

UE7B :

Santé Société Humanité
Module Santé Publique

ACTUALISATION

Fiche de cours n°7

Le biomimétisme :

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

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

Colles Plus

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

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

INSPIRATION PAR LES STRUCTURES
LÉZARD GECKO ET ADHÉRENCE

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

INSPIRATION PAR LES STRUCTURES

SCARABÉE ET APPROVISIONNEMENT EN EAU ⚡

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

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

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

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

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

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

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

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