votre solution de conception. • Moules : filtrent les particules et sécrètent des fils collants (byssus) pour s'ancrer et piéger. • Éponges : filtrent l'eau à travers des canaux poreux à l'aide d'un flux passif et de choanocytes. • Huîtres et palourdes : capturent les solides en suspension tout en se protégeant. • Racines de mangrove et herbiers marins : retiennent les débris dans des réseaux de fibres naturelles. 3.b Identifiez des experts et entrez en contact avec des communautés de biologistes et de naturalistes. • Biologistes marins étudiant la filtration benthique. • Chercheurs spécialisés dans les matériaux bioadhésifs. • Start-ups spécialisées dans la purification de l'eau et le biomimétisme.



Co-funded by
the European Union

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.

Étape 4 – Résumé

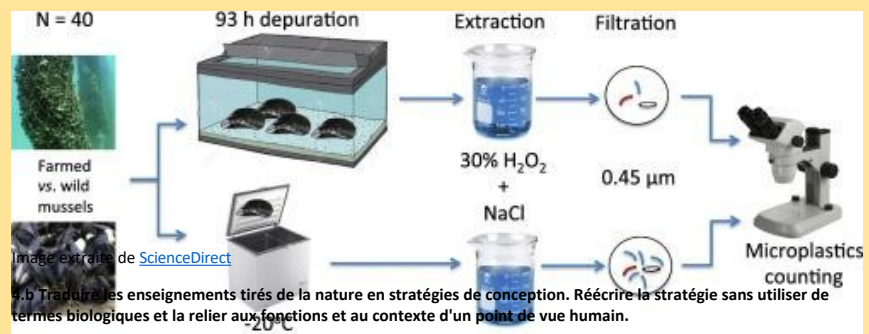
4.1 Résumez les éléments clés de la stratégie biologique. Mettez en évidence les fonctions essentielles et les mots clés. Si possible, créez un diagramme/dessin et/ou trouvez des images qui peuvent inspirer la conception.

Fonctions essentielles

Filtration passive, liaison adhésive, piégeage des particules.

Éléments clés

- Réseaux fibreux collants.
- Géométries poreuses et optimisées pour l'écoulement.
- Sécrétion bioadhésive et régénération du maillage.



4. b Traduire les enseignements tirés de la nature en stratégies de conception. Réécrire la stratégie sans utiliser de termes biologiques et la relier aux fonctions et au contexte d'un point de vue humain.

Concevoir des membranes ou des mailles de filtration bio-inspirées qui imitent les branchies et les fils des moules pour piéger les microplastiques. Utiliser des adhésifs à base de biopolymères ou créer des panneaux filtrants modulaires pouvant être insérés dans les cours d'eau urbains, les stations d'épuration ou les stations de nettoyage flottantes.

5.1 Énumérez vos informations clés et explorez autant d'idées que possible. Idées clés

- Filtres flottants inspirés des moules déployés dans les rivières ou les égouts pluviaux.
- Inserts en maille bioadhésive dans les stations d'épuration.
- Pièges à microplastiques modulaires fixés aux quais, bouées ou ponts.
- Biofiltres poreux inspirés des éponges pour l'aquaculture ou la réutilisation des eaux grises.

Étape 5 – Imiter

5.2 Organisez vos idées en catégories qui incluent les caractéristiques, le contexte, les contraintes, etc. et sélectionnez les concepts de conception qui correspondent le mieux à votre solution.

Étape 6 – Évaluer

Contexte	Caractéristiques	Contraintes
Systèmes de drainage urbain	Inserts en bio-maille pour la capture des microplastiques	Accumulation de débris, compatibilité avec les rénovations
Environnements côtiers et fluviaux	Unités de filtration flottantes imitant les moules	Contrôle de la flottabilité, interaction avec la vie marine
Infrastructure de traitement de l'eau	Filtres inspirés des filaments des moules avec zones de capture bioadhésives	Entretien du biofilm, optimisation de la pression d'écoulement
Aquaculture et élevage marin	Pièges passifs en microplastique de type éponge dans les cages en filet	Durabilité en eau salée, compatibilité spécifique à chaque espèce

6.1 Évaluer le ou les concepts de conception en fonction de leur adéquation avec les critères et les contraintes du défi de conception, ainsi que leur compatibilité avec les systèmes terrestres. Évaluer la faisabilité des modèles techniques et commerciaux.

Adéquation aux critères

- Élimine les plastiques avec une faible consommation d'énergie.
- Compatible avec la gestion régénérative de l'eau.
- Soutient la biodiversité en utilisant des méthodes non toxiques et biologiquement sûres.

Faisabilité

- La filtration bioinspirée est déjà en phase pilote (par exemple, Nature-Inspired Solutions au MIT).
- Nécessite un prototype itératif pour le débit et la résistance au colmatage.

Compatibilité avec les systèmes terrestres

- Utilise des matériaux biodégradables et non toxiques.
- Évite de nuire à la faune et à la flore sauvages ou aux écosystèmes.
- Encourage le nettoyage à long terme plutôt que les interventions réactionnaires.

6.2 Réviser et réexaminer les étapes précédentes si nécessaire afin de trouver une solution viable.

- Testez les performances de filtration pour différentes tailles de particules et différentes conditions.
- Développer des systèmes modulaires pour faciliter le démontage et le nettoyage.
- Surveiller les effets écologiques indésirables (par exemple, le piégeage d'espèces).

Ressources supplémentaires :

- <https://asknature.org>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.



- <https://biomimicry.org/>
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X1930061X>



**Co-funded by
the European Union**

Financé par l'Union européenne. Les points de vue et opinions exprimés sont toutefois ceux des auteurs et ne reflètent pas nécessairement ceux de l'Union européenne ou de l'Agence exécutive européenne pour l'éducation et la culture (EACEA).
Ni l'Union européenne ni l'EACEA ne peuvent en être tenues responsables.