

Colles plus

**UE7B :**  
**Santé Société Humanité**  
**Module Santé Publique**

**ACTUALISATION**

**Fiche de cours n°7**

**Le biomimétisme :**

**Définition et exemples à partir du règne  
animal**

- Colles plus
- ★ Notion tombée 1 fois au concours
  - ★★ Notion tombée 2 fois au concours
  - ★★★ Notion tombée 3 fois ou plus au concours

BIOMIMÉTISME	
Définition	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Concept qui consiste à <b>résoudre des problèmes contemporains</b> en tentant de <b>reproduire des processus naturels</b></li></ul>
Source d'innovation inspirée par la nature	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Copie des meilleures stratégies d'adaptation</b> apparues au fil des 3,8 milliards d'années d'évolution :<ul style="list-style-type: none"><li>○ <b>Dans une logique écologique de développement durable</b>, c'est-à-dire d'innovations technologiques sans impact négatif sur l'environnement et les générations futures</li></ul></li></ul>
Un concept ancien	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Icare et Dédale</b>, dans la mythologie grecque, s'échappent d'un labyrinthe de Crète en volant grâce à des ailes d'oiseaux fixées à leur dos par de la cire</li><li>▪ <b>Léonard de Vinci</b> dessine des machines volantes à ailes mimant celles des oiseaux</li></ul>
Popularisation	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Publication du 1<sup>er</sup> livre sur le biomimétisme par <b>Janine Benyus</b> en 1997</li></ul>
3 approches essentielles	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Inspirations par formes retrouvées dans la nature</li><li>▪ Copie de procédés, comportements utilisés par le vivant</li><li>▪ Reproduction d'écosystèmes en termes de durabilité, productivité et adaptabilité</li></ul>
Applications majeures	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Ingénierie prédominante</li><li>▪ Architecture</li><li>▪ Médecine</li><li>▪ Art :<ul style="list-style-type: none"><li>○ Art de la guerre<ul style="list-style-type: none"><li>- Formation en tortue des légions romaines</li></ul></li></ul></li></ul>

Colles plus

**INSPIRATION PAR LES FORMES**  
**MARTIN-PÊCHEUR ET SHINKHANSEN (TGV japonais)**

<b>Problématique générale</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Perte de vitesse d'un objet lors de la transition entre 2 milieux de densités différentes</li></ul>
<b>Caractéristiques du martin-pêcheur</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Oiseau prédateur des poissons :</b><ul style="list-style-type: none"><li>○ A une <b>morphologie effilée</b> avec un bec allongé et un front très incliné</li><li>○ Attrape sa proie en plongeant par une <b>technique de piqué</b> :<ul style="list-style-type: none"><li>- Entre à grande vitesse dans l'eau sans faire d'éclaboussures</li></ul></li></ul></li></ul>
<b>Problématique du TGV</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Un changement de pression à chaque entrée et sortie de tunnel (air comprimé de plus grande résistance) provoque de <b>bruyantes détonations</b> et une <b>perte énergétique</b></li></ul>
<b>TGV japonais Shinkansen</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Le morphotype du martin-pêcheur appliqué au train permet une réduction de la pression de l'air au passage du tunnel :<ul style="list-style-type: none"><li>○ <b>Économie d'énergie</b></li><li>○ <b>Disparition du bang sonore</b></li><li>○ <b>Augmentation de la vitesse de pointe</b></li></ul></li></ul>

**INSPIRATION PAR LES STRUCTURES**  
**PEAU DE REQUIN ET COMBINAISON DE NATATION ANTIFRICTION**

<b>Microscopie électronique de la peau de requin</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Peau irrégulière avec présence de <b>denticules</b> ☺ permettant :<ul style="list-style-type: none"><li>○ Une <b>réduction des turbulences</b></li><li>○ Une <b>augmentation de la vitesse</b></li><li>○ Une <b>protection contre la croissance des parasites</b></li></ul></li></ul>
<b>Combinaison de natation</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Application de la <b>technologie antifriction</b> de la peau de requin :<ul style="list-style-type: none"><li>○ Amélioration des temps de Michael Phelps aux JO de 2008</li><li>○ Combinaison <b>aujourd'hui interdite</b> car trop performante</li></ul></li></ul>
<b>Autres applications humaines</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Technologie applicable aux <b>coques de bateaux</b>, aux <b>sous-marins</b> et aux <b>avions</b></li><li>▪ <b>Création de surfaces rugueuses résistantes à la pousse bactérienne</b> ☺ dans les hôpitaux pour éviter les infections nosocomiales</li></ul>

**INSPIRATION PAR LES STRUCTURES  
LÉZARD GECKO ET ADHÉRENCE**

<b>Capacités d'équilibriste du Gecko</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Lézard arboricole pouvant se maintenir sur toutes les surfaces :<ul style="list-style-type: none"><li>○ Même sur le plafond</li><li>○ Même sur un seul doigt</li></ul></li><li>▪ Un lézard Gecko d'environ 50 g est capable de supporter un poids de 2 kg :<ul style="list-style-type: none"><li>○ Capacité équivalente à supporter 3,2 T pour un homme de 80 kg</li></ul></li></ul>
<b>Structure de la face palmaire du Gecko</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Présence de <b>lamelles adhésives</b> formées de millions de poils appelés <b>séntules</b> qui sont ramifiés en <b>spatules</b> :<ul style="list-style-type: none"><li>○ Dans ces spatules, les poils exercent avec les parois des forces électriques de faible intensité mais en très grand nombre, les <b>forces de van der Waals</b> ✎</li></ul></li></ul>
<b>Système d'adhérence sèche</b> ✎	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Intéressant dans un environnement où les ventouses et les adhésifs chimiques collants sont inutilisables, comme dans le <b>vide sidéral de l'espace</b>, pour équiper des machines ou des robots :<ul style="list-style-type: none"><li>○ Remplacement des séntules et spatules du Gecko par des <b>filaments microscopiques de silicium</b></li></ul></li></ul>

**INSPIRATION PAR LES STRUCTURES  
SCARABÉE ET APPROVISIONNEMENT EN EAU ✎**

<b>Caractéristiques du Scarabée de Namibie</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Scarabée <i>Stenocara</i> vivant dans le désert</li><li>▪ Le Scarabée possède des <b>élytres</b> ✎ ou étuis ou ailes antérieures composées de :<ul style="list-style-type: none"><li>○ <b>Bosses hydrophiles</b></li><li>○ <b>Creux ou canaux hydrophobes</b> recouverts de cire « <i>teflon-like</i> »</li></ul></li><li>▪ Le Scarabée recueille l'eau de son environnement par :<ul style="list-style-type: none"><li>○ <b>Accumulation</b> de l'humidité matinale de l'air sur les bosses hydrophiles</li><li>○ <b>Puis écoulement</b> des gouttelettes d'eau accumulées vers la bouche par les canaux hydrophobes (« cire <i>teflon-like</i> »)</li></ul></li></ul>
<b>Technologies humaines bioinspirées</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Filets verticaux de recueil de vapeur d'eau</b> matinale dans les pays secs</li><li>▪ <b>Toits de maison imitant la structure de l'exosquelette</b> du Scarabée pour le recueil d'eau</li><li>▪ Projet architectural de théâtre aux Canaries pour collecter l'eau à partir de l'humidité de l'air</li></ul>

**INSPIRATION PAR LES PROCÉDÉS  
TERMITES ET CLIMATISATION PASSIVE**

<b>Caractéristiques d'une termitière</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Les termites vivent en société dans une <b>termitière</b></li><li>▪ Malgré un environnement sec très chaud le jour et très froid la nuit, l'intérieur de la termitière garde :<ul style="list-style-type: none"><li>○ Une <b>température</b> relativement <b>constante</b></li><li>○ Une <b>humidité</b> relativement <b>constante</b></li></ul></li></ul>
<b>Circulation de l'air dans une termitière</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Présence d'un <b>système de climatisation passive</b> :<ul style="list-style-type: none"><li>○ L'air circule dans un réseau de cheminées, de canaux et de galeries, avec des entrées d'air contrôlées</li><li>○ La circulation dans ce réseau permet de tamponner les différences de température pour garder une température globale relativement constante de l'air</li></ul></li></ul>
<b>Eastgate Center</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Centre commercial de la capitale du Zimbabwe (pays très chaud)</li><li>▪ Architecture de type termitière avec une cheminée centrale et des <b>zones de circulation d'air</b> à l'extérieur et à l'intérieur du bâtiment :<ul style="list-style-type: none"><li>○ L'<i>Eastgate Center</i> utilise <b>moins de 50 % de l'énergie</b> des bâtiments de taille similaire</li></ul></li></ul>

INSPIRATIONS MULTIPLES LA TOILE D'ARaignée : UNE RÉALISATION EXCEPTIONNELLE	
Usage	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Réseau de fils confectionné pour capturer les proies</li></ul>
Propriétés principales de la toile d'araignée	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Ultra-résistance :</b><ul style="list-style-type: none"><li>○ Supérieure à l'acier et au kevlar</li></ul></li><li>▪ <b>Élasticité importante :</b><ul style="list-style-type: none"><li>○ Grande capacité d'absorption des chocs</li><li>○ Allongement jusqu'à 40% avant rupture</li></ul></li><li>▪ <b>Légereté :</b><ul style="list-style-type: none"><li>○ 1 toile qui ferait le tour de la Terre ne pèserait que quelques centaines de gramme</li></ul></li><li>▪ Structure <b>collante</b> :<ul style="list-style-type: none"><li>○ Permet de fixer et de capturer les proies</li></ul></li><li>▪ Structure <b>réparable</b> :<ul style="list-style-type: none"><li>○ Économie d'énergie : zone endommagée réparable localement</li></ul></li><li>▪ Structure adaptable selon les supports :<ul style="list-style-type: none"><li>○ Édifiée dans toutes zones : arbres, supports artificiels, etc.</li><li>○ De quelques millimètres à plusieurs mètres</li></ul></li></ul>
Production de la substance à l'origine de la toile d'araignée	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Production de fibrilles de soie<ul style="list-style-type: none"><li>○ Par les <b>glandes séricigènes</b> situées aux extrémités de l'abdomen</li><li>○ Constituées de <b>protéines</b> responsables des propriétés de la toile, de lipides, de minéraux et d'eau</li></ul></li><li>▪ Mécanisme naturel de production plus performant que n'importe quelle machine</li></ul>
Nature et agencement des protéines expliquant les propriétés de la toile d'araignée	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ <b>Fibroïne</b><ul style="list-style-type: none"><li>○ Protéine <b>filamenteuse</b></li><li>○ Constitue 2/3 de la structure protéique</li><li>○ Enchainement répété un très grand nombre de fois de séquences d'acides aminés [Gly-Ser-Gly-Ala-Gly-Ala]<sub>n</sub></li><li>○ Organisée <b>en feuillets β</b></li></ul></li><li>▪ <b>Séricine</b><ul style="list-style-type: none"><li>○ Constitue 23% de la structure protéique</li><li>○ Située <b>à l'extérieur</b> :<ul style="list-style-type: none"><li>- Enveloppe et soude les filaments de fibroïne</li><li>- Donne la couleur et l'imperméabilité</li></ul></li></ul></li></ul>

INSPIRATIONS MULTIPLES <b>LA TOILE D'ARaignée : UNE RÉALISATION EXCEPTIONNELLE</b>	
<b>Différents types de soies</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Chaque groupe d'araignée produit différents types de fibres de qualités différentes : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b><i>Nephila clavipes</i> fabrique la matière la plus résistante</b> qui est une source d'inspiration optimale pour les êtres humains</li> </ul> </li> </ul>
<b>Source de multiples inspirations</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Câbles</li> <li>▪ <b>Gilets pare-balles</b></li> <li>▪ Vêtements, combinaisons spatiales</li> <li>▪ Véhicules : châssis, ceinture de sécurité</li> <li>▪ Jonctions entre processeurs, fibres optiques</li> <li>▪ Voileage de bateaux</li> <li>▪ <b>Biocompatible pour tendons, ligaments, sutures chirurgicales</b></li> <li>▪ Isolation du bruit en absorbant les vibrations de diverses fréquences</li> <li>▪ Propriétés électrostatiques pour le filtrage des polluants</li> <li>▪ Structures architecturales <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Stades</li> </ul> </li> </ul>
<b>Comment la produire ?</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Production par génie génétique envisageable : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Production des protéines par des chèvres recombinantes</li> </ul> </li> </ul>

INSPIRATION PAR LES SYSTÈMES <b>SYMBIOSE</b>	
<b>Relation symbiotique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entraide entre deux organismes pour survivre</li> </ul>
<b>Exemple du saumon d'élevage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Parasitisme du saumon d'élevage</b> des fermes intensives d'Écosse et de Norvège <b>par le Pou</b> (<i>Lepeophtheirus salmonis</i>) : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Le Pou se fixe au saumon, l'affaiblit et peut le tuer, ce qui induit une <b>perte de commercialisation</b></li> </ul> </li> <li>▪ Solution actuelle : <b>usage de pesticides</b> anti-poux : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mais résistance progressive des poux aux pesticides</li> <li>○ Mais impact négatif sur la santé humaine</li> </ul> </li> <li>▪ Solution écologique inspirée de la symbiose : <b>introduction de poissons nettoyeurs</b> appelés labres : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Les labres débarrassent les saumons de leurs poux</li> </ul> </li> </ul>

### APPLICATIONS MÉDICALES

<b>De la piqûre de moustique</b>	<b>Piqûre indolore du moustique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Copie de la trompe de moustique :</li> <li>○ <b>Conique</b> et non pas cylindrique</li> <li>○ De plus faible section</li> </ul>
	<b>Application</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Aiguille de seringue Nanopass 33</b> des sociétés japonaises Terumo et Okano</li> </ul>
<b>De l'hibernation de l'ours</b>	<b>Capacités pendant jeûne de 5 à 7 mois</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pas de selles</li> <li>▪ Pas d'urines</li> <li>▪ <b>Perte faible de la masse musculaire d'environ 20%</b></li> </ul>
	<b>Analyses des protéines</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Protéomique sur cellules musculaires pour essayer d'isoler les facteurs « anti-atrophiques »</li> </ul>
	<b>Applications envisageables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lutte contre la <b>sarcopénie</b> qui est la perte de masse musculaire           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Immobilisation</li> <li>○ Cancer</li> <li>○ Vieillissement</li> </ul> </li> </ul>

### APPLICATIONS MÉDICALES

#### LA MÉDECINE PAR LES PLANTES CHEZ LES GRANDS SINGES

<b>Étude des grands singes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Chimpanzés de République Démocratique du Congo ou d'Ouganda</li> <li>▪ Consommation d'environ 300 aliments :</li> <li>○ <b>Alimentation particulière lors de l'apparition de symptômes</b></li> <li>○ Mais disparition de ces animaux problématique pour poursuivre les études</li> </ul>	
<b>Soins par les Plantes</b>	<b>Toux et diarrhées</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Feuilles particulières, rugueuses à jeun évacuant les vers digestifs</li> </ul>
	<b>Plaies</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Feuilles appliquées sur plaies comme « compresse »</li> </ul>
	<b>Toux ou maux de gorge</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Plantes à goût particulier :           <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Amères</li> <li>○ Astringentes : écorce d'eucalyptus</li> </ul> </li> </ul>
<b>Analyse chimique des plantes en cours</b>	<b>Extraction de molécules</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1 millier d'extrait étudiés</li> <li>○ Testées sur microbes ou cellules cancéreuses</li> </ul>
	<b>Objectifs médicaux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vaincre les résistances bactériennes</li> <li>▪ Premiers résultats chez <i>Trichilia rubescens</i></li> <li>○ Nouveaux antipaludéens déjà utilisés par guérisseurs africains</li> </ul>

## APPLICATIONS MÉDICALES

**LA SPHÉNISCINE : UN AGENT ANTI-MICROBIEN ISSU DE L'ESTOMAC DU MANCHOT ROYAL**

<b>Caractéristiques de l'estomac du manchot royal</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Conservation longue des aliments dans l'estomac pour nourrir le nouveau-né<ul style="list-style-type: none"><li>○ Exemples : morceaux de poulpe régurgités entiers</li></ul></li><li>▪ Pas de contamination microbienne observée malgré le terrain propice :<ul style="list-style-type: none"><li>○ Température et protéines</li><li>○ Grâce à la présence d'une <b>molécule antimicrobienne</b></li></ul></li></ul>
<b>Molécule antimicrobienne</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Défensine :<ul style="list-style-type: none"><li>○ Appelée sphéniscine à cause du nom <i>sphénicidés</i> de la famille des manchots</li><li>○ Petite protéine de 38 AA</li></ul></li><li>▪ Efficace contre les <b>souches microbiennes</b> associées à des <b>maladies nosocomiales</b> qui se développent dans les hôpitaux et qui donnent des résistances aux agents anti-infectieux :<ul style="list-style-type: none"><li>○ Bactéries : Staphylocoques dorés</li><li>○ Champignons microscopiques : <i>Aspergillus fumigatus</i></li><li>○ Ces deux souches microbiennes se rencontrent souvent chez les patients immunodéprimés</li></ul></li><li>▪ <b>Espoir pour trouver un nouvel agent anti-infectieux</b></li></ul>
<b>Autres applications potentielles</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Conservation des aliments</li><li>▪ Molécule <b>active en milieu salin</b><ul style="list-style-type: none"><li>○ Lutte contre les infections des yeux</li><li>○ Protection des lentilles</li></ul></li></ul>

Colles plus