



Phases “aval”

Les pièces manquantes
pour assurer l'atterrissage
des projets de
biomimétisme

19.11.2024 - Présentation Biome+

Jean-Matthieu COUSIN
Thomas PEYBERNES





Contexte méthodologique

Des phases amont aux phases aval



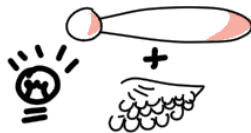
La résolution de problèmes techniques par le biomimétisme passe par plusieurs étapes clés



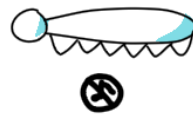
Problème technique



Stratégie biologique



Idée bio-inspirée



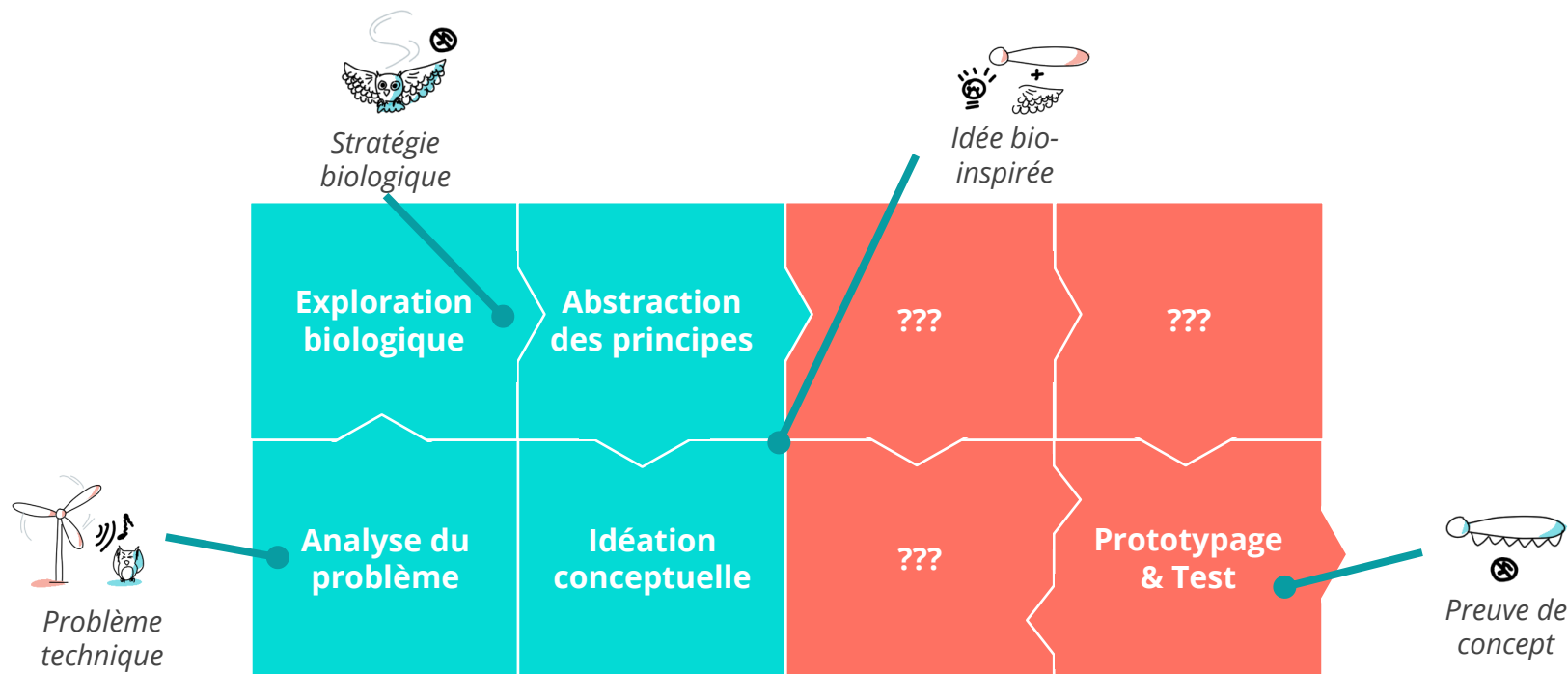
Preuve de concept



Solution déployée



L'expérience montre qu'il manque des étapes intermédiaires pour assurer le succès de la démarche



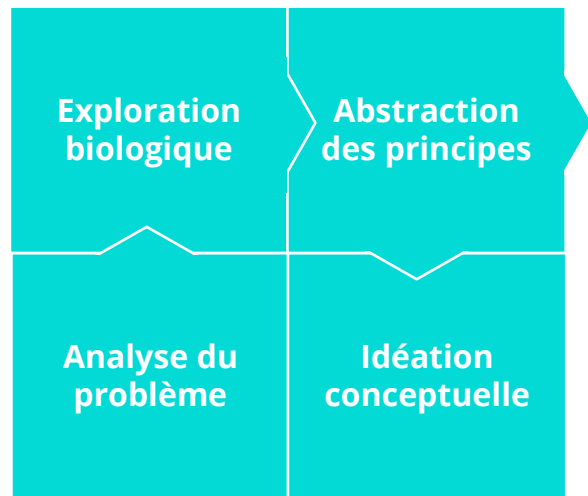
Phases "amont"

Phases "aval"



Ceebios

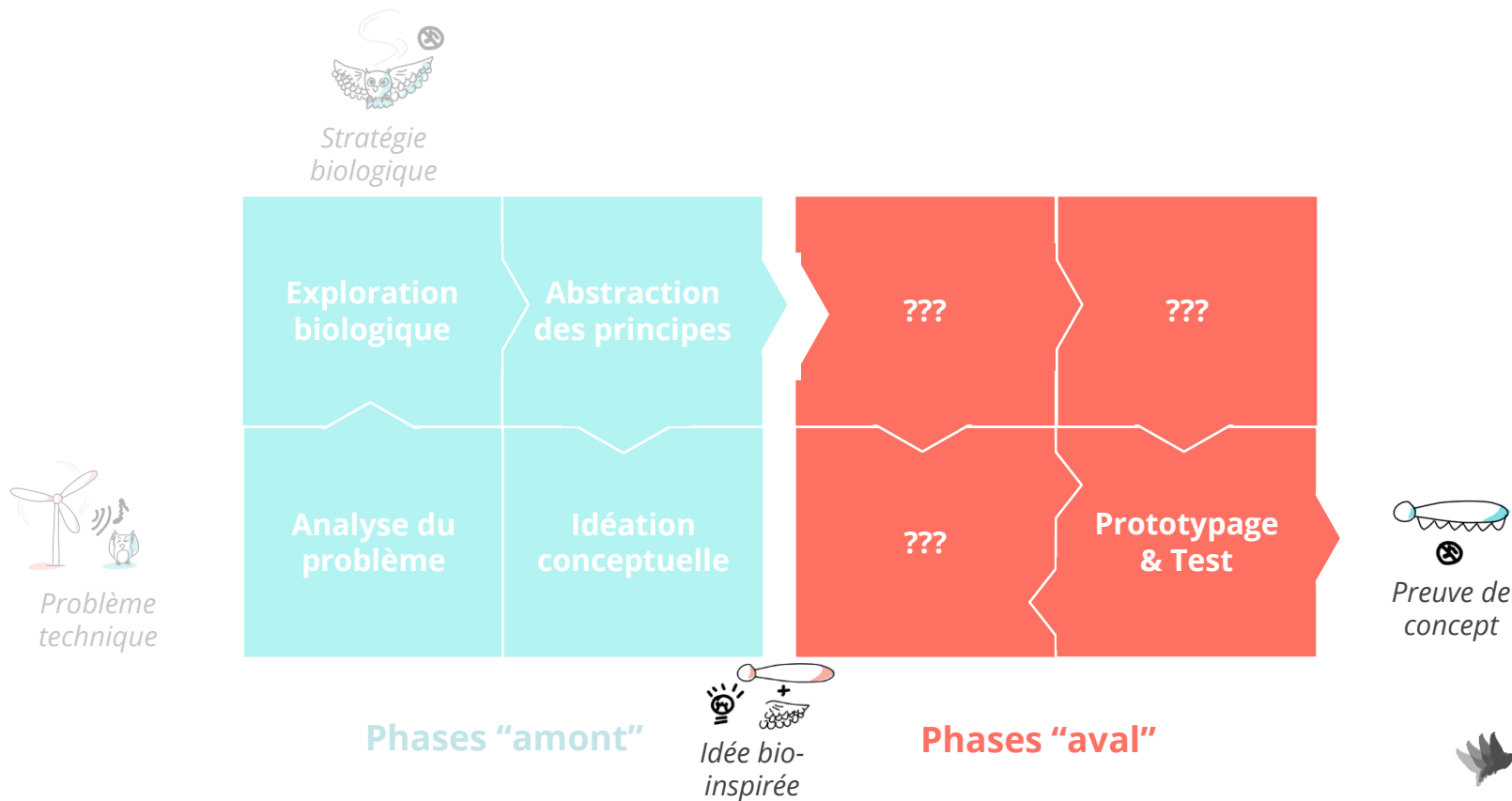
Les investissements Ceebios ont développé les briques méthodo manquantes des phases amont

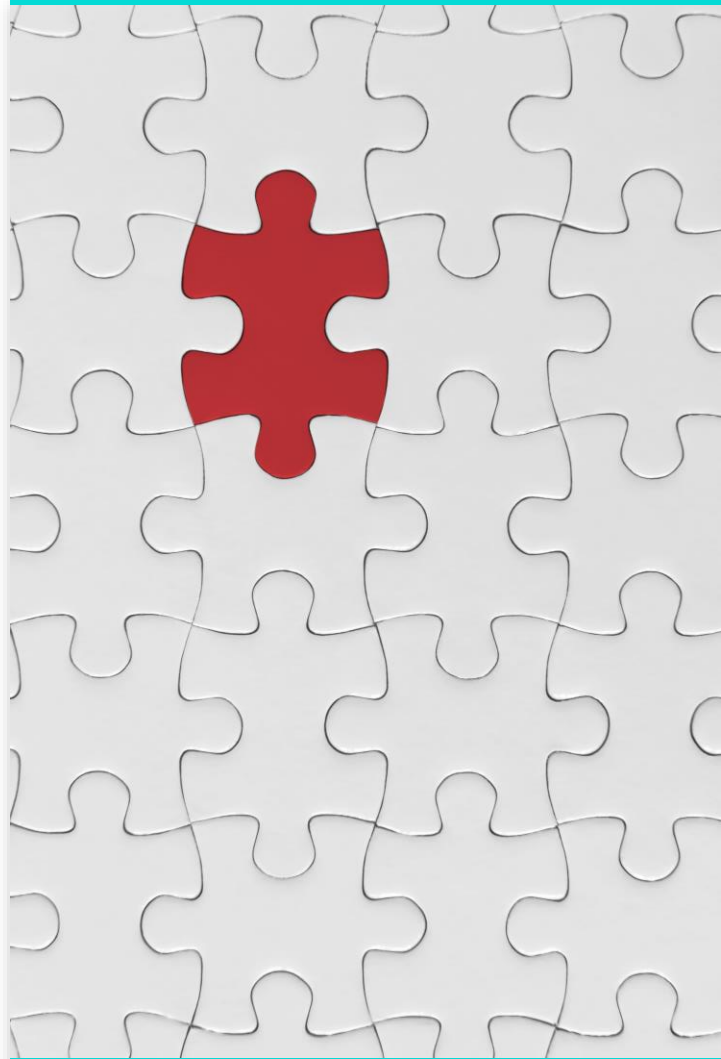


Phases "amont"

- Thèses méthodologiques
- Outils d'IA pour la recherche bibliographique
- Guides de l'abstraction des principes inspirants
- Fiches modèles biologiques
- Atelier d'idéation
- Plateformes de ressources
-

Il s'agit maintenant de développer les briques aval pour assurer la concrétisation des idées bio-inspirées



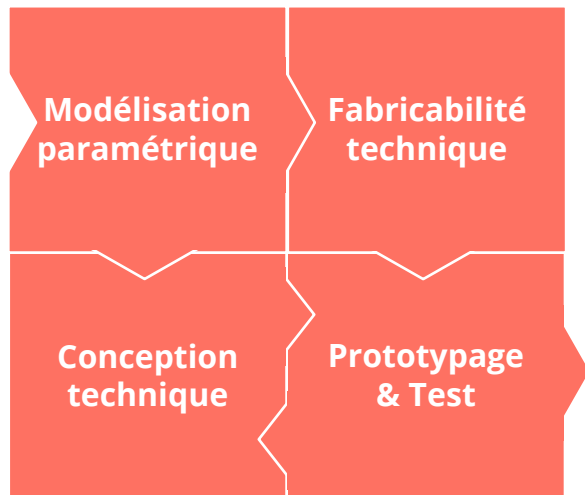


Phases aval

Les briques essentielles, des exemples
de développement en cours



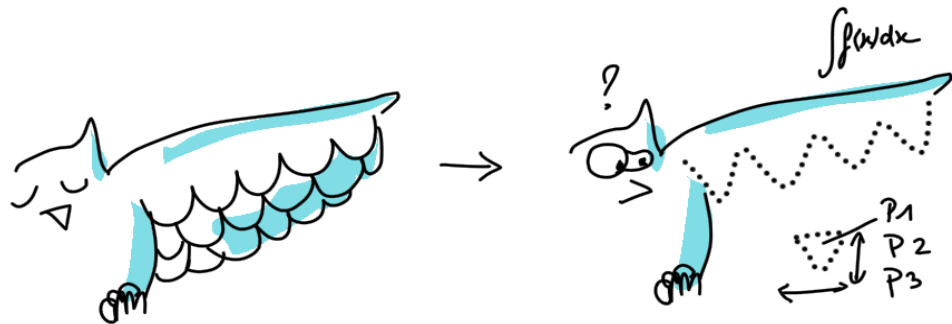
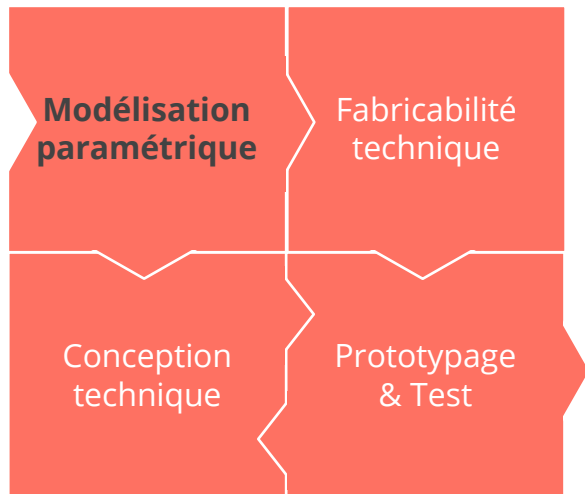
Aujourd'hui nous travaillons en particulier sur 4 briques méthodologiques des phases aval:



Phases "aval"



Modélisation paramétrique



Objectif : identifier les lois physiques et paramètres pertinents qui influencent la fonction observée dans le vivant

Enjeux : comment simplifier la complexité du vivant pour pouvoir l'appréhender concrètement ?

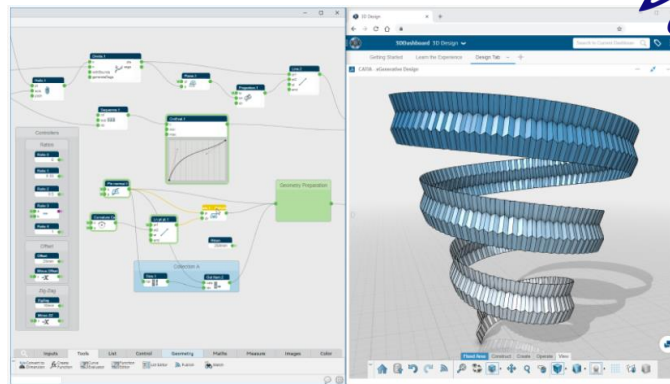
Éléments : matière, géométrie, procédés

Livrable : un modèle paramétrique de la stratégie biologique

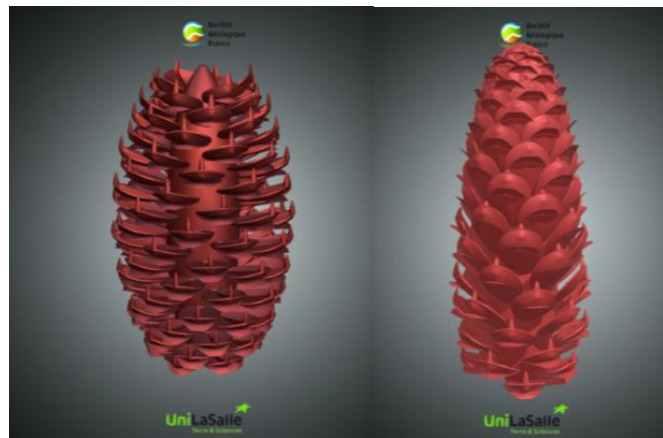
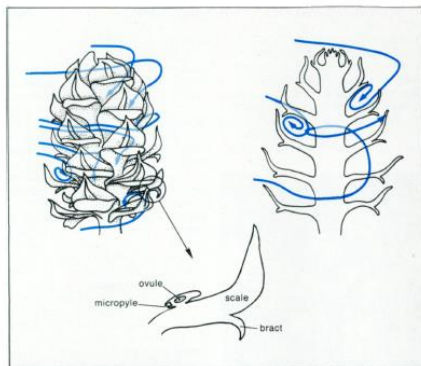


Modélisation paramétrique

Partenariat Unilasalle Beauvais / Ceebios – depuis 2023



Pomme de pin femelle : aérodynamisme



Plante - Pomme de pin femelle ouverte by Société Géologique de France is licensed under CC Attribution-NonCommercial-ShareAlike



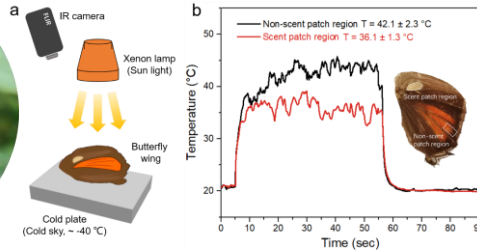
Ceebios 10

Modélisation paramétrique

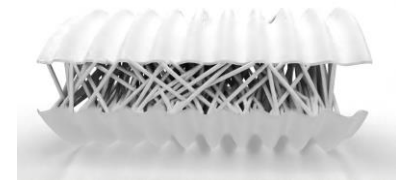
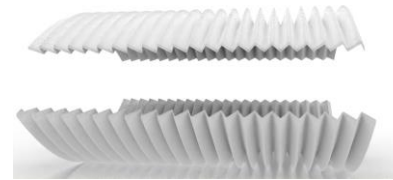
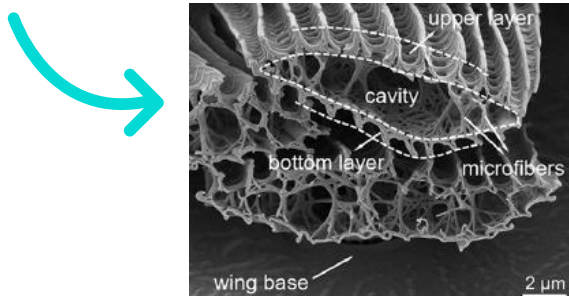
Stage Ceebios-CETIM - Lorraine Aiken – mai à sept 2024



RhinoCeros®
NURBS modeling for Windows

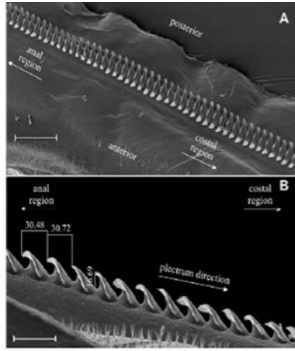


Ailes du papillon *Rapala* : principe de thermorégulation



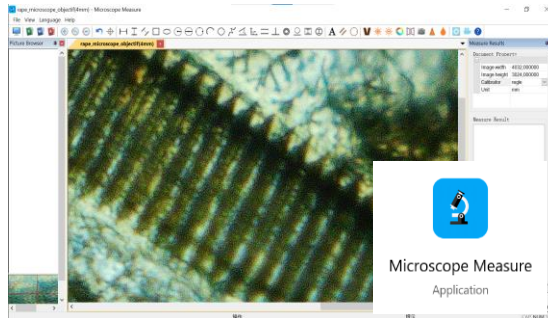
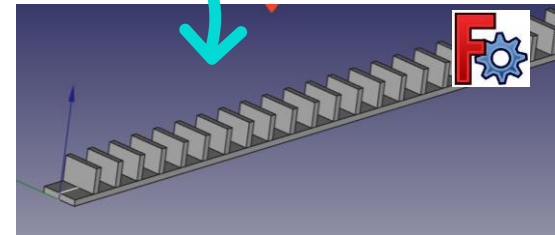
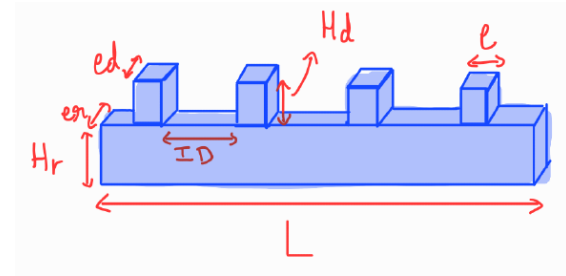
Modélisation paramétrique

Stage Ceebios - Jeannette Gommendy – sept à déc 2023



Grillon et sa râpe : Système biologique
potentiel de bio inspiration, résistance à
l'usure

l : longueur dent
 ed : épaisseur dent
 Hd : hauteur dent
 Hr : hauteur base râpe
 L : longueur râpe
 nd : nombre total dents
 er : épaisseur râpe
 ID : distance entre dent voisins



MODÉLISATION PARAMÉTRIQUE D'UNE FORME DU VIVANT



Etude de cas sur le grillon

Jeanne Permy Gommery : Stagiaire



CONTEXTE & MOTIVATION

Point de départ

- Système biologique d'intérêt :** Quelles propriétés intéressantes observées à étudier ?
 - Non dégradation rigide sur structure lors du frottement des ailes entre elles.
- Champ d'application possible :** propriétés possiblement transposables à des problématiques plus techniques. Pour quel domaine technique(s) cibler ?
 - Les technologies de surface micro-texturées sur laquelle on soumettes à une contrainte mécanique et pouvoir résister à l'usure

Outils

Modélisation + Simulation

Objectif

Définir des règles de conception issues du phénomène biologique observé à destination des concepteurs de solutions technologiques (les ingénieurs).

Une règle de conception se définit comme un principe important qualifié par une ou plusieurs équations mathématiques liant des paramètres géométriques et physico-chimiques entre eux.



Hypothèse

Compétence d'influence des paramètres géométriques et physico-chimiques sur la propriété d'intérêt (double).

Mieux transposer à des problématiques plus techniques ? Acquiescer la phase de conception et de mise au point des solutions bio-inspirées développées ?

③ Simuler le phénomène d'intérêt : affiner le modèle

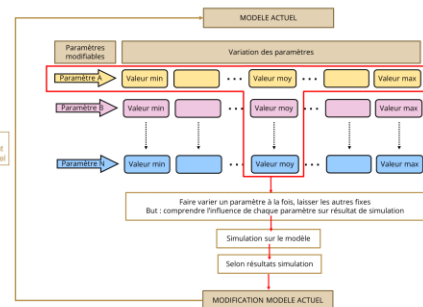
Logiciel simulation numérique multiphysique COMSOL



Projet grillon :

Simulation du frottement des ailes, plus particulièrement du plectre sur la râpe stridulatoire.

Le modèle modifié devient le modèle actuel

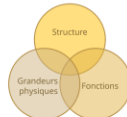


MÉTHODE

Modéliser dynamiquement un système biologique

① Observer

- Besoin d'information sur structure, fonctions, grandeurs physiques pour représenter le système.
- Comprendre les phénomènes à l'œuvre pour simulation, notamment les fonctions.
- Structure peut apporter information sur fonction et vice versa.
- Les grandeurs physiques liées aux structures et fonctions sont importantes pour modéliser et simuler.



Bibliographie

Récupérer l'information

Quali BOMig search

Faciliter accès information sur système biologique

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Recherche d'information

Comparaison

Comparaison entre

différents systèmes

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Comparaison géométrique

Microscopie

Observer

Image au microscope de la

rape

Image au microscope de la

rape

Image au microscope de la

rape

Image au microscope de la

rape

Image au microscope de la

rape

Image au microscope de la

rape

Image au microscope de la

rape

Image au microscope de la

rape

Image au microscope de la

rape

Image au microscope de la

rape

Image au microscope de la

rape

Image au microscope de la

rape

Image au microscope de la

rape

Image au microscope de la

rape

Image au microscope de la

rape

Image au microscope de la

rape

Image au microscope de la

rape

Image au microscope de la

rape

Scan 3D

Prise de photos de

l'organisme

Exemple : coquille

Transformation en

modèle 3D dans logiciel

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

FreeCAD

① Observer

② Représenter

③ Simuler

② Représenter le système biologique : modélisation

Dessin / Croquis

Approche grossière

Dessin très simple du système

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Râpe stridulatoire avec base rectangulaire

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

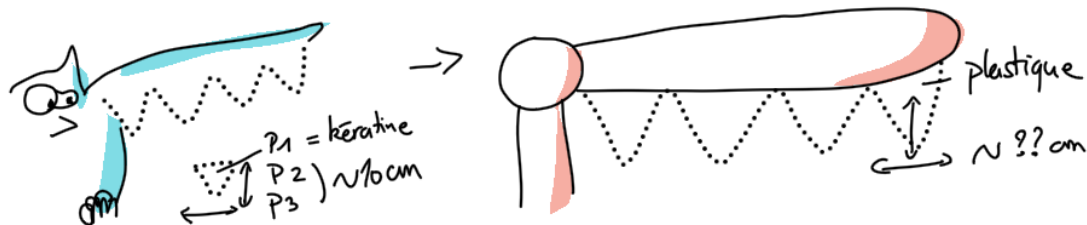
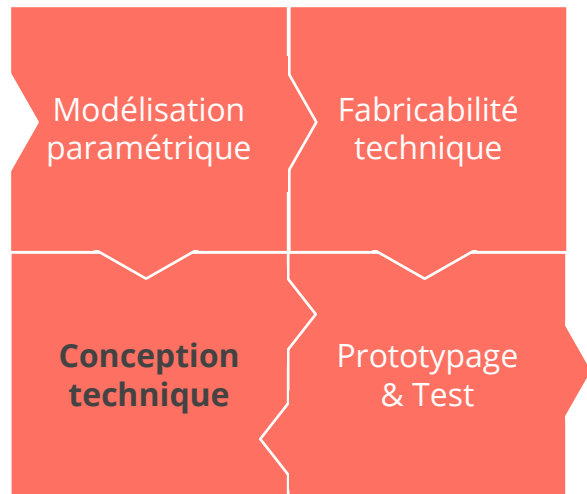
Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Rapport d'une complexité, paramètre

Conception technique



Objectif : dimensionner le système technique bio-inspiré

Enjeux : identifier les bonnes valeurs des paramètres, et assurer le maintien de la fonction malgré les différences avec le système biologique

Livrable : un design d'ingénierie de la solution prototypable (ex: fichier CAO)

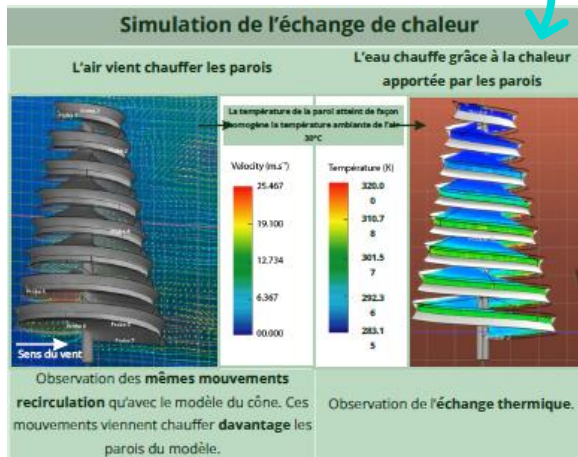
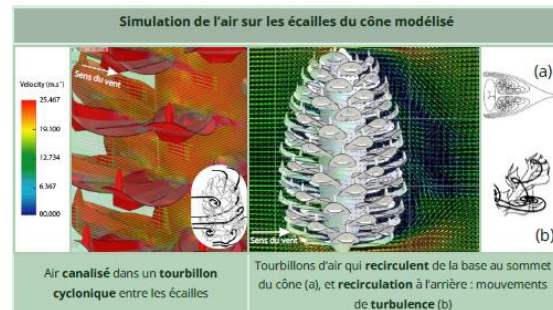
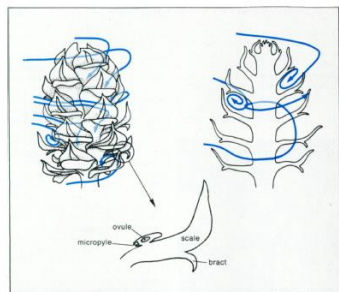
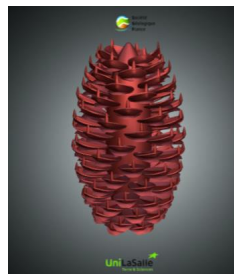


Simulation numérique

Partenariat Unilasalle Beauvais / Ceebios – depuis 2023



Pomme de pin femelle



Projet Pine'Hot lauréat du biomim challenge 2024, porté par les 3 étudiants ingénieurs De la fouchardière Alix, Peyrot Léane et Rousselet Max

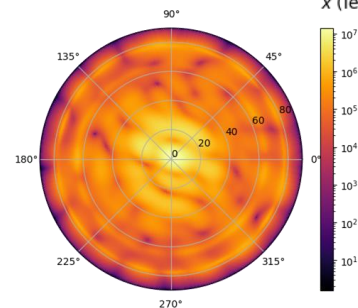
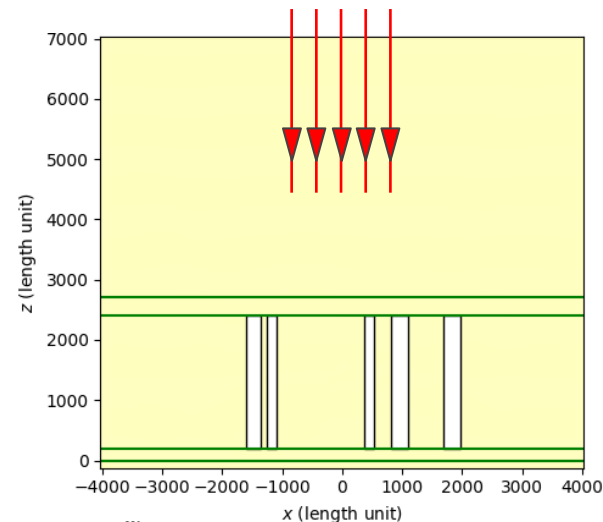
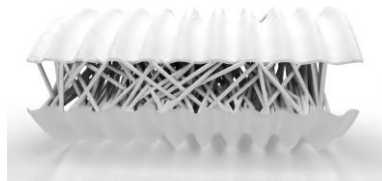
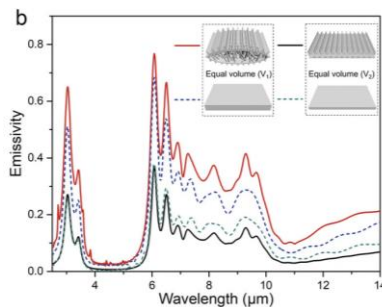
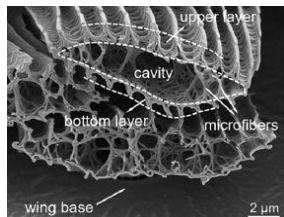


Simulation numérique

Exploration Ceebios – Adrien Saint Sardos – mai à sept 2024



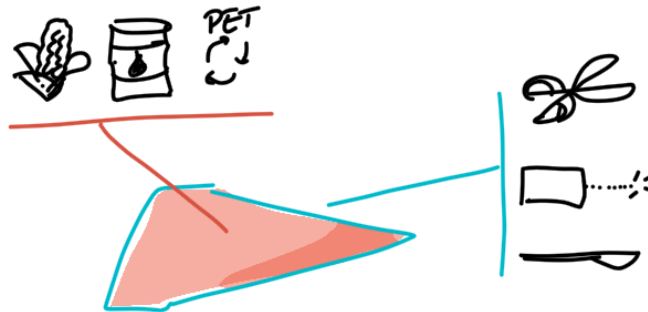
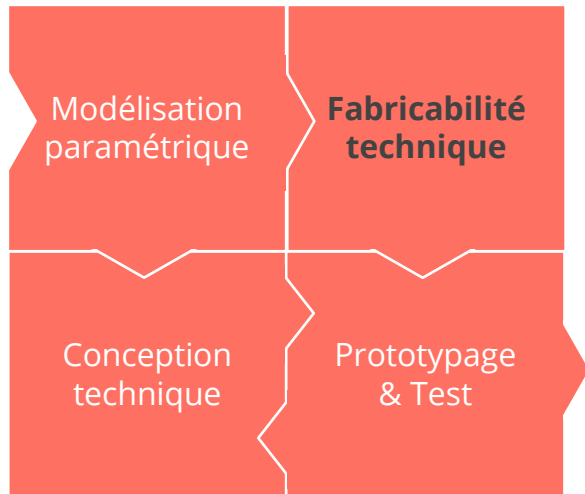
Ailes du papillon Rapala :
principe de thermorégulation



$N = 40$ fibres
diam = 150 nm



Fabricabilité technique



Objectif : identifier les procédés de manufacture permettant de reproduire les géométries observées dans le vivant

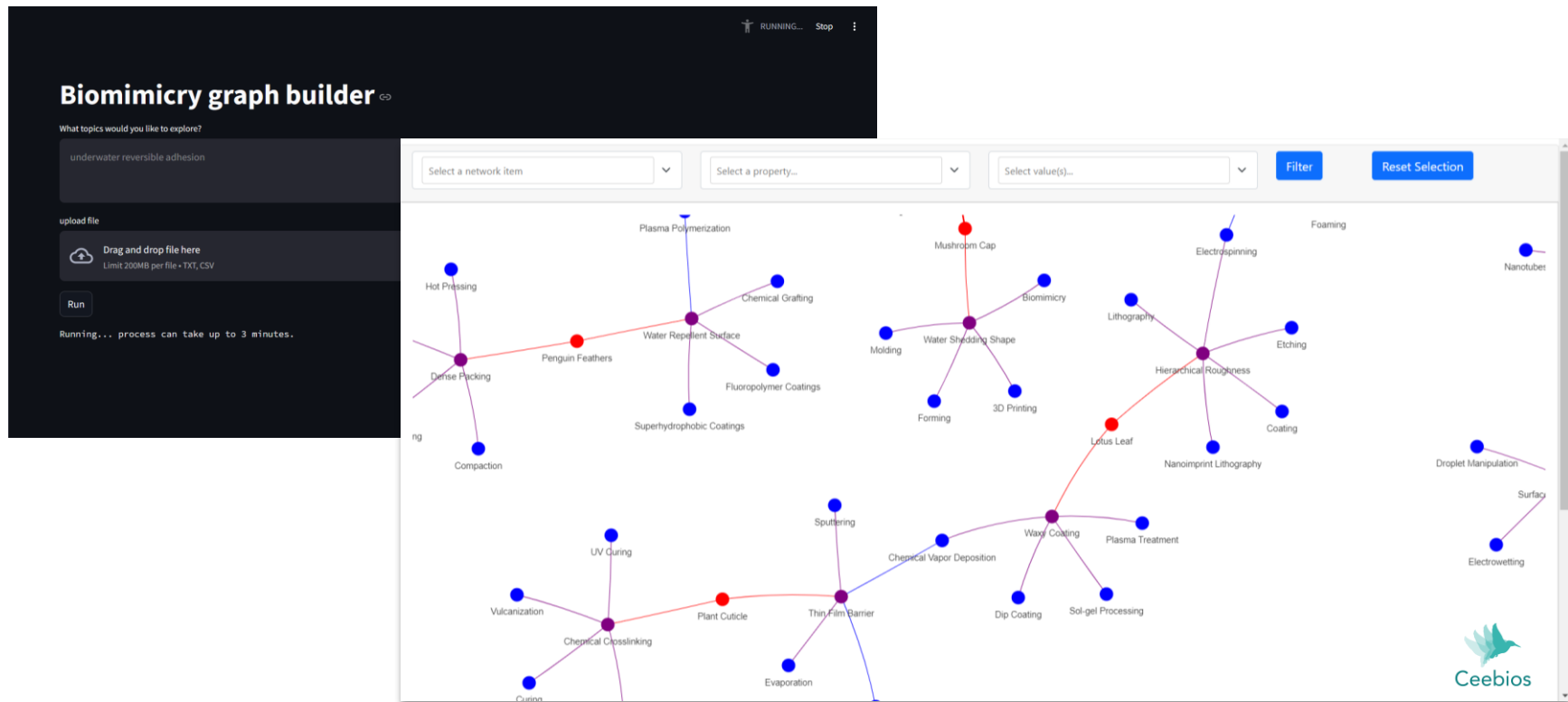
Enjeux : comment gérer le multi-échelle, les matériaux biosourcés, etc.

Livrable : rapport de veille technique procédés

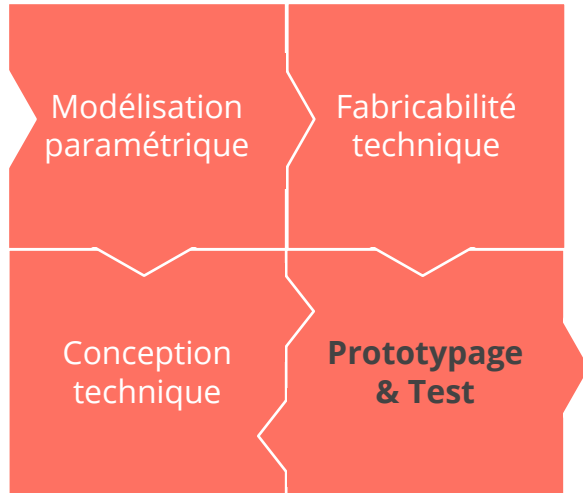


Fabricabilité technique

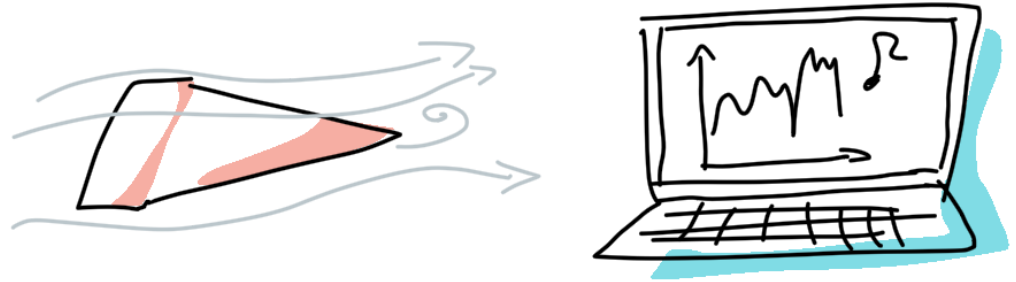
Exploration Ceebios – Nikolay Tchakarov & JM Cousin– 2024



Prototypage & Test



C'est une étape itérative !



Objectif : tester expérimentalement le concept bio-inspiré

Enjeu : mesurer le niveau d'atteinte de la performance visée

Éléments : prototypage et tests physiques (en labo ou in situ) ou virtuel (simulation numérique)

Livrables : une preuve de concept, une analyse quantifiée et reproductible.



Prototypage et tests

Stage Ceebios-CETIM - Lorraine Aiken – mai à sept 2024



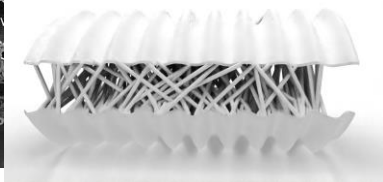
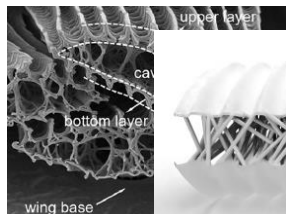
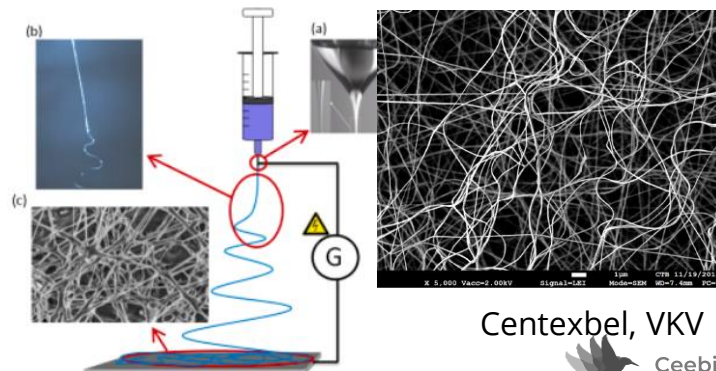
Ailes du papillon Rapala :
principe de thermorégulation



Chitosane (CS)
dans acide
acétique dilué

PVP dans
de l'eau
distillée

Electrofilage
Ceebios – CETIM – Frédéric
Bossard Laboratoire Rhéologie
et procédés Université
Grenoble Alpes



Centexbel, VKV



Ceebios 20

Prototypage et tests

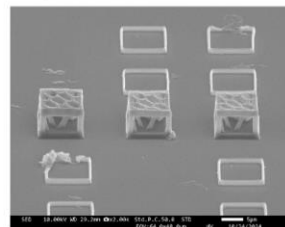
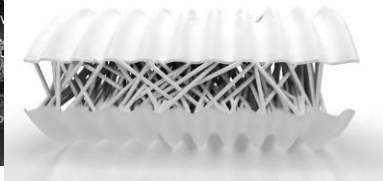
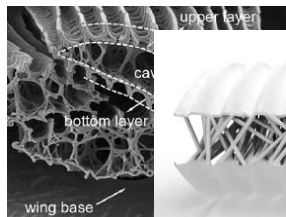
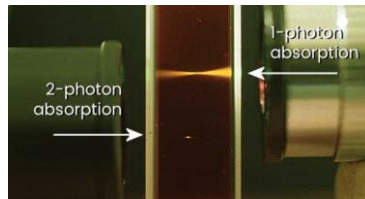
Stage Ceebios-CETIM - Lorraine Aiken – mai à sept 2024



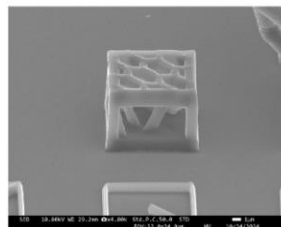
Ailes du papillon Rapala :
principe de thermorégulation



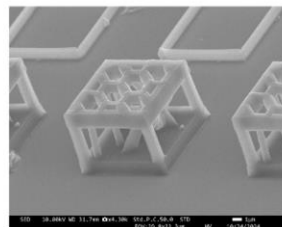
Micro-impression 3D
Akos Banyasz Laboratoire de
Chimie CNRS/ENS Lyon



Voltage 0,2 0,18 0,17



Voltage 0,19



Voltage 0,17





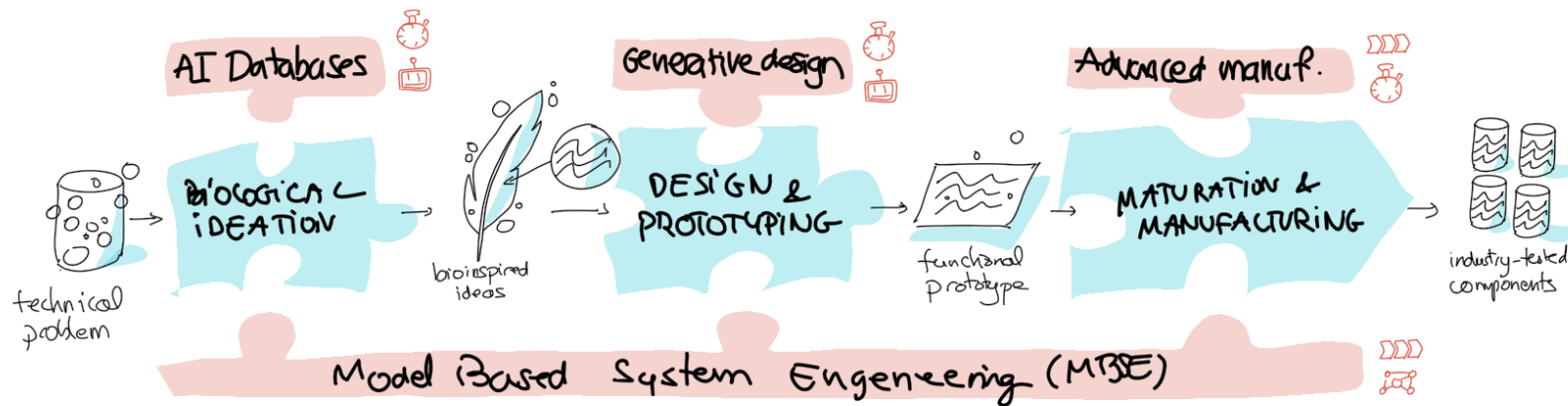
Ouvertures



Poursuivre l'investissement, développer les outils, consolider la méthodologie

Projet TEAMBIO – Consortium européen impliquant Ceebios – 2025 à 2028

TEAMBIO's integration of tools & methods to improve current biomimetics



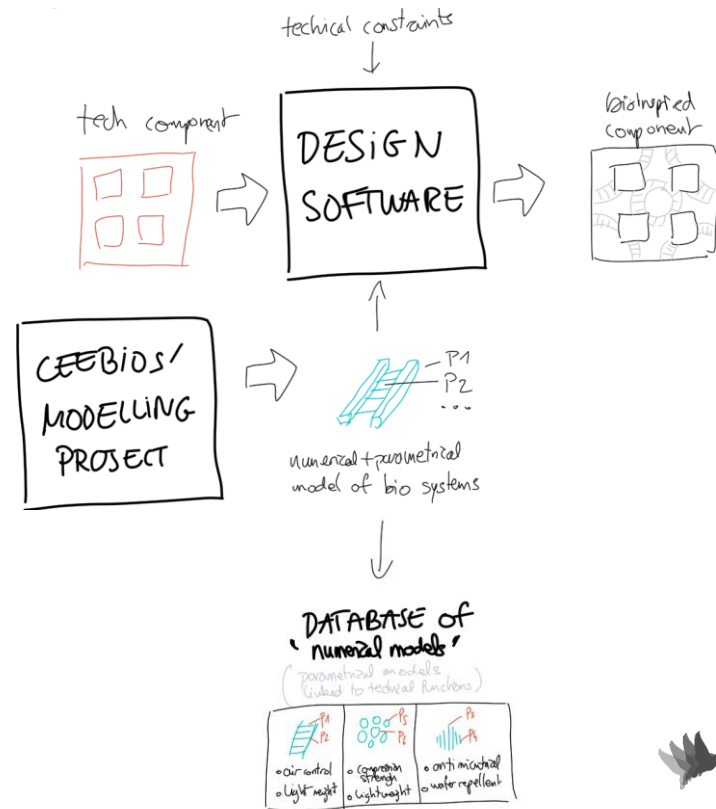
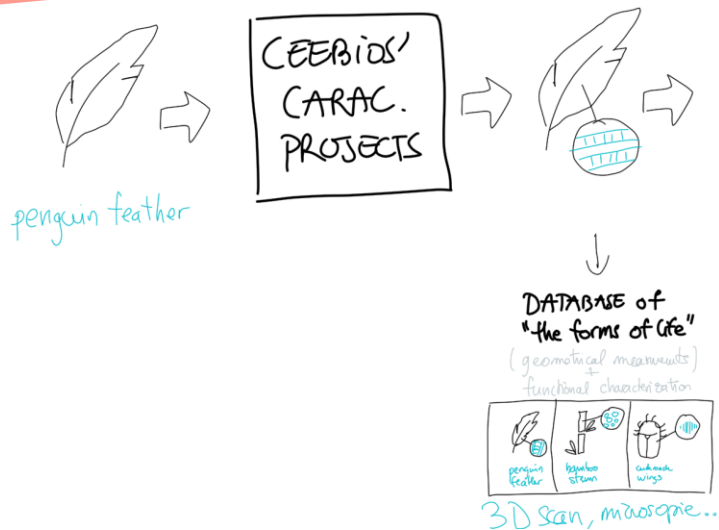
challenges addressed : ⌚ duration (1) 🗂 automation (2) 🔄 TRL maturation (3) 🌐 systems view (4)



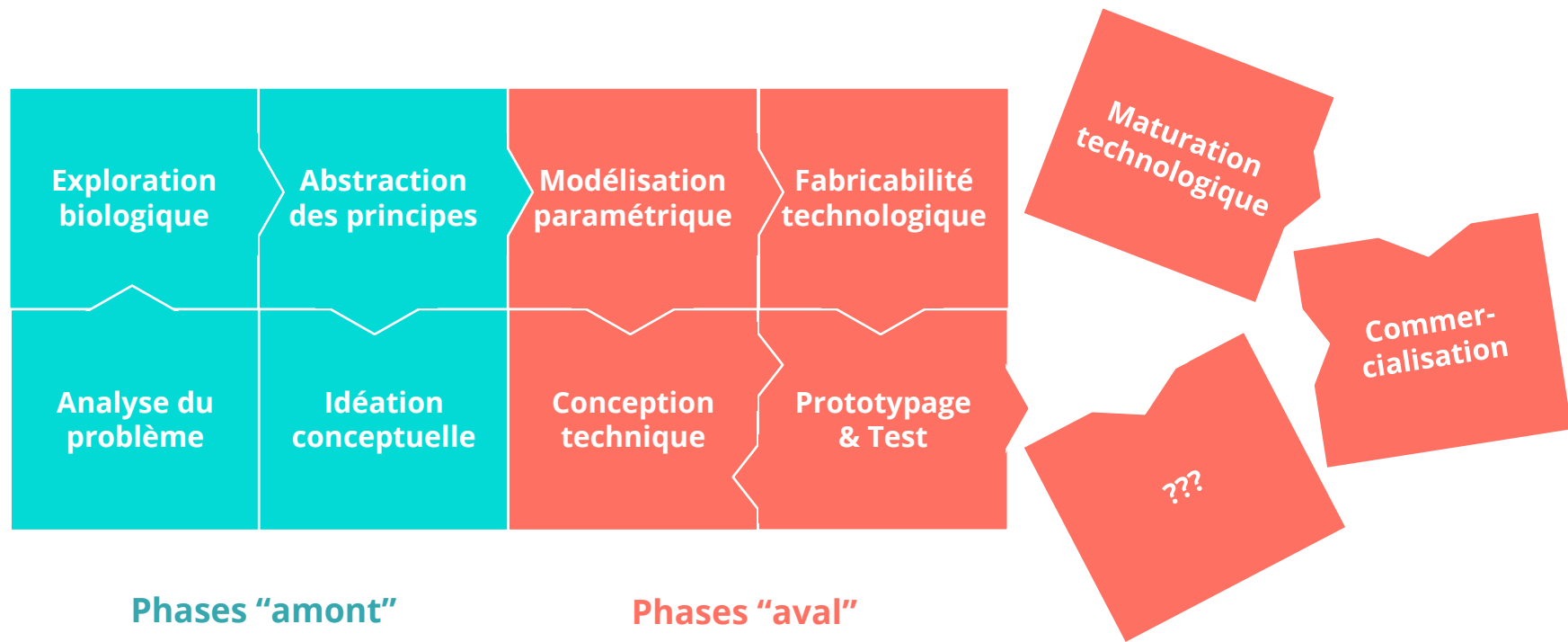
Poursuivre l'investissement, développer les outils, consolider la méthodologie

Projet TEAMBIO – Consortium européen impliquant Ceebios – 2025 à 2028

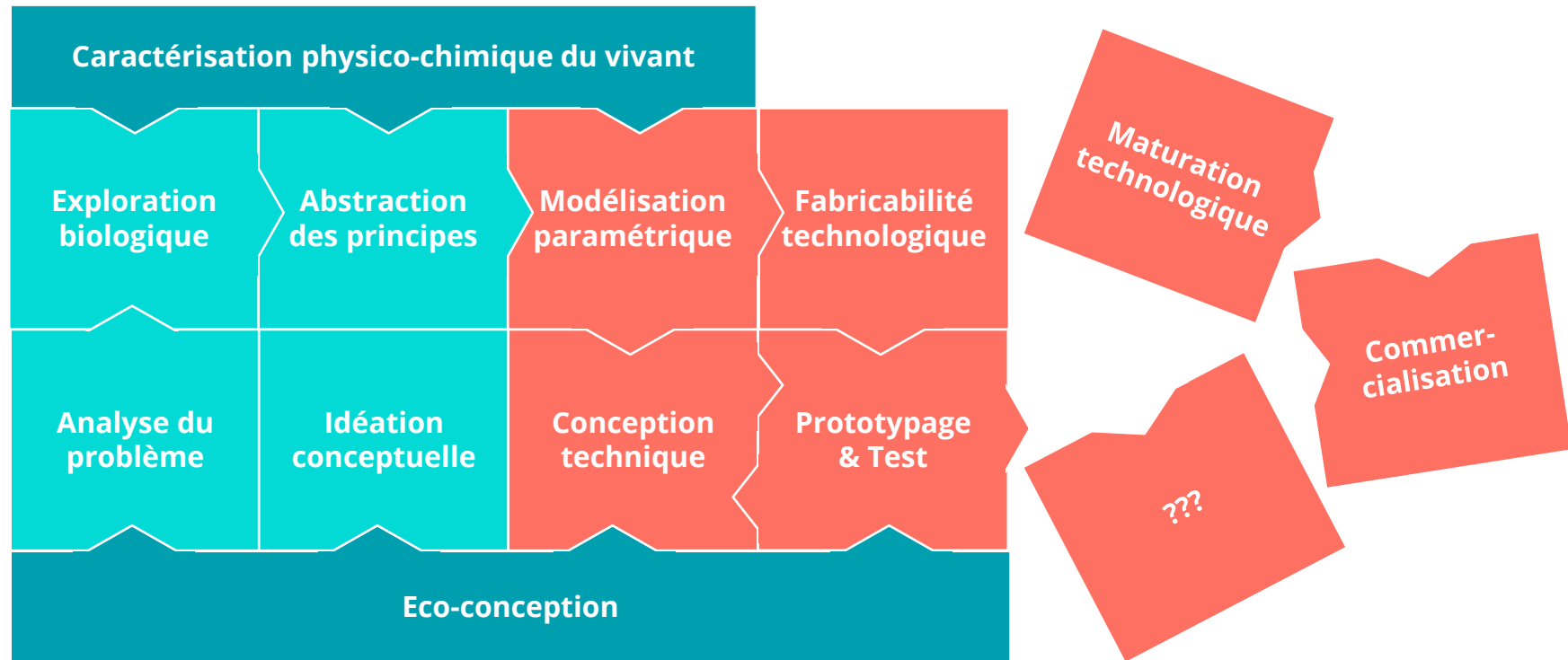
Chercher à interfacer une base de modèles paramétriques des stratégies biologiques avec les outils du designer et de l'ingénieur (CAO, Simulation numérique, Générative design...)



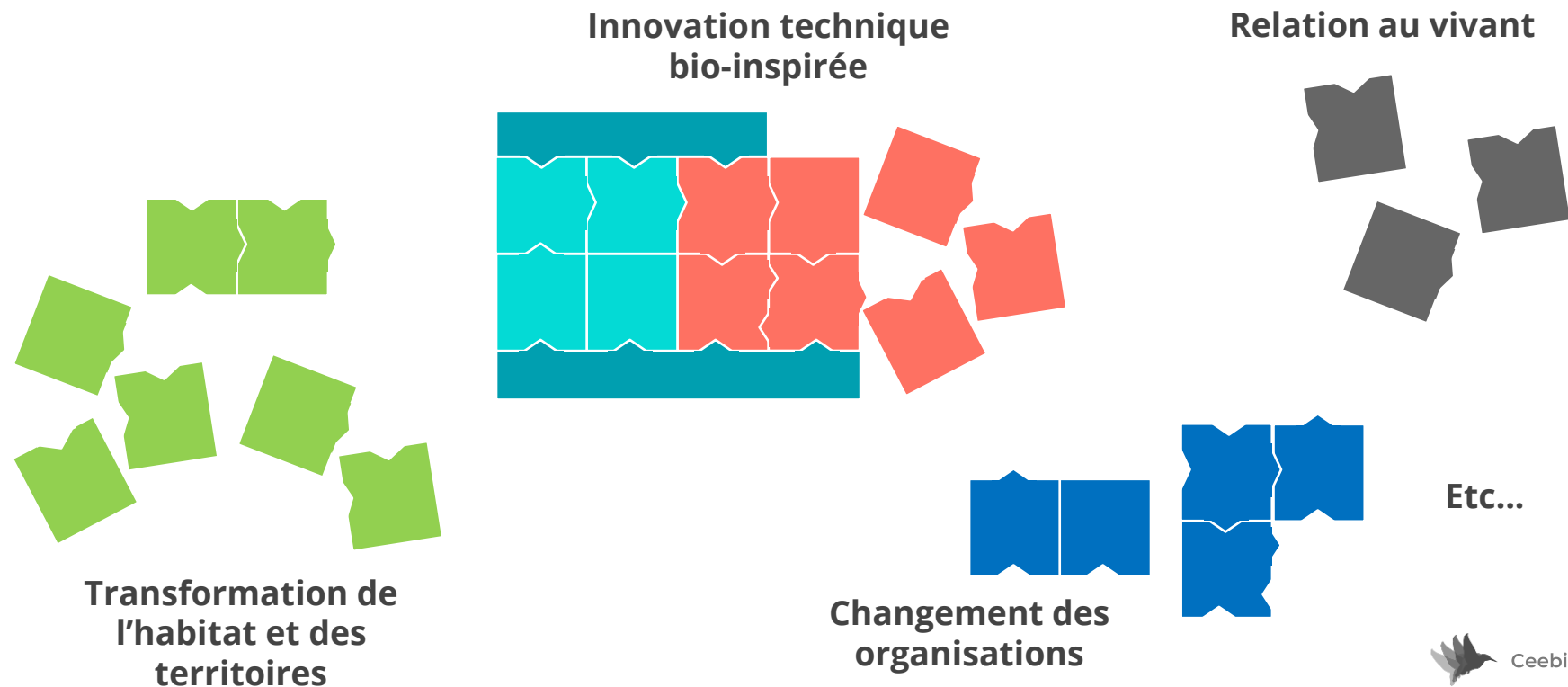
Des étapes phase “aval” seront aussi à consolider au delà des preuves-de-concepts (POC)



Il y a également des étapes transverses essentielles à la démarche



Tout ceci se place dans un contexte plus large pour faire du biomimétisme un “levier de la transition”





Centre d'études et d'expertises en biomimétisme, Ceebios porte l'ambition de faire du **biomimétisme** un **levier** puissant de la **transition écologique et sociétale** en catalysant l'émergence d'innovations bio-inspirées dans tous les secteurs.

Le centre active, au sein de son écosystème coopératif, les compétences du monde académique, de l'enseignement et du conseil R&D, pour accompagner acteurs publics et économiques dans leur démarche d'éco-conception bio-inspirée.

Ceebios est une société à mission, coopérative d'intérêt collectif à but non lucratif.

Site web
ceebios.com

LinkedIn
[@Ceebios](https://www.linkedin.com/company/ceebios)

E-mail
contact@ceebios.com