

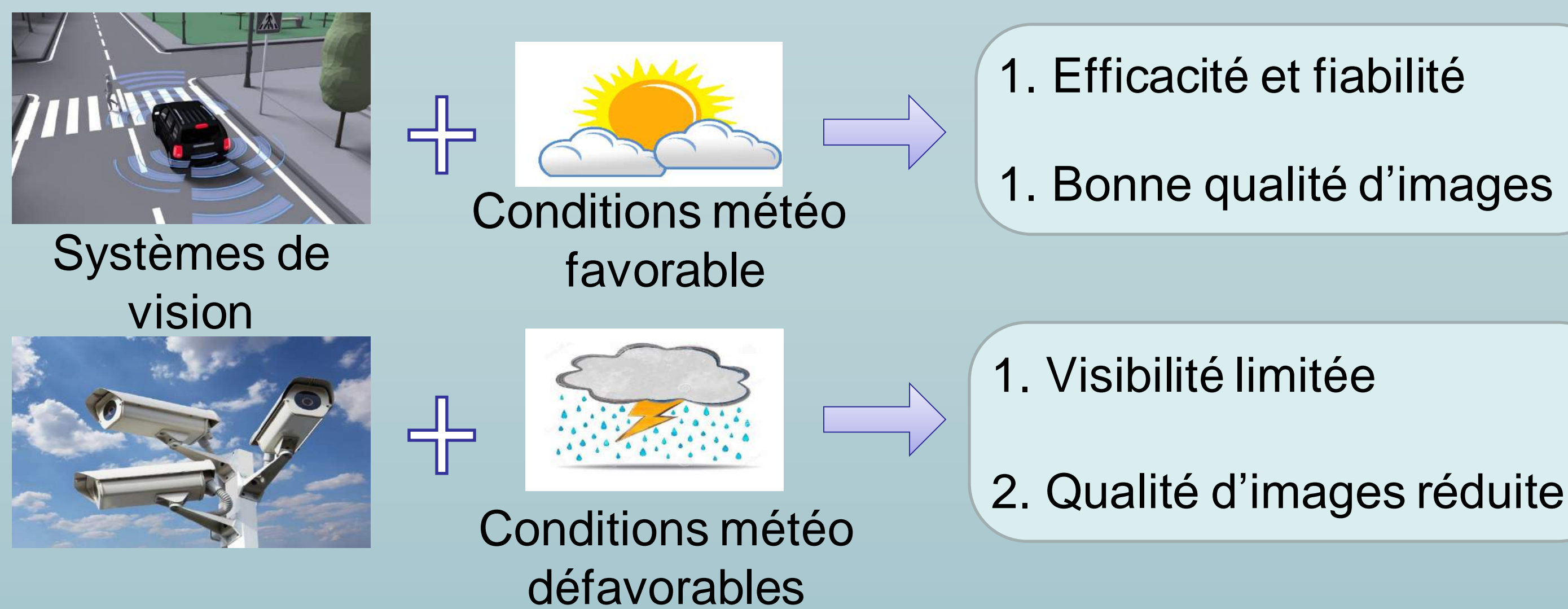
Introduction

Les véhicules autonomes besoins de capteur optique et des camera pour percevoir son environnement. Une méthodologie originale est en cours de développement, elle repose sur une carte de risque dynamique (détection d'obstacle, des piétons, reconnaissance de signalisation) établie lors de l'évolution du véhicule.



Problématique

Les conditions météorologiques dégradées, dont le **brouillard**, perturbent la prise d'information de ces capteurs



L'image ci dessous représente les expériences faites à la plateforme **PAVIN Brouillard & Pluie du Cerema**: On met un capteur dans le brouillard (faible, fort) et nous mesurons la visibilité.



Objectifs

- **Modéliser et simuler** la propagation des rayonnements électromagnétiques dans les milieux diffusants (brouillard), les paramètres clés de cette modélisation sont les caractéristiques optiques.
- Évaluer l'extinction du rayonnement selon :
 - les types de brouillard (visibilité et granulométrie des gouttes),
 - les différentes longueurs d'ondes,
 - le type de lumière (polarisée ou pas)

- Approche expérimentale complémentaire pour éprouver les méthodes numériques sur des données issues de la plateforme PAVIN Brouillard-Pluie du Cerema :
 - Production de plusieurs brouillards
 - Spectroradiomètre mesurant les rayonnements

Modélisation

Equation de transfert radiatif:

Caractéristiques optiques

Coefficient d'extinction Coefficient de diffusion Fonction de phase

$$u \cdot \nabla_r L_\lambda(r, v) + \sigma_{ext} L_\lambda(r, v) = \sigma_{sca} \int_{S^2} L_\lambda(r, v) \varphi(u, v) dv$$

L_λ : Luminance pour la longueur d'onde λ

Méthodes

Identification des paramètres optiques en minimisant les erreurs entre la luminance calculée par modèle (l'équation de transfert radiatif) et la luminance mesurée par capteur (par l'approche expérimental):

1. Besoin d'utiliser le problème du contrôle optimal et les méthodes numériques pour ce problème.
2. Des méthodes numériques pour simuler l'équation de transport radiatif.
3. Des algorithmes numériques pour la système de minimisation

Plan du travail

1^{ère} année

Traitement théorique et numérique du problème 1D puis 3D de l'équation de transport radiatif

2^{ème} année

1. Fin de traitement du problème 3D.
2. Fin de travail avec la lumière polarisée (en collaboration avec Santiago ROYO de l'université de catalogne) qui développe des capteurs polarimétriques.

3^{ème} année

1. Fin du traitement numérique sous lumière polarisée.
2. Rédaction de thèse.

BAHOU¹, K. ABDELOUHAB², F. BERRY¹, B. BLAYSAT¹, M. GREDIAC¹, F. SUR³

¹CNRS, Institut Pascal, Université Clermont Auvergne, Clermont-Ferrand

²Sma-RTy SAS, Clermont-Ferrand

³LORIA, Université de Lorraine, CNRS, Inria, Nancy

Contact: anas.bahou@etu.uca.fr

Introduction

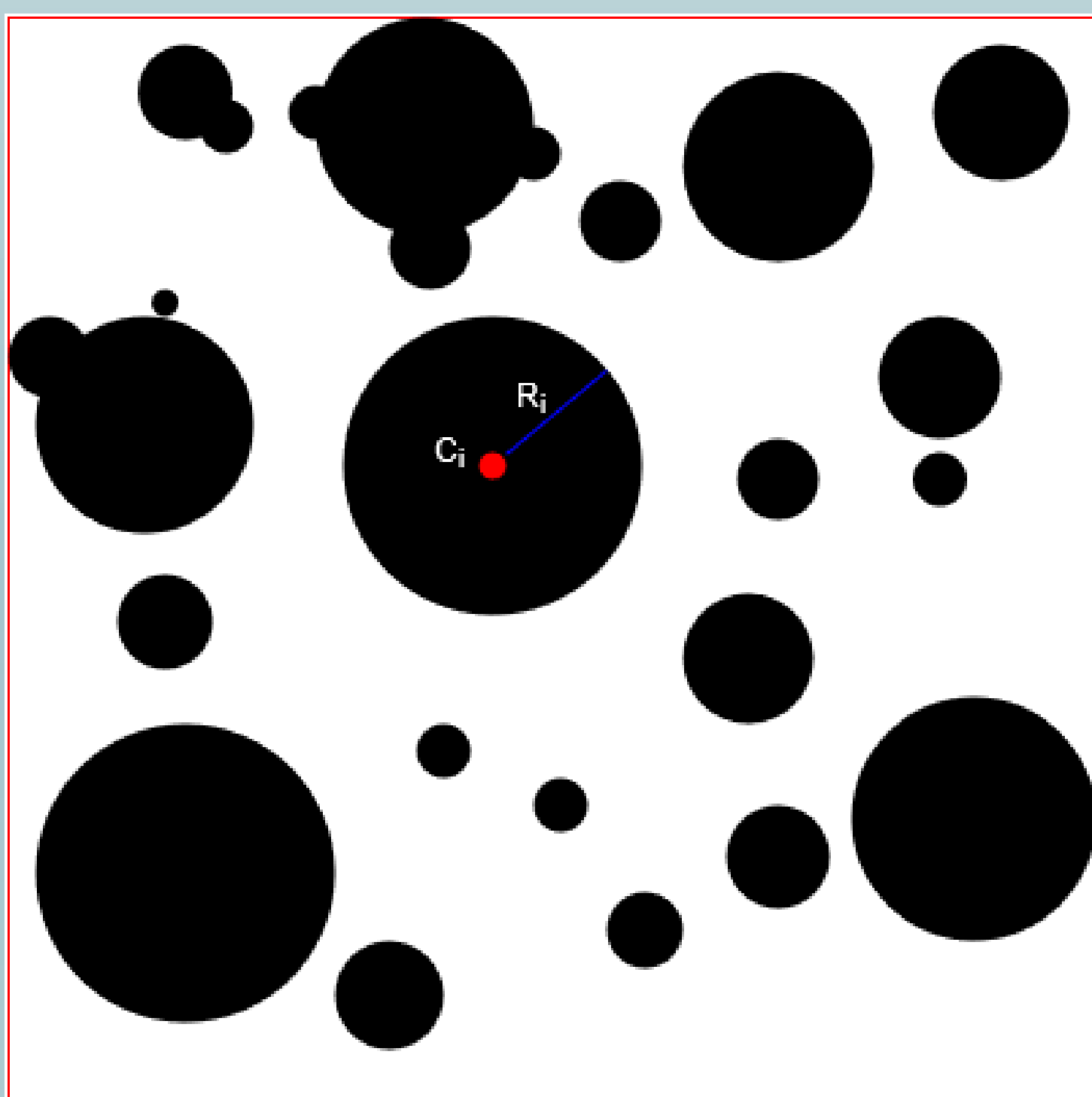
- Digital Image Correlation (DIC) is a common technique for measuring displacement and strain fields on specimens subjected to various thermomechanical loadings. But it has some major drawbacks such as computational cost and metrological performance.
- A recent feasibility study [1] suggests better performance using a Convolutional Neural Network (CNN).

Objectives

- Generating high quality synthetic dataset (GPU acceleration of the speckle generator in recent study [2])
- Developing and training a CNN using this dataset and the proposed network in [1] to achieve high accuracy measurements (one hundredth of pixel.)
- Implementing the solution on a small computer (NVIDIA Jetson) providing real-time displacement and strain maps

Speckle generation

- Defining the speckle model (Boolean model) by drawing N random disks of center C_i and radius R_i following a probability distribution (uniform, exponential, etc.)



- Generating digital image using Monte Carlo (MC) estimation (high computational cost) given by

$$\hat{I}(x) = \frac{1}{N_{MC}} \sum_{m=1}^{N_{MC}} \mathcal{I}_0(\phi(x + X_m))$$

where:

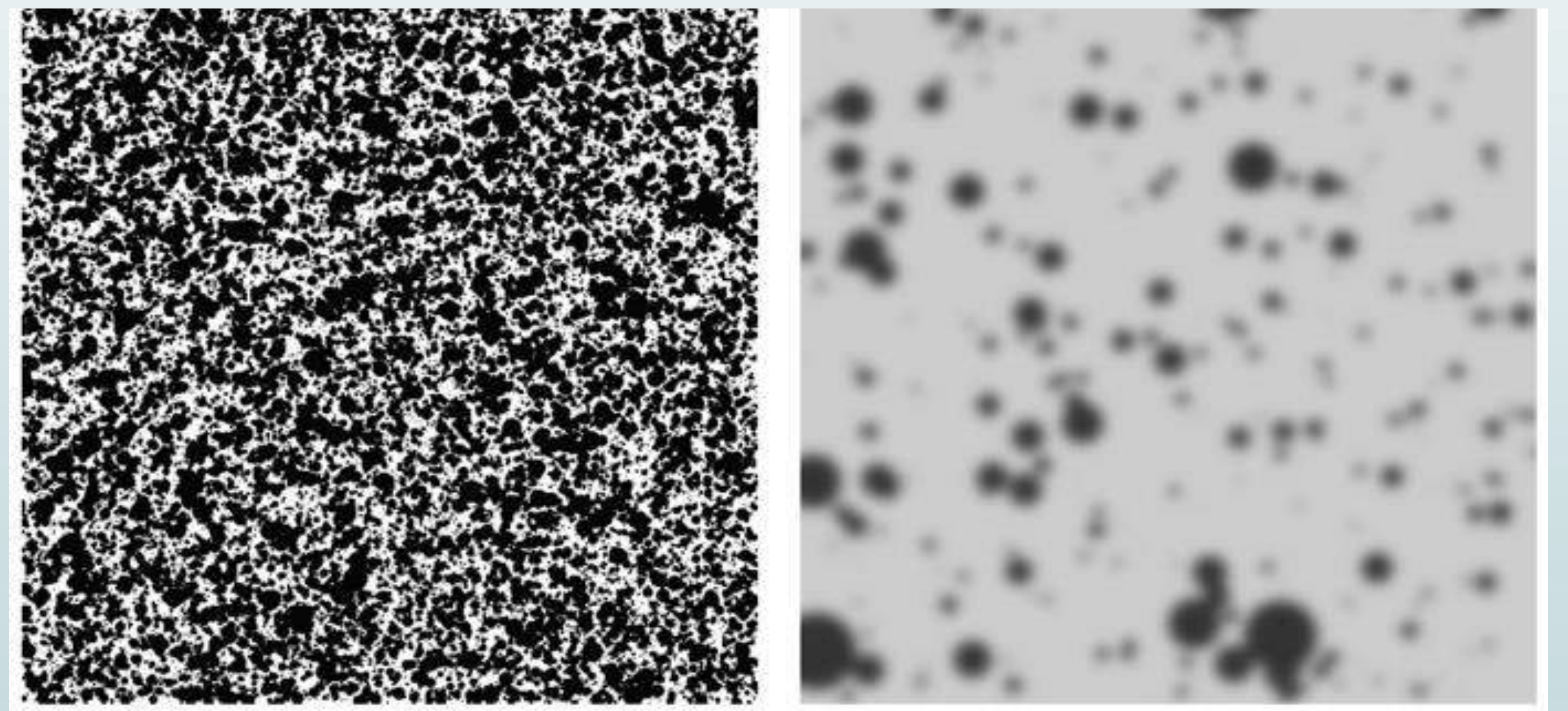
- $\hat{I}(x)$: intensity estimation at a pixel "x"
- X_m : a Gaussian random variable, in order to mimic the output of a sensor affected by a Gaussian point spread function
- N_{MC} : estimated number of random variables X_m to generate so as to ensure a limited quantization error
- Φ : mapping function (= Id when rendering a reference image)

Method

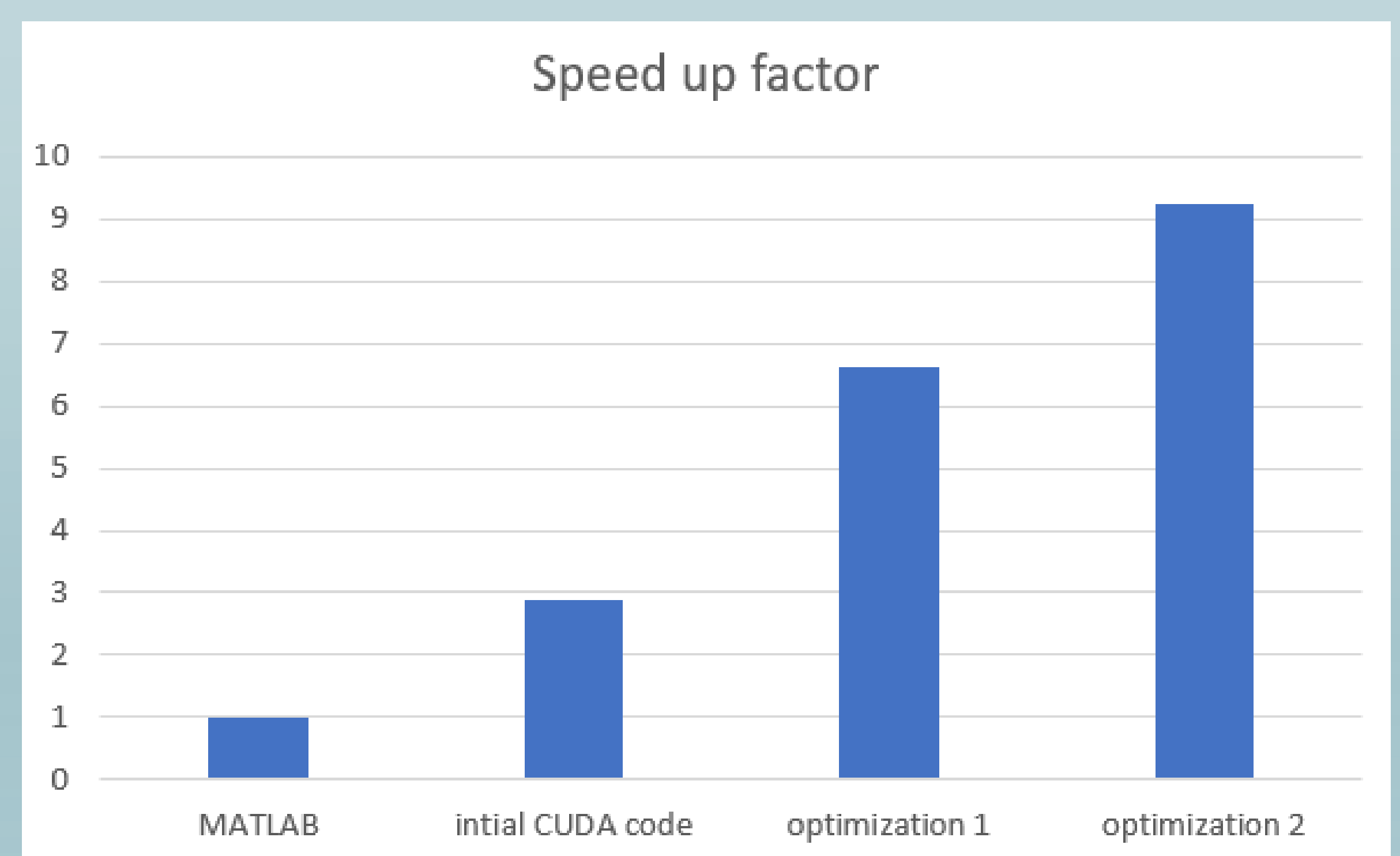
- Translating MATLAB code to C++ and ensure identical image generation
- Optimization 1 : Use optimal data structures to enhance efficiency by encapsulation speckle model parameters in one array of structures (C++ data type)
- Optimization 2 : exploit CUDA's large-scale parallel computing resources: use shared memory to reduce MC estimation computational cost (kernel threads collaboration for sum reduction)

Results

- MATLAB result reproduction with similar performance in initial C++ code



- Optimization results for rendering of typical 500x500 non-deformed speckle images on a computer configuration consisting of an Intel(R) Core (TM) i9-9900X CPU @ 3.50GHz and a NVIDIA GeForce RTX 2070 GPU with 64 Gb memory.



Conclusions

Compared to initial MATLAB code:

- ✓ The same images are generated (no additional bias)
- ✓ Faster GPU implementation (9x speedup)

Bibliography

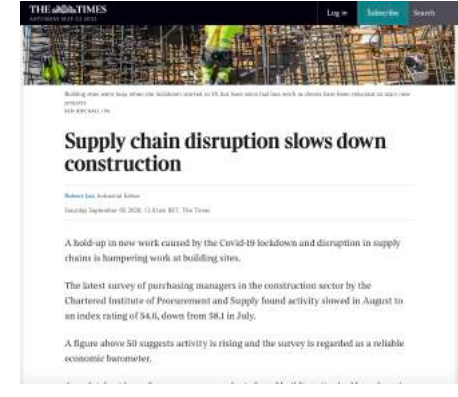
- [1] S. Boukhtache, K. Abdelouahab, F. Berry, B. Blaysat, F. Sur, M. Grédiac. "When Deep Learning meets Digital Image Correlation". Optics and Lasers in Engineering, 136, 106308.
- [2] F. Sur, B. Blaysat, and M. Grédiac. "Rendering deformed speckle images with a Boolean model". Journal of Mathematical Imaging and Vision, 60(5), 634-650, 2018.

Acknowledgments

This work was co-funded by the European Union with FEDER and the French National Research Agency (ANR)

Introduction

The sudden disruption of supplies in March 2020, halted the production of many European companies, and the whole ecosystem that is linked to their activities.



Supply chain disruption



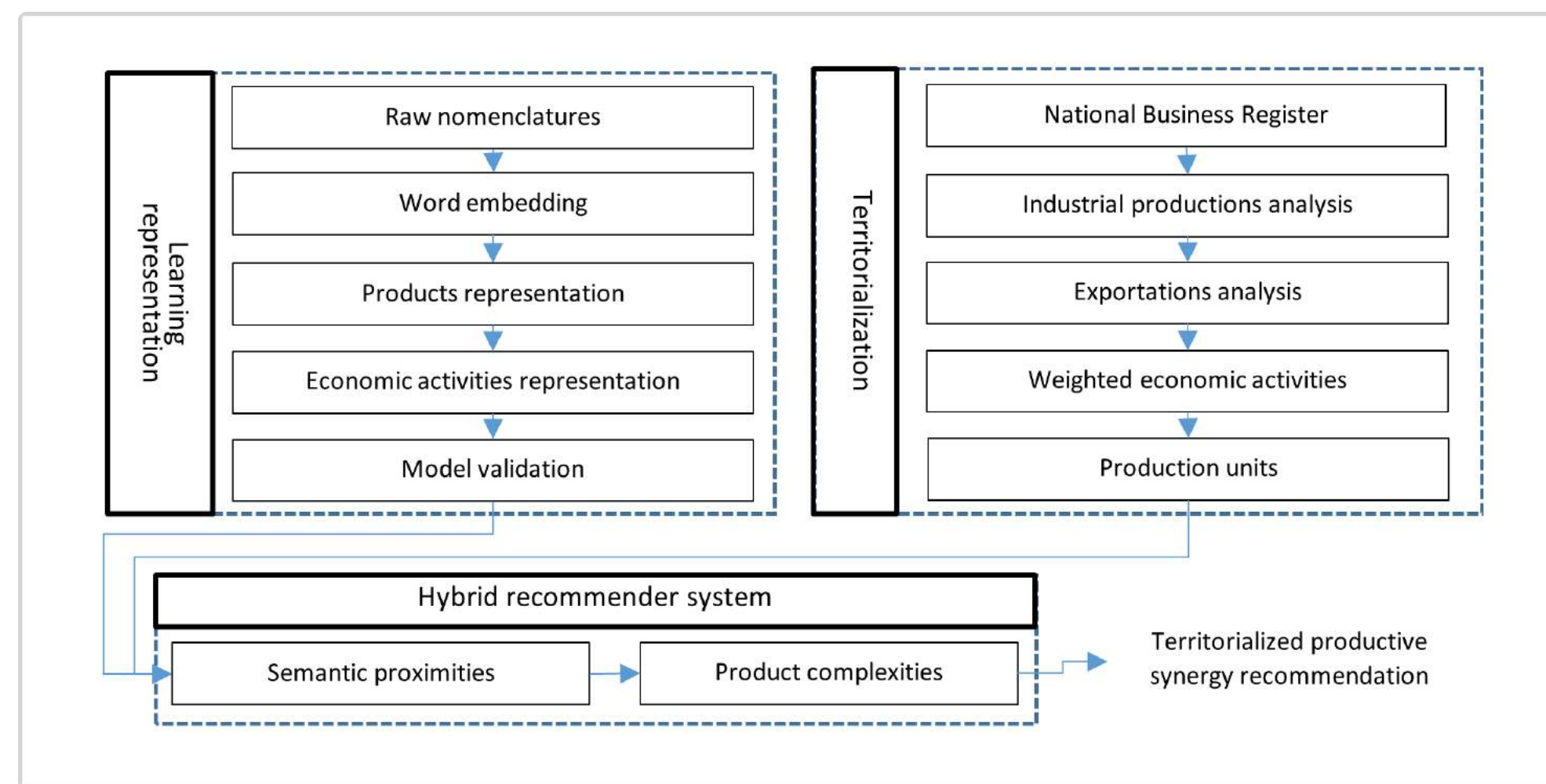
Transforming industrial production quickly



Industrial relocations

Can open data and data science help territories rebuild a sustainable productive system?

Production2Vec architecture



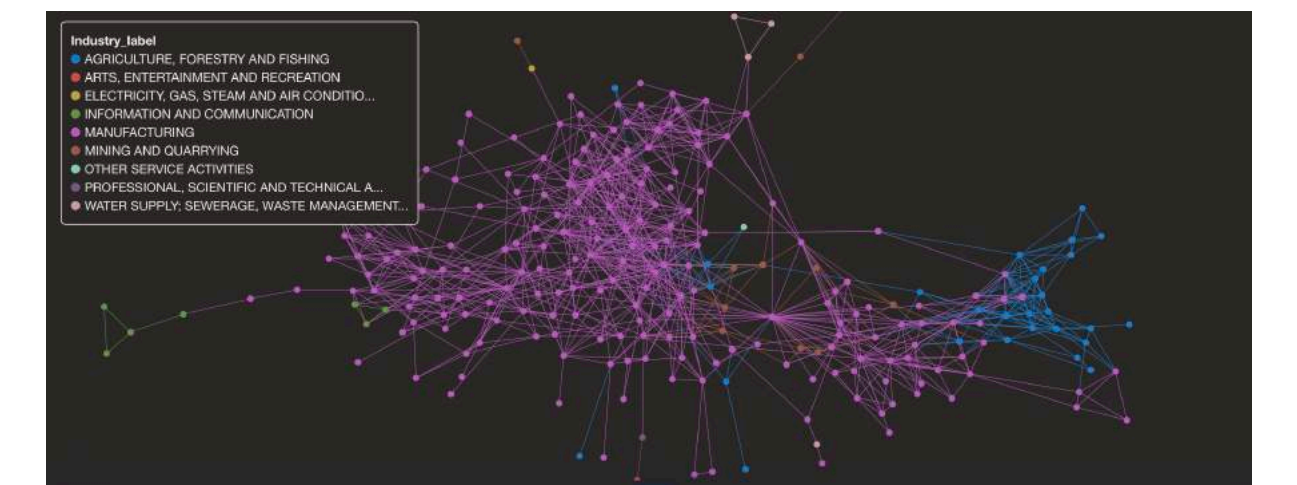
2 | Learning representation

We investigate the semantic proximity between products classes. First step was to learn with word2vec a words distribution in the vector space.

Nomenclature	Version	Type	#Classes	Publisher
HS 2017 ^a	2017	Product	5387	World Customs Organization
PRODCOM ^b	2019	Product	3919	European Commission
CPC ^a	2.1	Product	2887	United Nations
CPA ^b	2.1	Product	3218	European Commission
NC ^b	2020	Product	9484	European Commission
NACE ^b	2	Economic activity	615	European Commission
ISIC ^a	4	Economic activity	419	United Nations

^a<https://unstats.un.org/unsd/classifications/Econ> ^b<https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/index.cfm>

Learning is based on a corpus made up of 25929 class designations from 7 nomenclatures.



Then, we build each vectors associated with products in the same vector space.

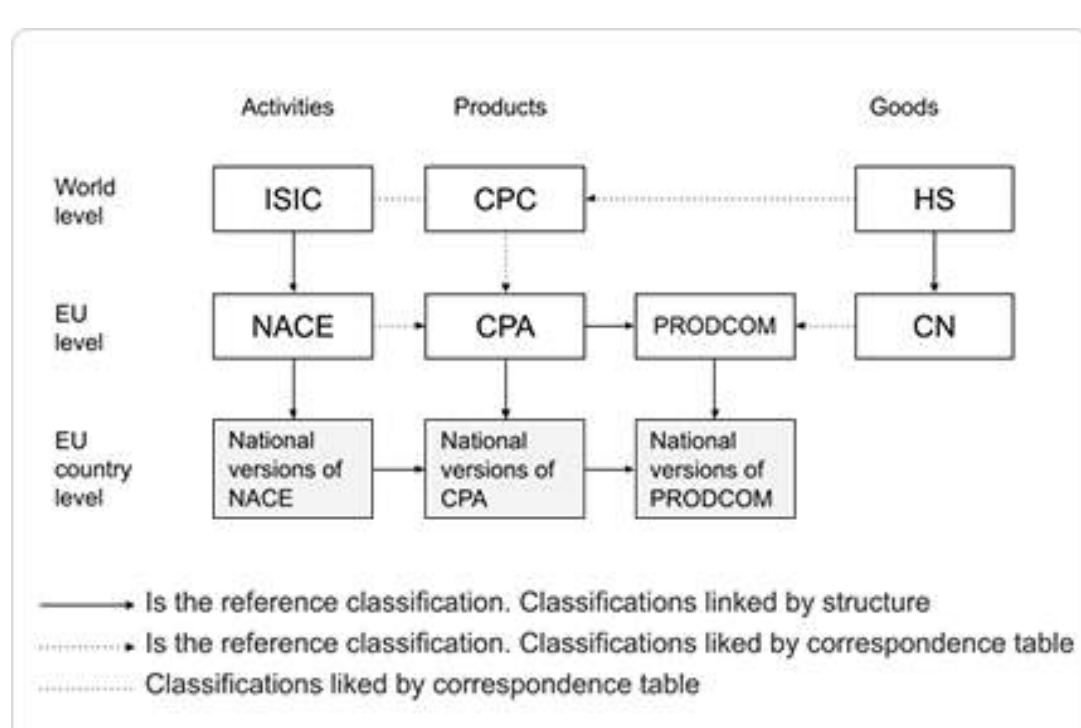
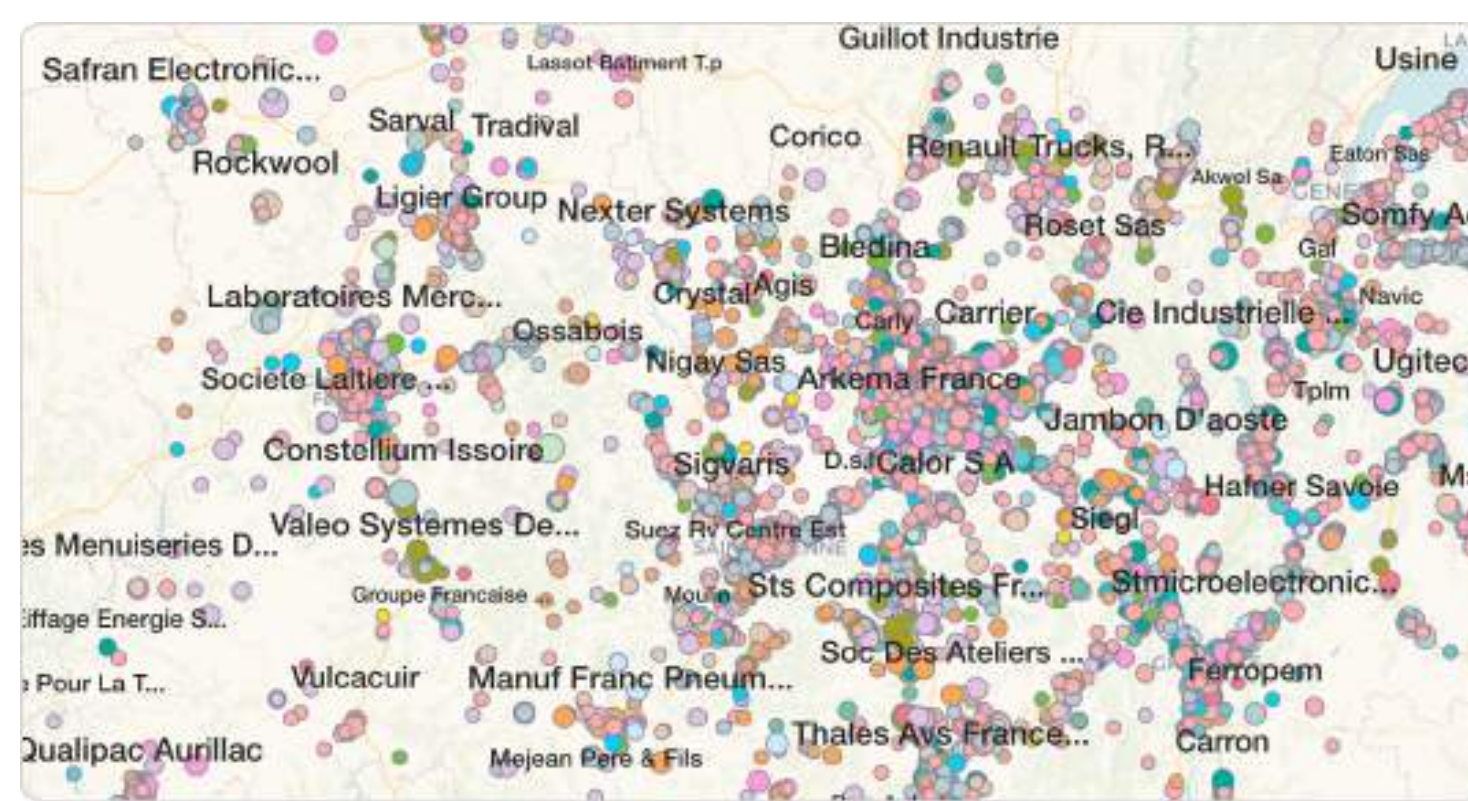
We define the vector associated with economic activity in a productive area τ , as the weighted sum of the vectors of the products associated with it in τ .

Vector v_p is simply built from each word vector that appears in its class description in the HS nomenclature.

1 | Territorialization

Mapping production units is the first step in modeling the productive system.

We build a weighted correspondence table between an economic activity and a list of products



1 Convert NAF to PRODCOM using correspondence tables : [NAF Rev. 2 ↔ CPF Rev. 2.1 (CPF6)] ← CPA Rev. 2.1 ← PRODCOM

2 weight the products of an industrial activity class according to the production amounts of each product (PRODCOM list of European production by product)

3 for non-industrial products, weight the products of an activity class according to the export amounts of each product (data from the World Customs Organization, nomenclature HS6)

A territory's ability to adapt its production tool in the event of a systemic shock to produce the necessary products contributes to its resiliency. We have seen such adaptations during the COVID19 crisis when spirits or paint companies were able to produce hydro-alcoholic gel as a matter of urgency. We can estimate the potential "productive jumps" of a production unit, based on the work done by Harvard University on the economic complexity of productive systems. This work provides a product space where we can measure proximity of know-how between two product classes. A closeness of know-how between the product p_1 and the product p_2 indicates that a production facility capable of producing p_1 could produce p_2 with limited adaptation of its production tool. Let $X_{c,p}$ be the value of exports in country c for the product p . Revealed Competitive Advantage $RCA_{c,p}$ greater than or equal to 1 indicates that c export product p . $RCA_{c,p}$ less than 1 indicates that country c is not an effective exporter of p .

$$RCA_{c,p} = \left(\frac{X_{c,p}}{\sum_c X_{c,p}} \right) / \left(\frac{\sum_p X_{c,p}}{\sum_c \sum_p X_{c,p}} \right)$$

With $M_{c,p} = \begin{cases} 1 & \text{if } RCA_{c,p} \geq 1 \\ 0 & \text{else} \end{cases}$ indicating whether the country c has a Revealed Competitive Advantage on the product p , the level of productive proximity ϕ_{p_1,p_2} between each product pair $\{p_1, p_2\}$ in the product space is based on export data from countries using the following formula:

$$\phi_{p_1,p_2} = \min \left(\frac{\sum_c M_{c,p_1} M_{c,p_2}}{\sum_c M_{c,p_1}}, \frac{\sum_c M_{c,p_1} M_{c,p_2}}{\sum_c M_{c,p_2}} \right)$$

Knowing the productive capabilities of a territory's production units, we can identify the territory's ability to manufacture new products. Let p' be the product obtained by "jumping" from p in the product space, such that it does not exist q giving $\phi_{p,q} > \phi_{p,p'}$.

Conclusion

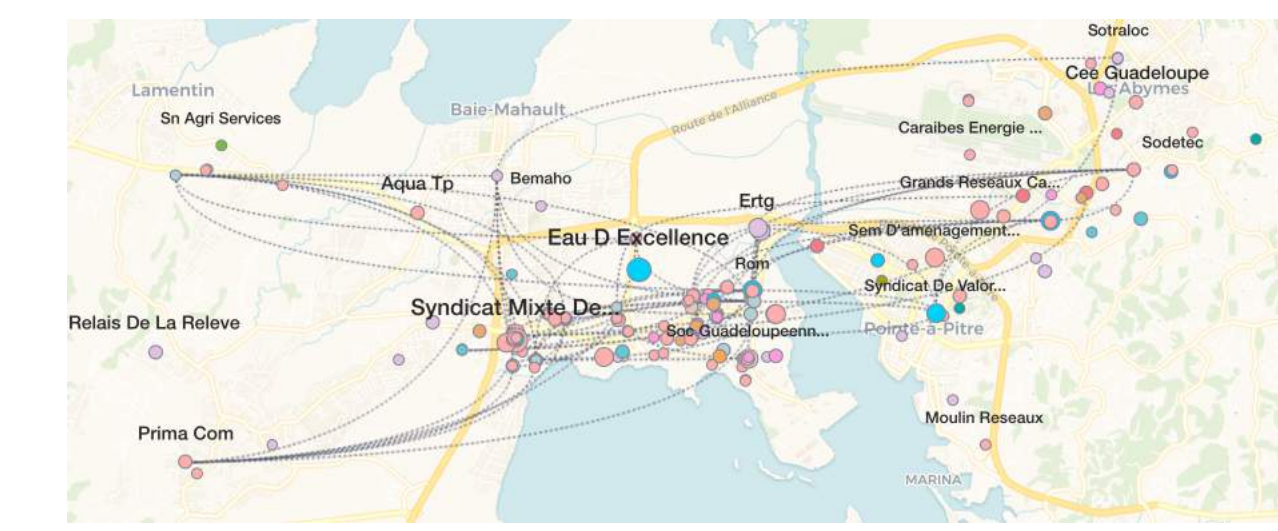
Semantic analysis of nomenclatures combined with products complexities opens up new perspectives to model territorial productive systems.

Various applications are thus made possible: for instance, company's supplies may then be secured:

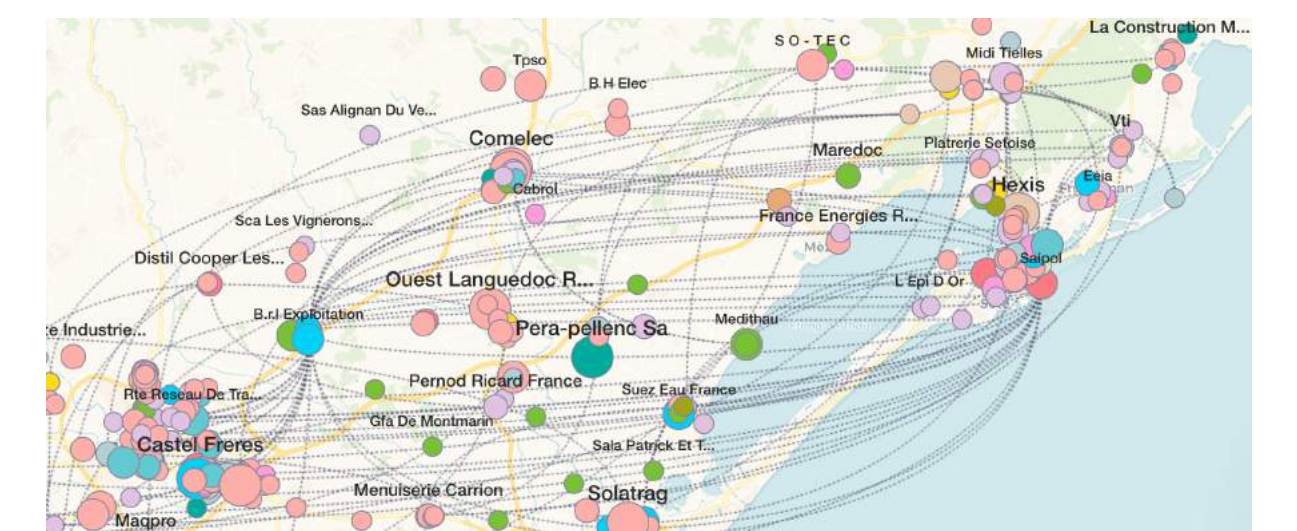
- by searching for local suppliers,
- by choosing a new settlement for a relocation,
- or by defining the prospects of companies' diversification or co-production.

3 | Hybrid recommender system

Recommend locally for potential partners for each company



Example of potential productive synergies on the island of Guadeloupe



Example of synergies on the south of France (Béziers-Sète)

Recommendation consists in looking for potential partners of production unit e in a productive area τ .

$$\Psi_{a,b}(\tau) = \frac{1}{n \cdot m} \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m \left(\lambda_{a_i} \lambda_{b_j} \frac{v_{p_{a_i}} \cdot v_{p_{b_j}}}{|v_{p_{a_i}}| |v_{p_{b_j}}|} \right)$$

With v_p the vector associated with the product p in E , a and b two economic activities in a productive area τ , p_{a_1}, \dots, p_{a_n} and $\lambda_{a_1}, \dots, \lambda_{a_n}$ respectively the products and their weights associated with the activity a , p_{b_1}, \dots, p_{b_m} and $\lambda_{b_1}, \dots, \lambda_{b_m}$ respectively the products and their weights associated with the activity b .

We calculate the recommendations proposed on the production unit e of a given productive area τ with an economic activity a by building a list of productive units $\{g_1, \dots, g_n\}$, with economic activities respectively $\{b_1, \dots, b_n\}$ ordered inversely to $\Psi_{a,b_i}(\tau)$ and a threshold θ .

$$\hat{R}_{e,\tau} = \{g_1, \dots, g_n \mid \Psi_{a,b_i}(\tau) \geq \Psi_{a,b_{i+1}}(\tau) \text{ and } \Psi_{a,b_i}(\tau) > \theta\}$$

What to do when there is locally no potential partner?

Thought: we recommend partners who today do not produce the products sought, but who with a productive jump would be able to adapt their production so that the partnership can work.

Let ϕ_{p_1,p_2} represents the knowhow proximity between product p_1 "and" p_2 in the Harvard product space. We reformulate the productive distance between two economic activities a and b over the productive area τ by integrating ϕ_- :

$$\Psi'_{a,b}(\tau) = \frac{1}{n \cdot m} \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m \left(\lambda_{a_i} \lambda_{b_j} \max \left(\frac{v_{p_{a_i}} \cdot v_{p_{b_j}}}{|v_{p_{a_i}}| |v_{p_{b_j}}|}, \frac{v_{p_{a_i}} \cdot v_{p'_{b_j}}}{|v_{p_{a_i}}| |v_{p'_{b_j}}|} \right) \right)$$

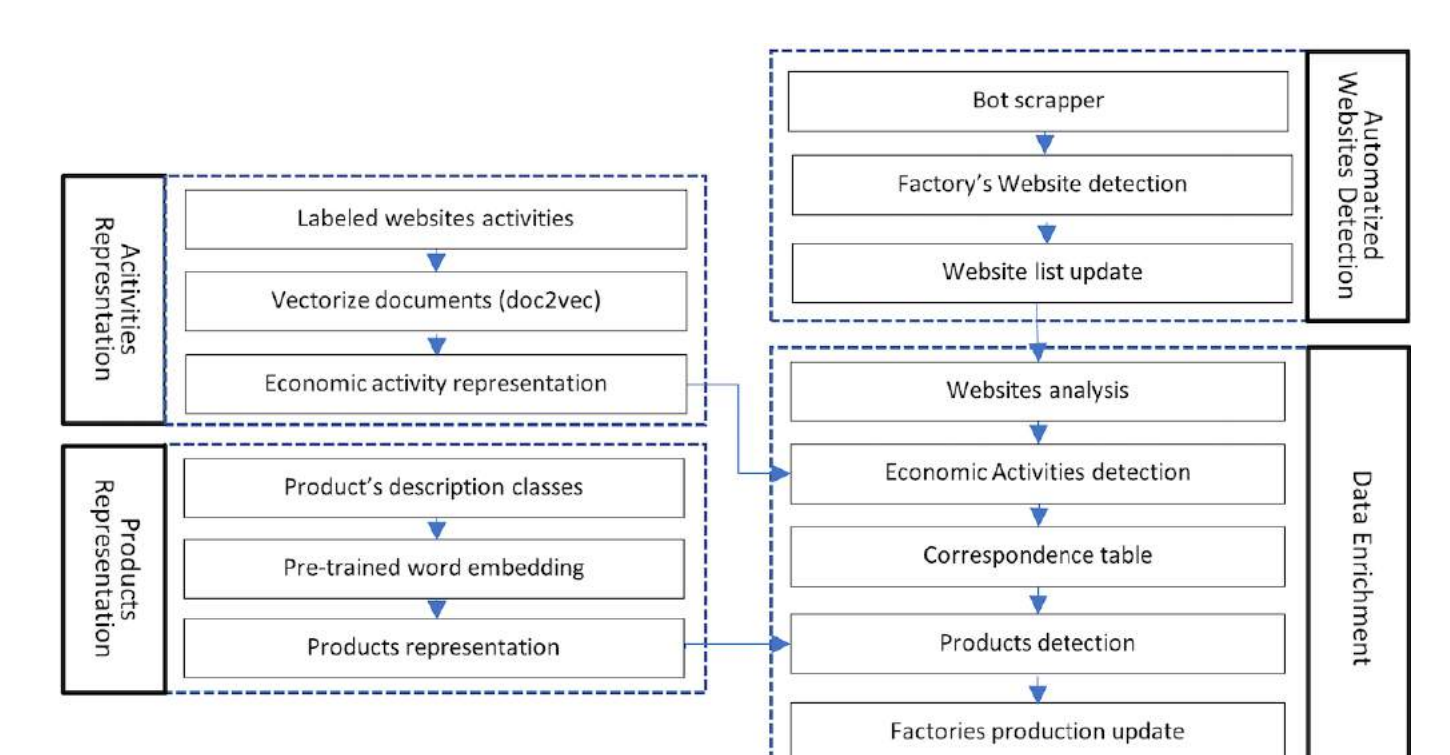
With p' be the product obtained by "jumping" from p in the product space, such that it does not exist q giving $\phi_{p,q} > \phi_{p,p'}$.

Perspectives

This methodology offers new perspectives to improve industrial production in delimited areas.

- We need to define an industrial resilience indicator that can be measured from modeled systems, based on the resilience of complex systems.
- We will integrate the HR dimension (jobs and demographics)
- We will integrate waste to foster synergies between the players of the circular economy.

Enrich production data using websites analysis



Introduction

► Durant l'été, un phénomène encore inconnu est régulièrement observé: le 'summer limb drop'. Il s'agit de la chute imprévisible et soudaine de grosses branches. En milieu urbain, ces chutes sont à l'origine de nombreux dégâts. Ce phénomène est d'autant plus intrigant que les branches semblent en général **très surdimensionnées** par rapport à leur poids.



Rupture estivale - Micocoulier – Juin 2018, Nîmes [1]

► Les experts de l'arbre ainsi que les gestionnaires de parc **sont démunis** face à ce risque.

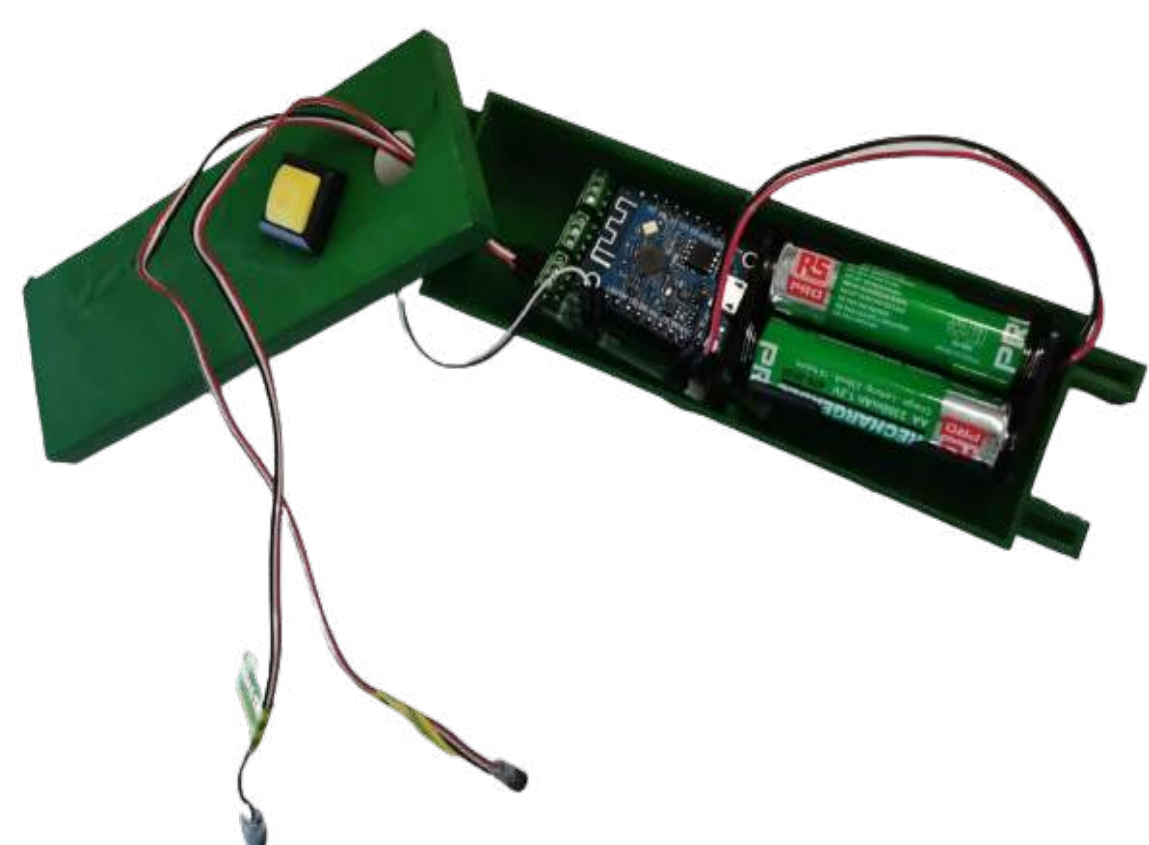
Objectifs

1. Évaluer la perception de ce phénomène par le monde professionnel, essayer d'amener des éléments quantitatifs.
2. Étudier le rôle de la température dans le phénomène de casse estivale.
3. Étudier le rôle de l'architecture/l'historique de formation dans la capacité d'une branche à rompre.
4. Comprendre comment se déforme les branches au quotidien, pour identifier leur principaux modes de sollicitation.

Étude sociologique du phénomène

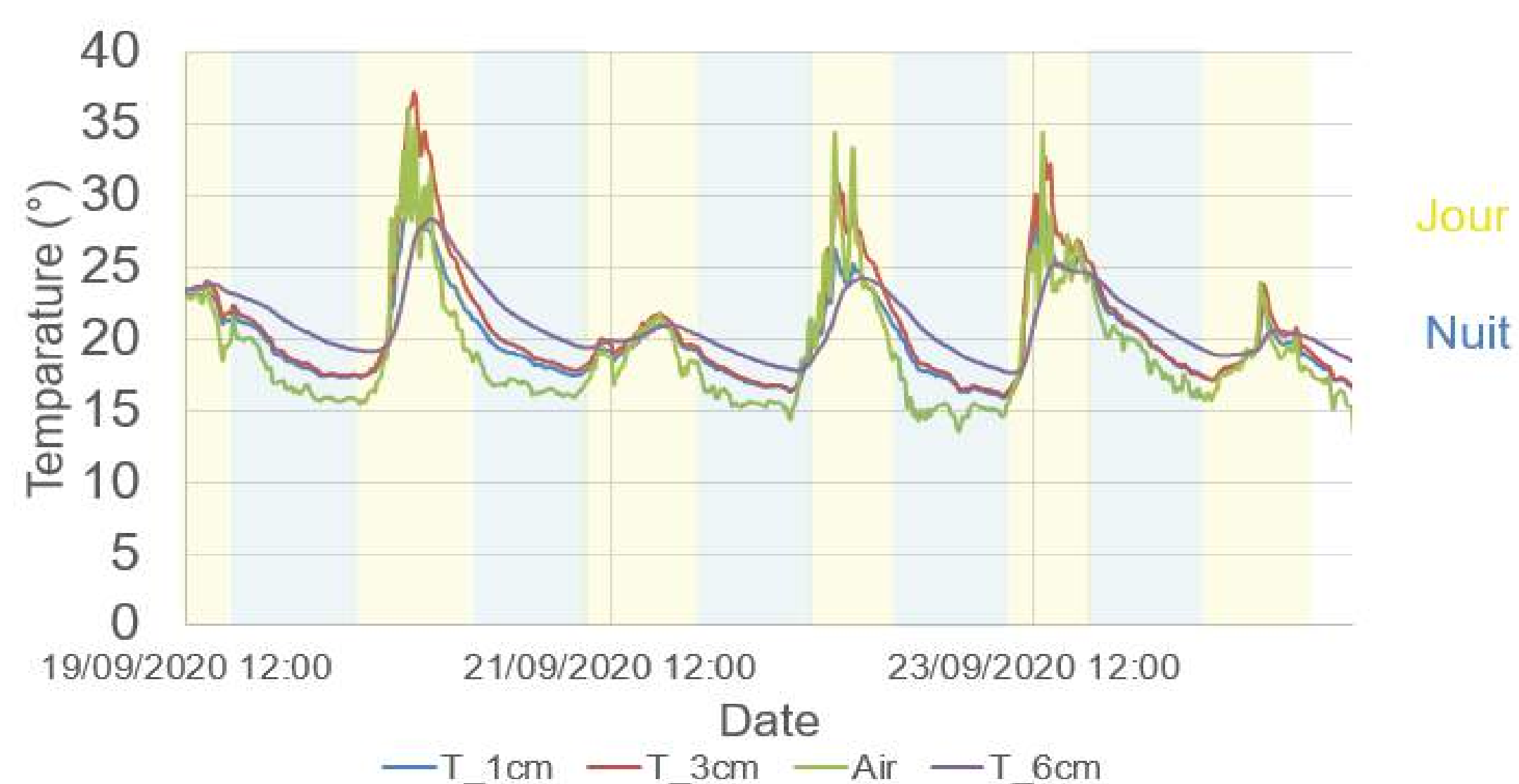
- L'essentiel des données qualitatives est aujourd'hui entre les mains des professionnels.
- Un travail sociologique de collecte des informations sur la perception du phénomène a été effectué.
- La réalisation d'une application permettant de recenser les différents hébergeurs est en cours.

Étude de la régulation thermique



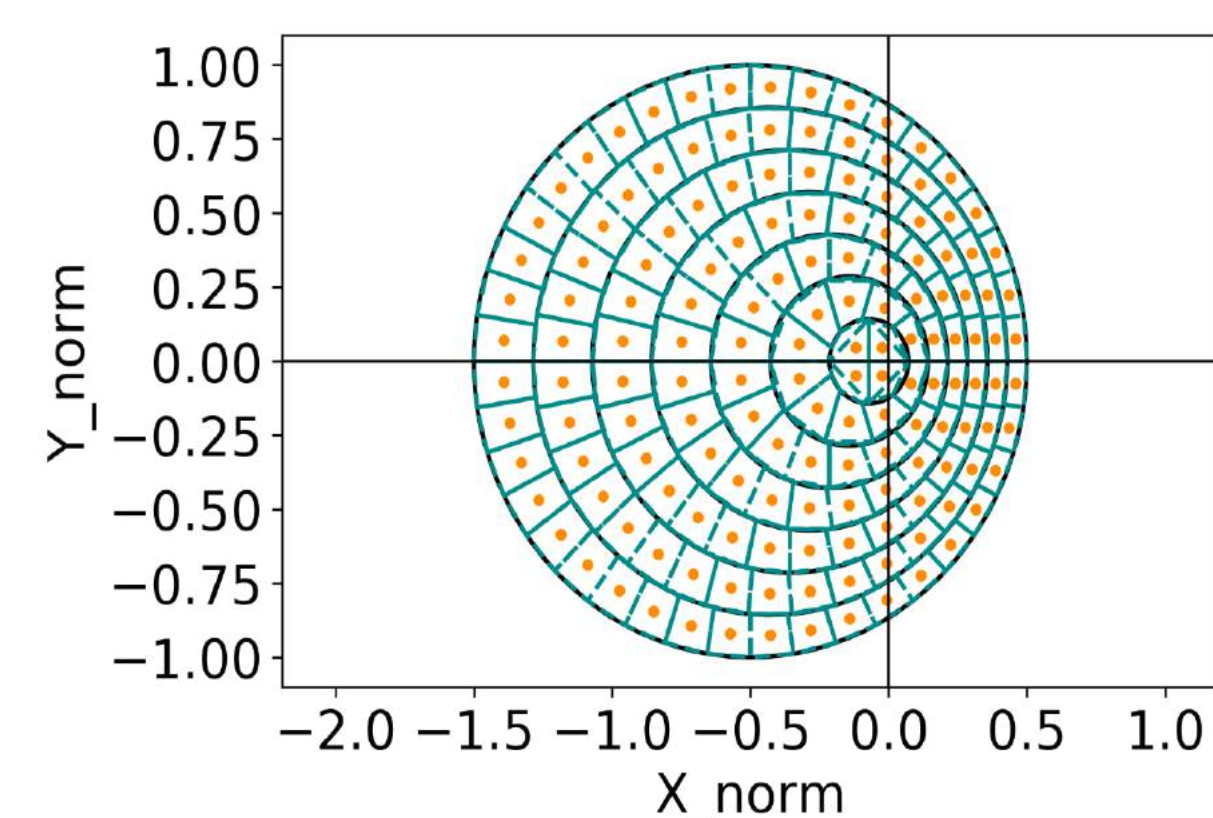
Représentation d'un boîtier de mesure de température

- Un gradient de température est visualisé dans des branches sur une grande période (année).
- Objectif; visualiser et évaluer la capacité de régulation thermique de l'arbre sous différentes conditions (branches basses/hautes, ombragées, soleil)



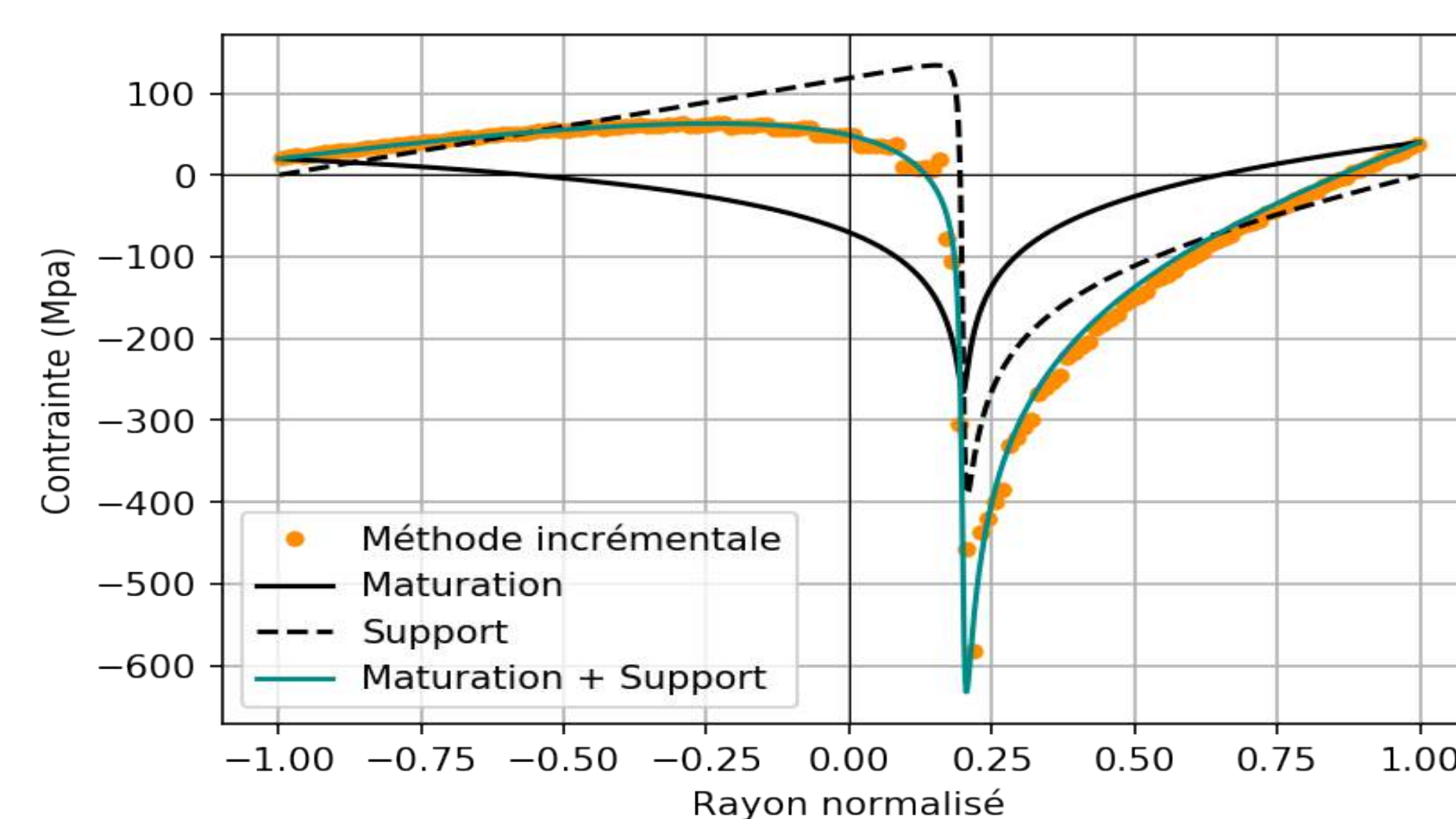
Profils temporels de température à différentes profondeurs

Influence de l'architecture de la branche



Maillage d'une section circulaire, prise en compte de l'excentricité

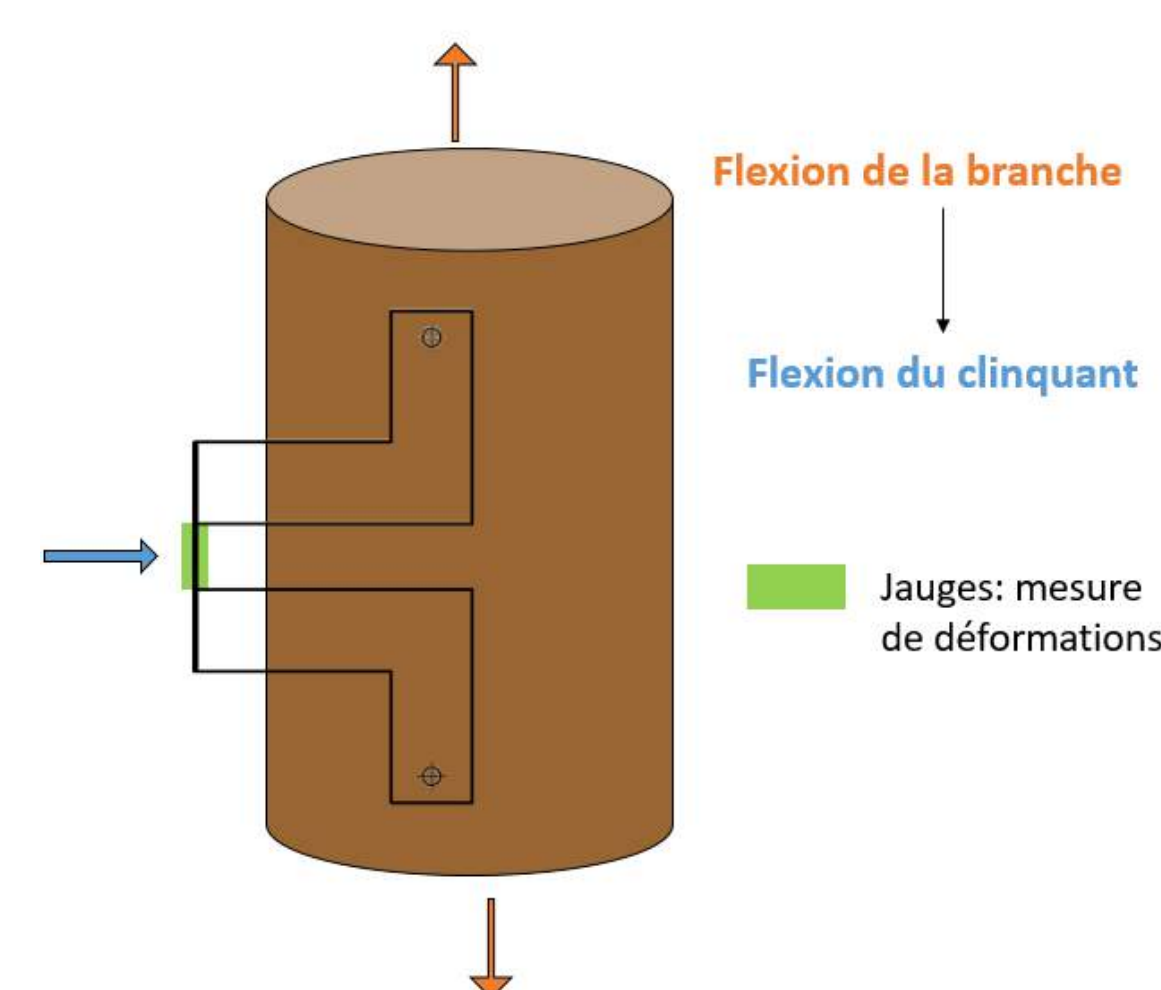
- Approche numérique: modélisation de la mise en place des contraintes de croissances longitudinales dans des axes inclinés
- Objectif: identifier l'influence de certains critères de croissance sur les profils de contraintes. A terme, cela permettra de voir si il existe des profils limites en terme de résistance mécanique.



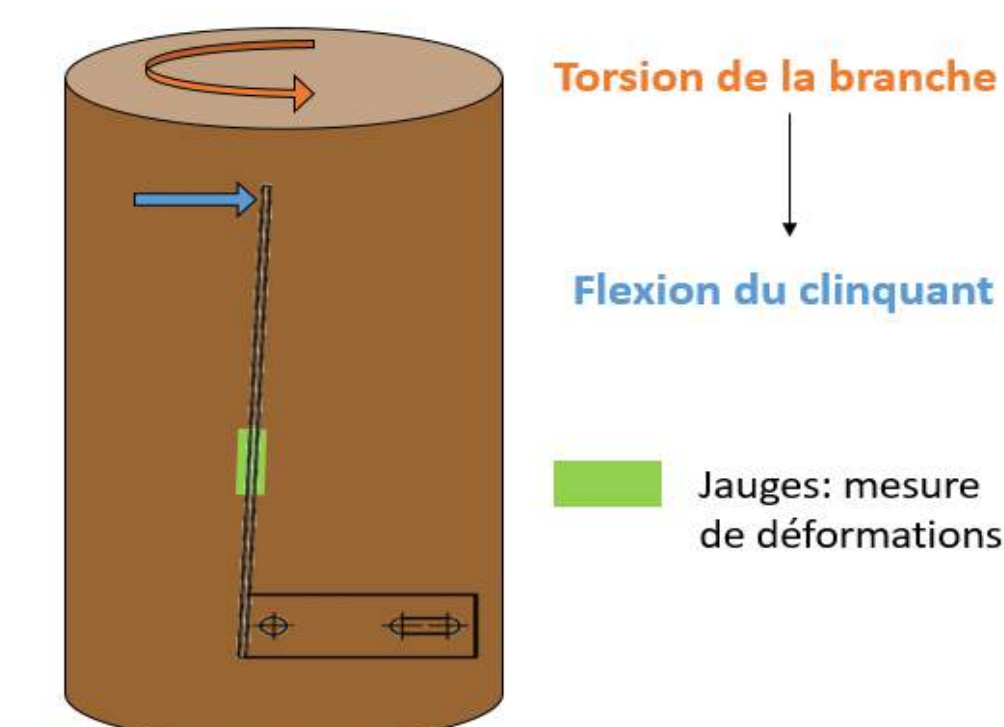
Profil de contraintes de croissance élastique: Nombre de cernes = 80, excentricité = -0,3, Longueur = 1m, Rayon = 0,1 m

Caractérisation des modes de sollicitation des branches

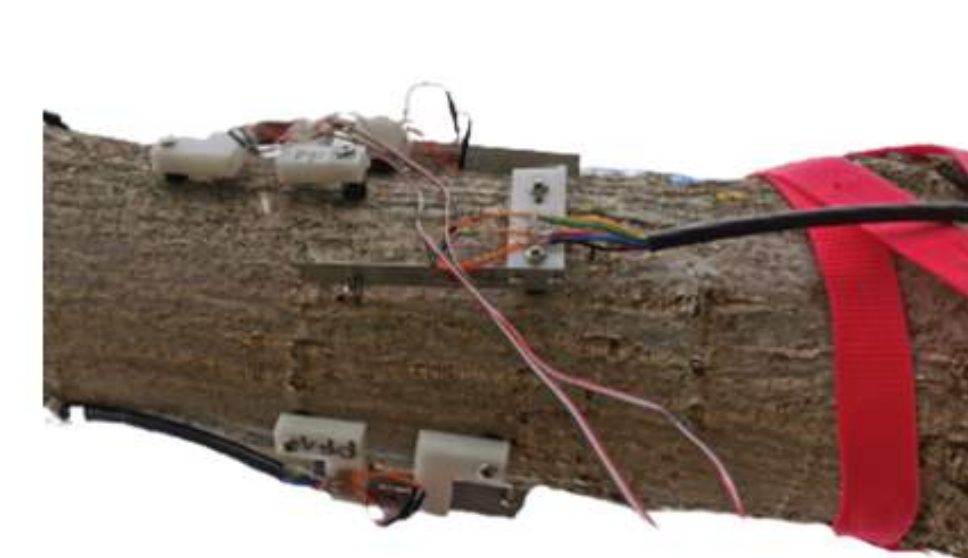
- 2 types de capteurs sont en cours de développement.
- Objectif: caractériser les mouvements de flexion et torsion de la branche. Pour cela, ces mouvements sont ramenés à des flexion de clinquants en acier.



Fonctionnement du capteur de mesure de flexion



Fonctionnement du capteur de mesure de flexion



Exemple de disposition de capteurs sur branches

References

- [1] L. Heim.
Comportement mécanique des branches lors de températures extrêmes et conséquences sur le risque de casse.
Master's thesis, March 2019.

Contact Information

- Email: arnoul.van-rooij@inrae.fr
- Phone: +33 7 783 68 63 09

Query approximation via concept recommendation in an ontology-based data access approach.

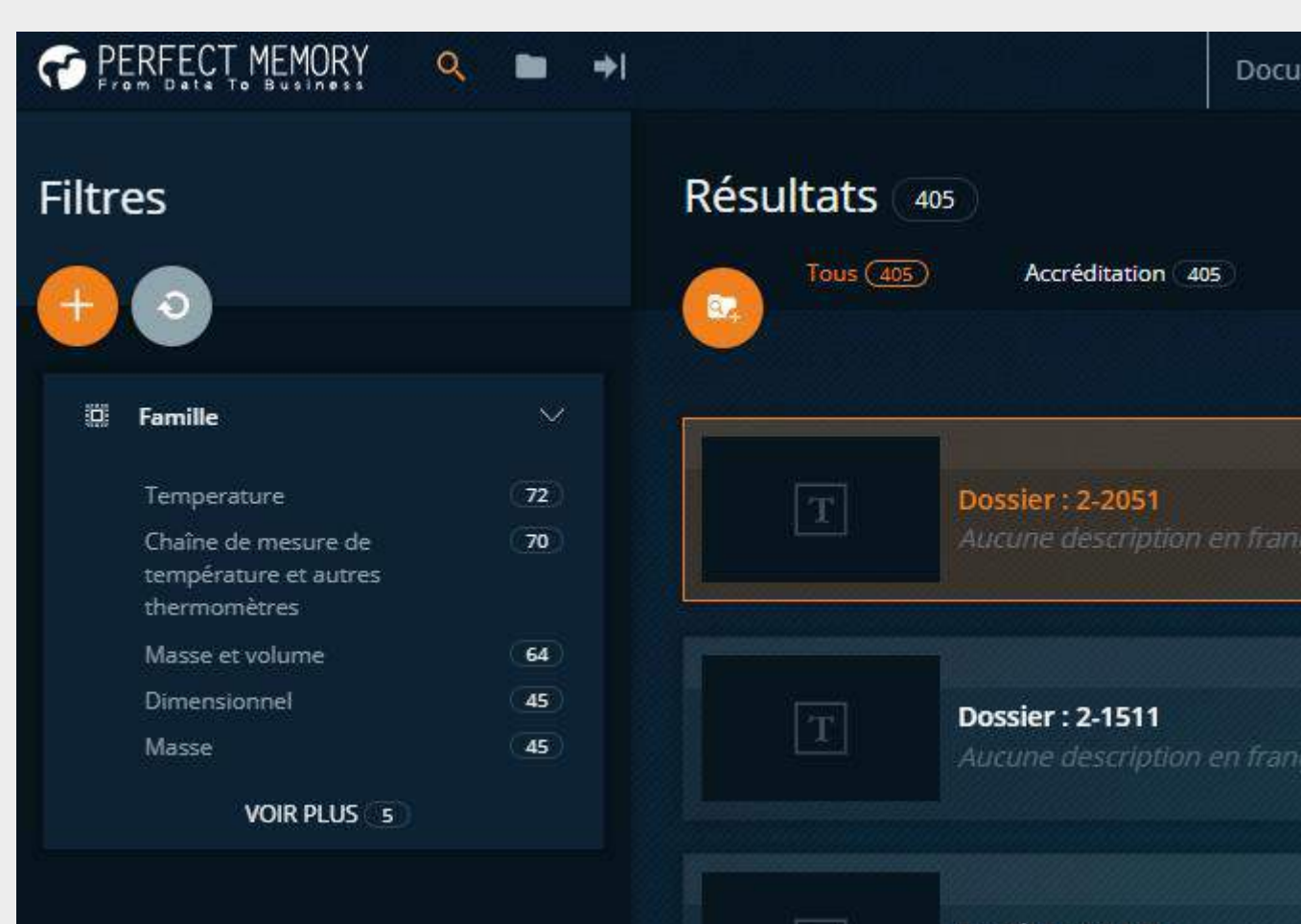
Mascaro Axel, Rey Christophe
PhD Supervisor : Toumani Farouk

Stam Project

Part of the multiactor STAM project,
Wants to create a metrology platform
STAM proposes:

- Tool for revising measure and its incertitude,
- Metrology social media
- Research platform.

I contribute to that research platform.



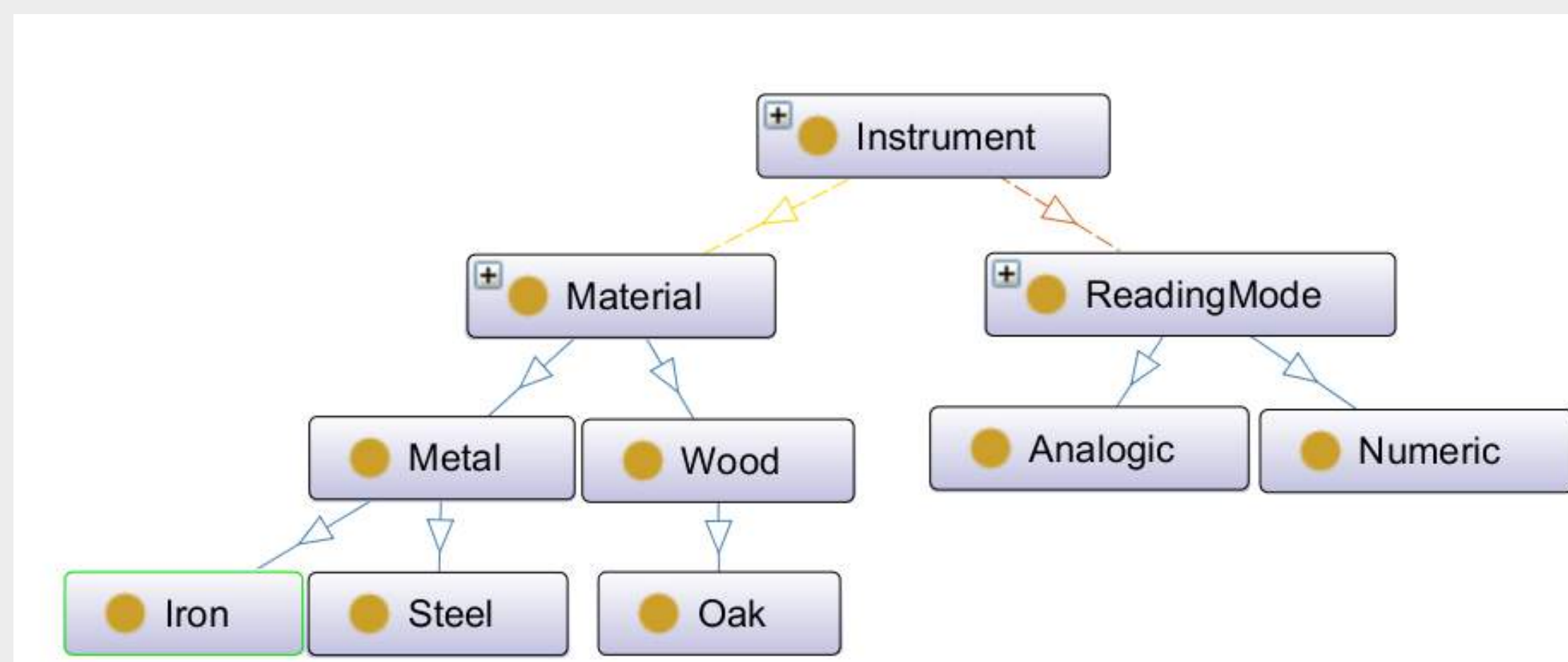
STAM Research Platform

Use of description logics and ontology,
Help the user to find the best answers to their query :
Determine what are the nearest answers, when no exact one available

Per example, a request could be « Metal Analogic Calliper »

And « Steel numeric calliper » or « oak analogic ruler » two possible answers found in the database written

Finding the nearest answers



Example of an ontology T

Recommandation system using a multicriteria approach [1]
The comparison method is tied to description logic and thus subsumption

The ontology, query and answers are divided in different component.

Comparison components by components between all possible answers.

Rest and Miss definitions from [2] to define the proximity.

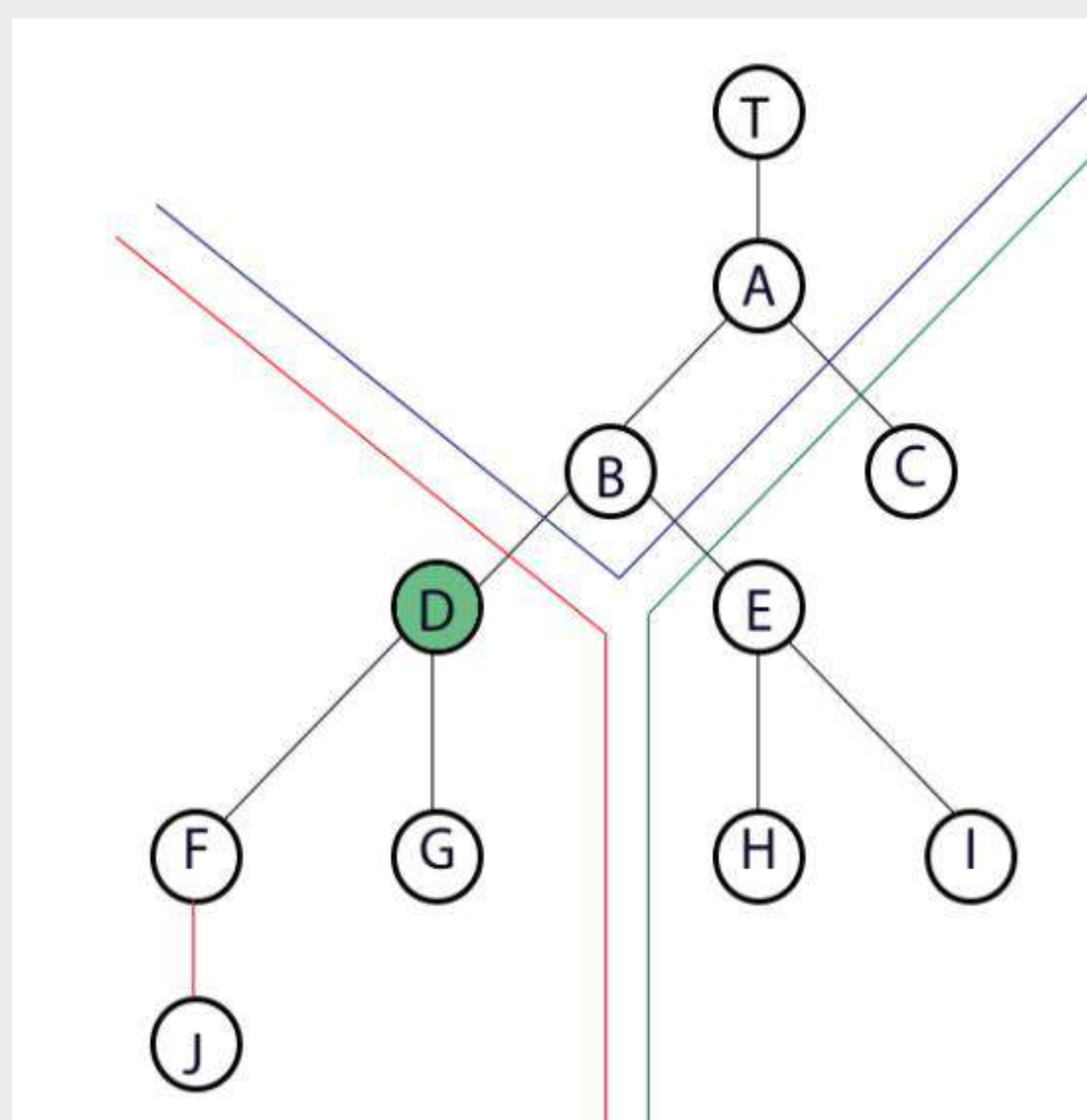
For each component we want :

- To minimize the information present in the query that is not in the answer : the Rest.
- To minimize the information present in the answer that is not in the query : the Miss

For a component, we check its position, using a difference operator. For a request D on the figure :

- Answer in the red part are more precise (Min. Rest)
- Answer in the blue part are more general (Min. Miss)
- Answer in the green part are different (Min. Both)

The algorithm and explanations can be found in [3]



Component ranking illustration

CS Operator

We need a difference operator A - B with A and B concept descriptions such that :

- Remove subdescriptions of A when they subsume subdescriptions of B,
- Remove subdescriptions inside existential restriction.

No existing operator proposes such properties.

Using works from Heinz [3] and Baader [4], we created the Commonalities Substraction Operator CSO

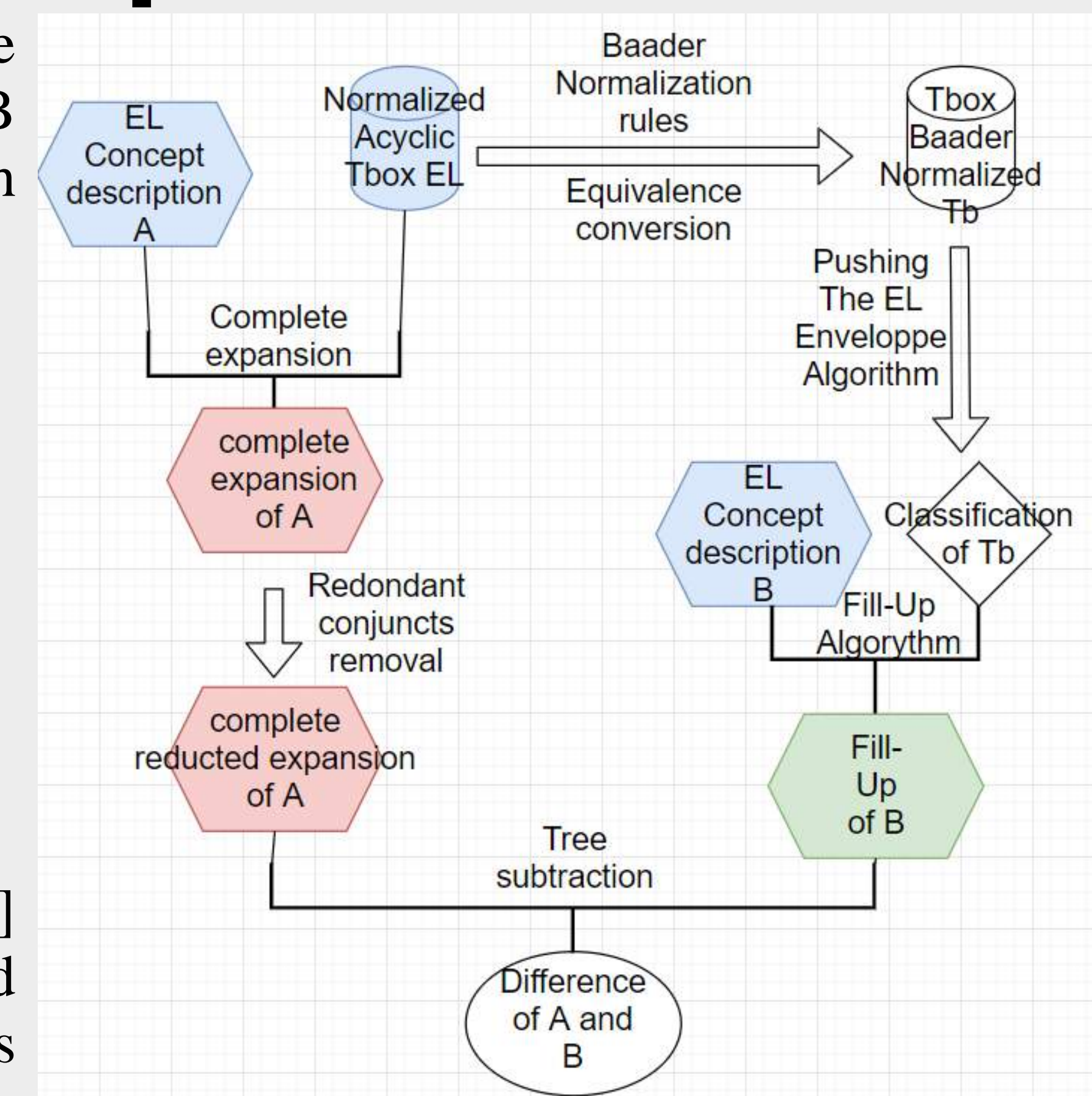


Fig. CSO Process

With a given ontology and two concepts descriptions A and B, we do the following operation :

- Complete expansion of A $A \equiv Analogic \sqcap \exists hasMaterial(Steel \sqcap Wood)$
- Fill-up of B $B \equiv Numeric \sqcap \exists hasMaterial(Metal \sqcap Oak)$

Concept Description Example

The complete expansion is used to normalise equivalent description :

Complete Expansion

$$A \equiv B \sqcap \exists R.C, B \equiv D, C \equiv E$$

$$CE(A) \equiv CE(B \sqcap \exists R.C) \equiv D \sqcap \exists R.E$$

The fill-up is used to semantically complete the B description so it contains every concept subsuming the initial description.

Fill-up Example

$$Fup_T(A) \equiv Analogic \sqcap ReadingMode \sqcap hasMaterial(Steel \sqcap Metal \sqcap Wood \sqcap Material)$$

$$Fup_T(B) \equiv Numeric \sqcap ReadingMode \sqcap hasMaterial(Oak \sqcap Wood \sqcap Metal \sqcap Material)$$

The CSO then syntactically compares the the fill-up of B to the complete expansion of A and remove any concept in A that is in B.

$$CSO(A, B) \equiv Analogic \sqcap \exists hasMaterial(Steel \sqcap Wood) - B$$

$$CSO(A, B) \equiv Analogic - B \sqcap \exists hasMaterial(Steel \sqcap Wood) - B$$

$$CSO(A, B) \equiv Analogic - Numeric - ReadingMode - hasMaterial(Oak \sqcap Wood \sqcap Material) \sqcap \exists hasMaterial(Steel \sqcap Wood) - Numeric - ReadingMode - hasMaterial(Oak \sqcap Wood \sqcap Material)$$

$$CSO(A, B) \equiv Analogic \sqcap \exists hasMaterial(Steel - Oak - Wood - Material \sqcap Wood - Oak - Wood - Material)$$

CSO Example

$$CSO(A, B) \equiv Analogic \sqcap \exists hasMaterial(Steel)$$

$$CSO(B, A) \equiv Numeric \sqcap \exists hasMaterial(Oak)$$

Conclusions

Some of the algorithmical proves are to finish

Algorithms are ready to be implemented and tested in STAM environnement.

Results can also be extended to less normalised ontology or more expressive form of EL.

Bibliography

1. Panorama de l'intelligence artificielle, ses bases méthodologiques, ses développements - P. Marquis, O. Papini and H. Prade - 2014 - Book
2. Découverte des meilleures couvertures d'un concept - Rey. C - 2004 - PhD Thesis
3. Recommandation ontologique multicritère pour la métrologie - Mascaro. A and Rey. C - 2020 - PFIA
4. How I Lost My OWL: Retracting Knowledge from EL Concepts - Heinz - 2018 - Master's Thesis
5. Pushing the EL Envelope - Baader, F., Brandt, S. and Lutz, C. - 2005 - IJCAI

Étude expérimentale et modélisation de la production d'hydrogène solaire en cellule photoélectrochimique

Aziz BOURZIGUI, Fabrice GROS, Jean-François CORNET, Jérémie DAUCHET, Thomas VOURC'H
 Université Clermont Auvergne, Clermont Auvergne INP, CNRS, Institut Pascal, F-63000 CLERMONT-FERRAND, FRANCE

INTRODUCTION

Face à l'épuisement des ressources fossiles et aux émissions de gaz à effet de serre, le développement de nouveaux procédés de conversion de l'énergie solaire en vecteurs chimiques propres, aisément stockables et bien adaptés à la mobilité est devenu un besoin criant, d'autant plus que les technologies solaires actuelles produisent de l'électricité qui est difficilement stockable à long terme et en grande quantité. Dans ce contexte, la photodissociation de l'eau sous rayonnement solaire pour produire de l'hydrogène (photosynthèse artificielle) dans des cellules photoélectrochimiques s'avère être une solution d'avenir.

Les cellules photoélectrochimiques à photoanode semiconductrice (SC-PEC) présentent aujourd'hui les efficacités les plus élevées mais restent bien en deçà de 10%. Pour atteindre puis dépasser ce seuil fatidique à grande échelle, le développement de modèles de connaissance multi-échelles capables d'intégrer jusqu'à la nano-structuration de la photoanode semble être une voie prometteuse.

MODÈLE : PHOTOANODE MASSIVE

Dans cette première phase de recherche, le travail est mené sur le cas d'une photoanode massive afin de comprendre et analyser l'effet des phénomènes limitants se produisant dans la cellule photoélectrochimique en s'affranchissant dans un premier temps des complexités géométriques liées à la structuration des matériaux poreux. Nous cherchons de plus à structurer des modèles de connaissance possédant un espace paramétrique réduit (réification). Ceux-ci mettent en œuvre le transfert de rayonnement solaire dans la photoanode, son couplage avec la génération des porteurs de charges et les cinétiques réactionnelles aux interfaces, le rendement de collection des électrons et le courant généré ainsi que la production d'hydrogène à la cathode. Ils seront résolus numériquement sur la base d'une formulation intégrale qui est privilégiée pour la richesse interprétative et la vision en intégrale de chemins qu'elle apporte tout autant que pour sa pertinence dans la description des procédés contrôlés par le transfert de rayonnement afin de réconcilier les aspects thermocinétiques et énergétiques.

Cellule photoélectrochimique

- Rayonnement solaire
- Génération et transport des porteurs de charges
- Cinétiques réactionnelles électrochimiques

Modèle à photoanode massive

- Vitesse surfacique de production d'hydrogène $\langle s_{H_2} \rangle$ (mole d'hydrogène/m²/s)
- Densité de photo-courant j_n (mA.cm⁻²)
- Efficacité énergétique η_{PEC}

Modèle

$$\begin{cases} -D_e \frac{d^2 n}{dx^2} + k_r n p = \rho_{max} \mathcal{A}(x) & \text{(électrons)} \\ -D_h \frac{d^2 p}{dx^2} + k_r n p = \rho_{max} \mathcal{A}(x) & \text{(trous)} \end{cases}$$

- Conditions aux limites :

$$\begin{cases} \text{En } 0 : \frac{dp}{dx} \Big|_{x=0} = 0 ; & n \Big|_{x=0} = n_0 \\ \text{En } L : -D_h \frac{dp}{dx} \Big|_{x=L} = k p ; & \frac{dn}{dx} \Big|_{x=L} = 0 \end{cases}$$
- Hypothèses simplificatrices du modèle :
 - On néglige l'effet du champ électrique qui règne dans la photoanode (pas de drift).
 - On prend une loi cinétique élémentaire à l'interface en L (kp).

D_e, D_h : Coefficients de diffusion (m²/s)
 ρ_{max} : Rendement de génération des excitons
 $k_r n p$: Terme de recombinaison
 $\mathcal{A}(x)$: Loi de Bouguer $q_0 \alpha e^{-\alpha x}$ ou par résolution exacte des équations de Maxwell

Formulation intégrale

- Densité de photo-courant

$$j_n \Big|_{x=0} = D_e \int_0^L \rho_{max} \mathcal{A}(x_0) \rho_{coll}(x_0) dx_0$$
- Vitesse surfacique de production d'hydrogène

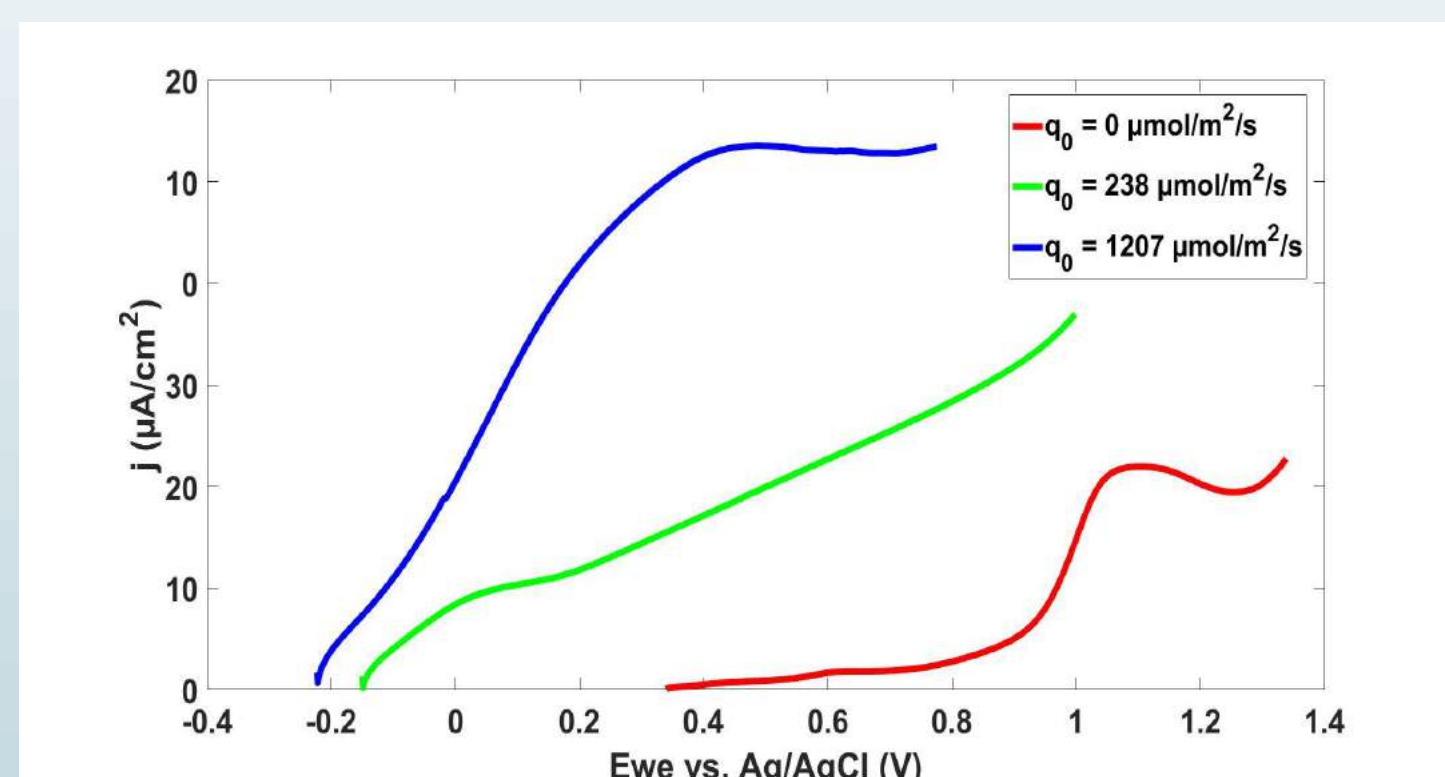
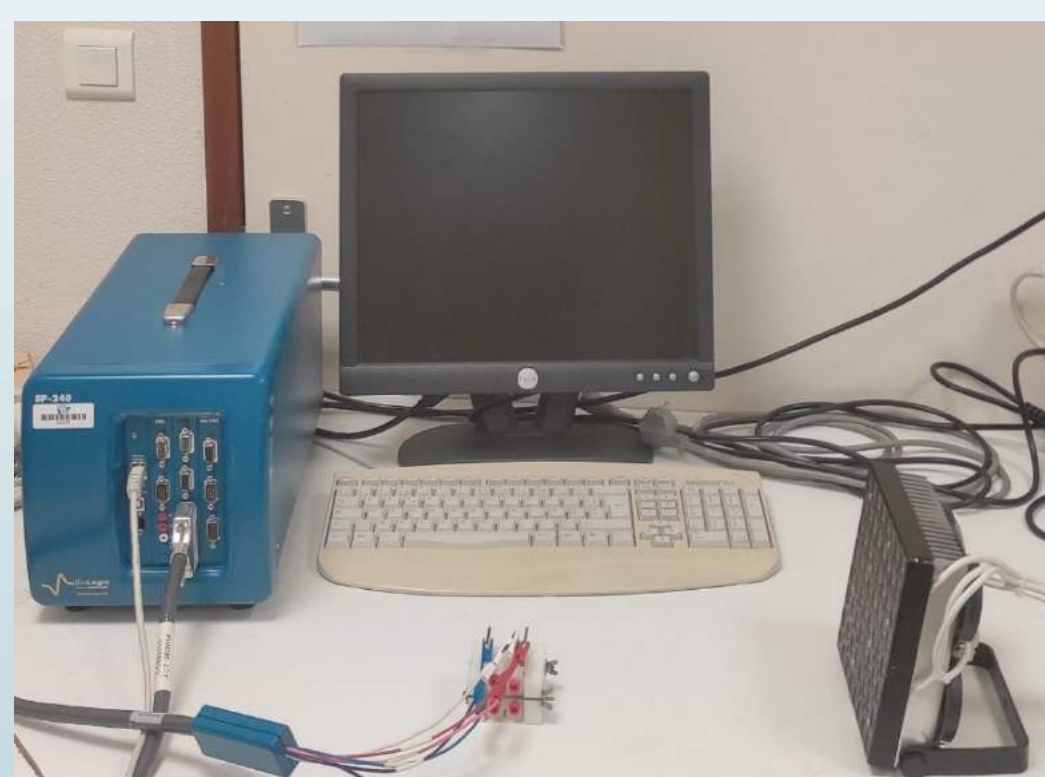
$$\langle s_{H_2} \rangle = \frac{1}{2} k p(L) = \frac{1}{2} \int_0^L \rho_{max} \mathcal{A}(x_0) \rho_{réac}(x_0) dx_0 = \frac{j_n \Big|_{x=0}}{2 N_A F}$$
- Efficacité énergétique

$$\eta_{PEC} = \frac{\langle s_{H_2} \rangle \Delta_r G^0}{q_0 \chi}$$

Hypothèse : on néglige tout phénomène limitant à la cathode et dans l'électrolyte.

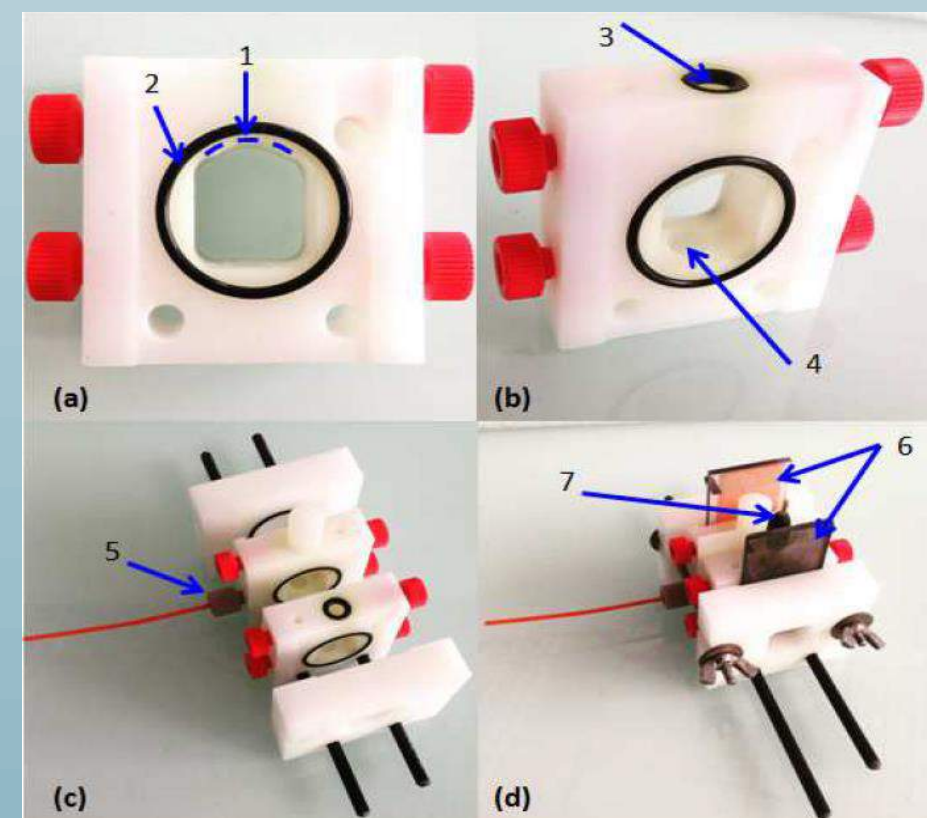
ρ_{coll} : Rendement de collection en 0 des électrons générés en x_0
 $\rho_{réac}$: Rendement de réaction en L des trous générés en x_0
 k : Constante cinétique de réaction (m/s)
 N_A : Nombre d'Avogadro F : Constante de Faraday
 $\Delta_r G^0$: Enthalpie libre de dissociation de l'eau (237 kJ/mol)
 χ : Terme de conversion intégrale de la densité de flux de photons en flux d'énergie rayonnante
 q_0 : Densité incidente de flux de photons (mole de photons/m²/s)

EXPÉRIMENTATIONS



La partie expérimentale consiste à mesurer la densité de photo-courant générée sous illumination à partir d'une source LED. Le montage électrochimique à trois électrodes fait intervenir un potentiostat qui permet d'imposer un potentiel à l'électrode de travail (photoanode).

- Les expériences de caractérisation de voltamétrie linéaire/cyclique et de spectroscopie d'impédance électrochimique, nécessaires à la compréhension détaillée du système, sont conduites dans la cellule « Minucell ».



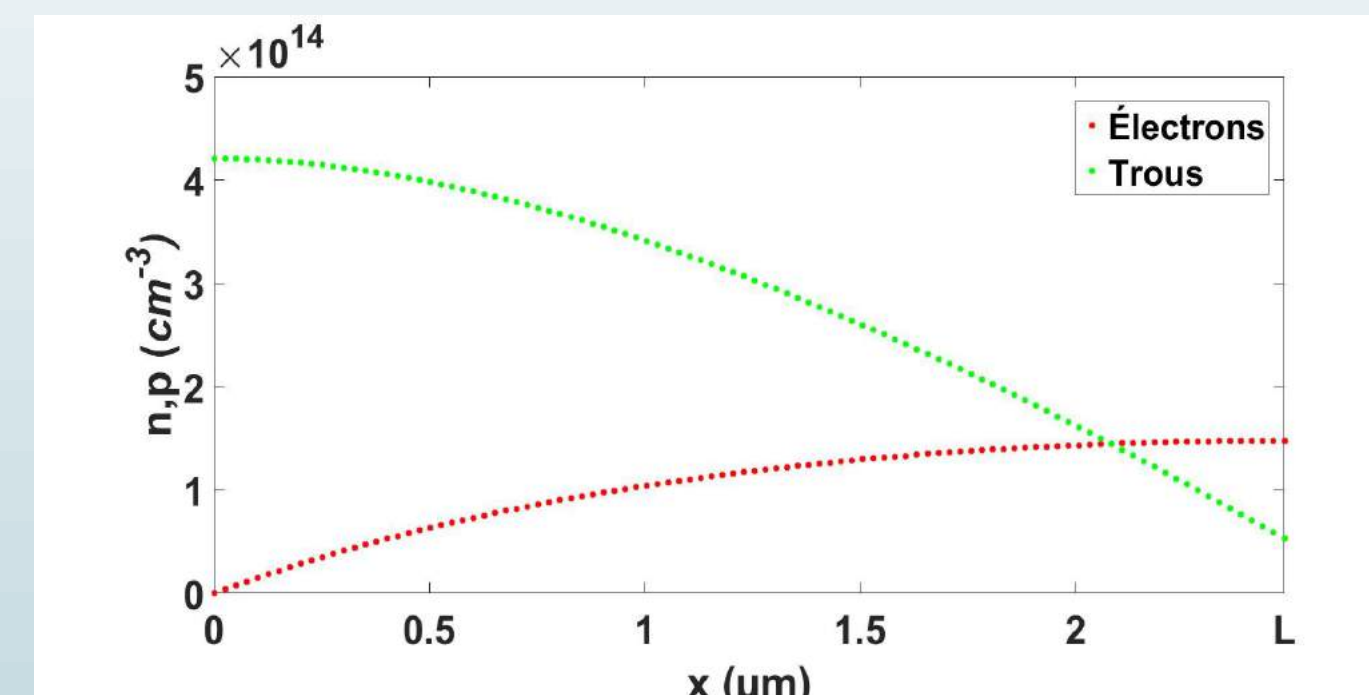
- Espace libre pour la collecte de gaz
- Joint torique
- Entrée de l'électrode de référence
- Cavité pour agitation magnétique d'électrolyte
- Connexion avec raccord Peek
- Photoanode et cathode
- Électrode de référence

Photoanode : lame de verre revêtu par un oxyde d'étain dopé fluor (FTO) transparent et conducteur sur lequel on dépose des couches de BiVO₄ par le protocole « Dip-Coating ». ces photoanodes sont synthétisées par les collègues de l'Institut de Chimie de Clermont-Ferrand (ICCF).

BiVO₄ : bande interdite modérée, bon positionnement des bandes, bonne absorption du rayonnement visible, faible bias.

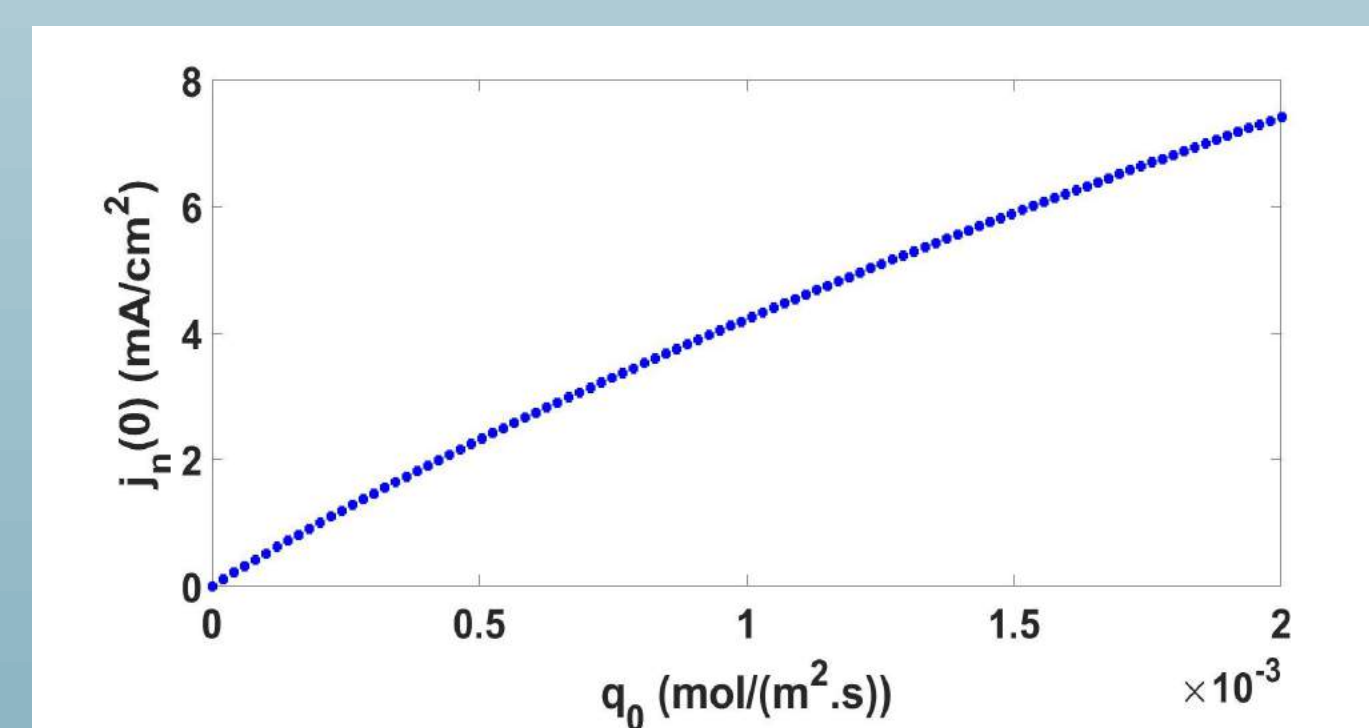


RÉSULTATS



Profils des densités

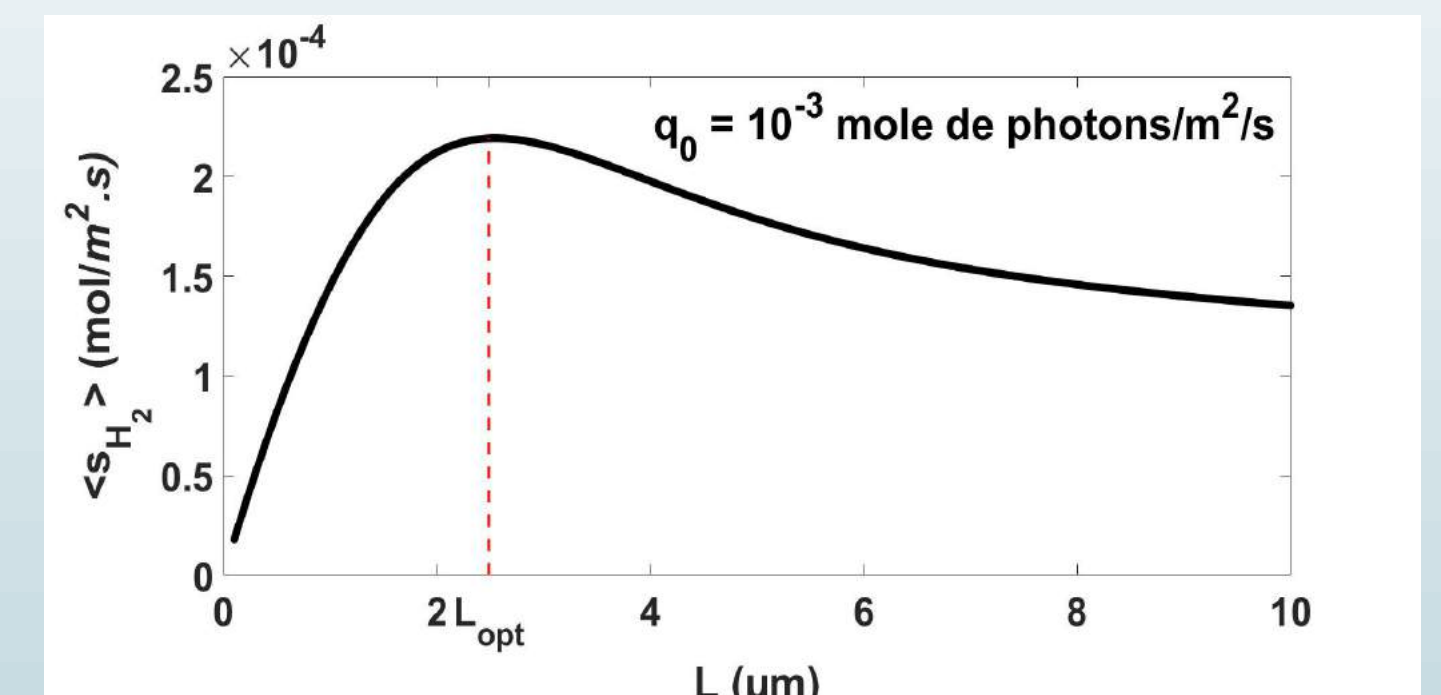
En résolvant numériquement les équations différentielles de diffusion-réaction, nous obtenons le profil des densités d'électrons et de trous en chaque point de l'épaisseur de la photoanode.



Densité de photo-courant collectée

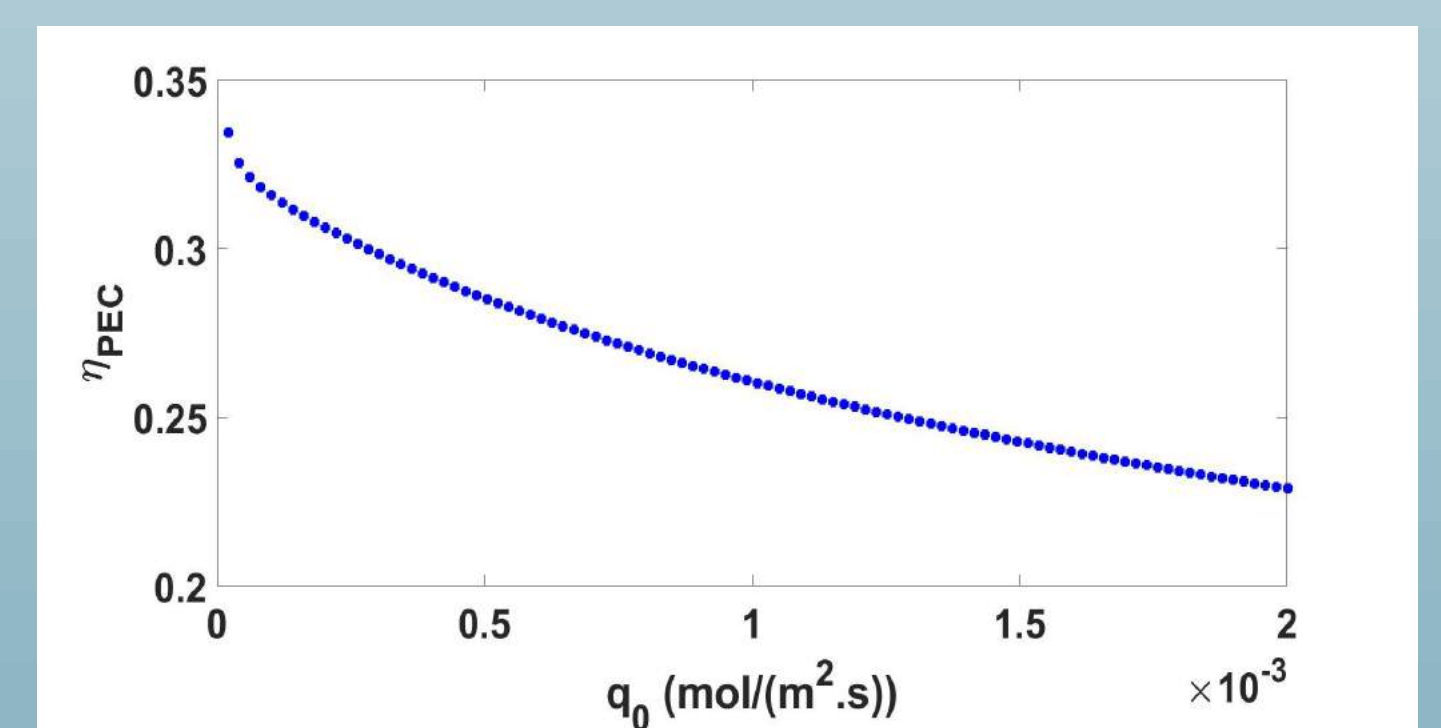
La densité de photo-courant collectée à l'interface FTO-électrolyte et circulant dans la cellule augmente avec la densité incidente de flux de photons. Il en va de même pour $\langle s_{H_2} \rangle$.

➔ On observe un couplage non linéaire



Vitesse surfacique de production d'hydrogène

En faisant varier l'épaisseur entre 100 nm et 10 µm, nous trouvons l'épaisseur optimale, pour laquelle la vitesse surfacique de production d'hydrogène est maximale.



Efficacité énergétique

L'efficacité thermodynamique de la cellule diminue en augmentant la densité incidente de flux de photons.

➔ Concept de dilution du rayonnement incident.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

- Le modèle à photoanode massive donne des informations préliminaires sur les profils des densités de porteurs, la densité de photo-courant collectée et l'efficacité énergétique. Il permet également d'identifier les principaux paramètres du modèle sur une géométrie simple et d'obtenir des informations utiles sur l'épaisseur optimale des dépôts. Étant donné les clés de fonctionnement d'une cellule photoélectrochimique, les conditions aux limites nécessitent une compréhension plus approfondie, en particulier pour formuler la cinétique réactionnelle à l'interface et établir un lien avec les potentiels et les courbures de bande.

En terme de perspectives :

- Pour confirmer la validité du modèle, des manipulations de caractérisation électrochimique doivent être menées sur des échantillons de lames plus homogènes sous illumination adaptée à la petite ouverture éclairée de la photoanode.
- Adapter le modèle à une photoanode poreuse.
- Étendre le modèle pour la cellule photoélectrochimique complète.

Motivation.

- Suppose you are to run a race on a flat field with no other constraint than to pass at least once through all the check points (figure 1) and come back to the first check point you visited. **How would you choose your path?**
- This is the Euclidean Traveling Salesman Problem (ETSP) in the plane, an NP-hard problem [1]. It roughly means that any exact algorithm will take “too much” time compared to the number of check points; the best one we know might require some $2^{\sqrt{n}}$ steps for n check points (32 for $n = 25$, 1024 for $n = 100$, 32768 for $n = 225$, ...) [2].
- Faster algorithms were designed to approximate the solution (see the PTAS in [3]), but, sometimes, they give tours like the one in figure 2. **Can you find some shortcuts to improve the tour?**
- The answer: any pair of crossing segments can be replaced by a non-crossing one without breaking the tour, but strictly decreasing its total length. This operation is an *untangle* and is shown in figure 3.
- We can repeat this operation until the tour is crossing-free. **But, will it ever end?** Indeed, figure 3 shows that some intersections may disappear while other may appear. Regardless, the answer is yes, it will, as the total length keeps strictly decreasing and there is a finite number $\binom{n-1}{2}$ of possible tours.
- In 1981, Jan van Leeuwen and Annaka A. Schoone [4] showed an even better result: there cannot be more than n^3 untangles. They used the following *potential* (i.e. a number associated to the current tour): the number of one-point intersections between the set of all possible lines joining any two of the initial check points and the set of the open segment of the current tour. This number cannot be more than n^3 and must decrease of at least one after each untangle (figure 13). Figures 7 to 12 show these intersections in red throughout all the untangle steps we have seen so far.
- This upper bound has not been improved ever since and no lower bound has been published either.

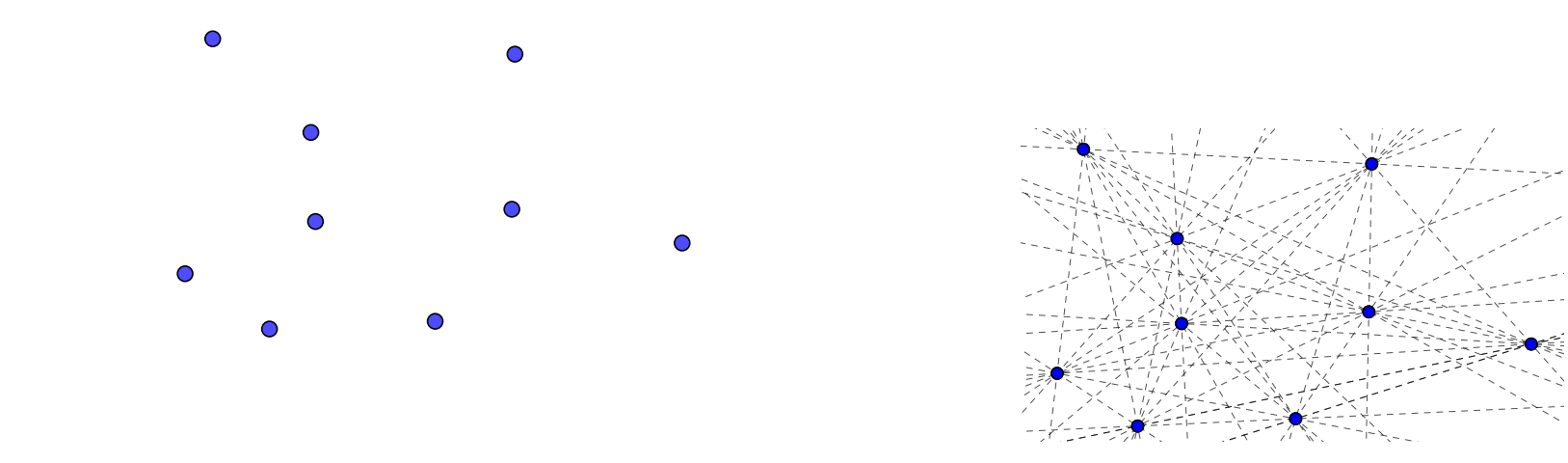


Figure 1: The check points of a race.

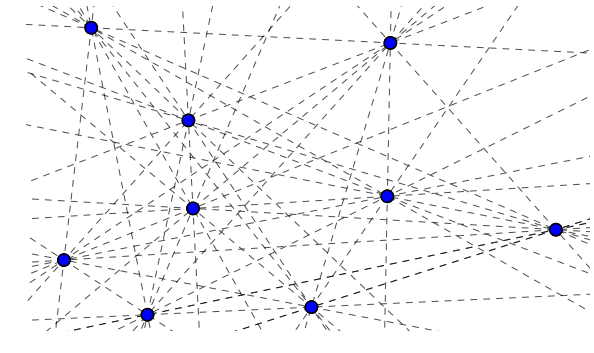


Figure 7: The set of lines.

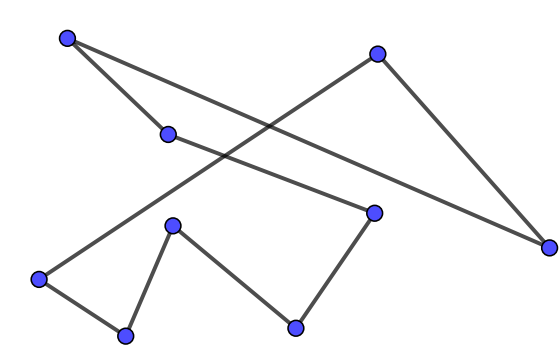


Figure 2: A tour...

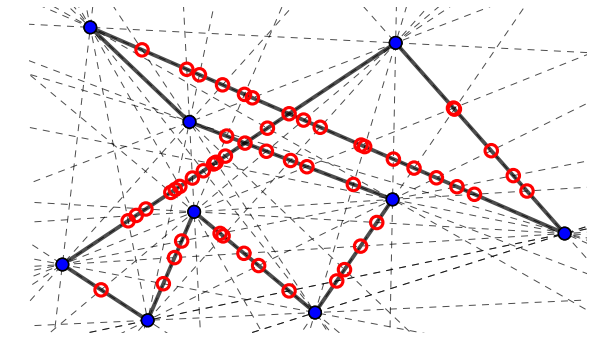


Figure 8: There are 53 red intersections...

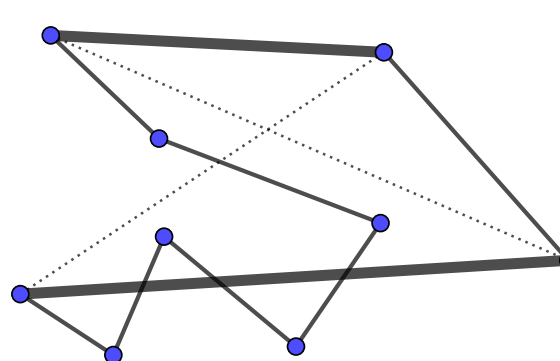


Figure 3: after one step...

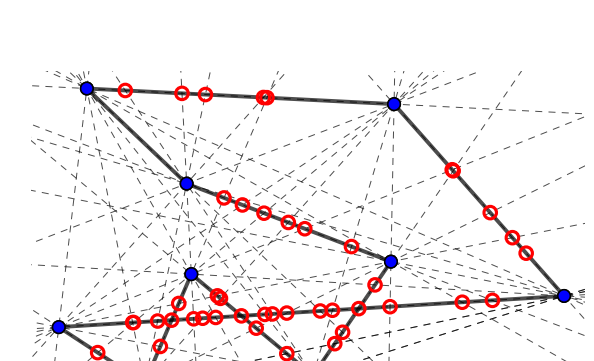


Figure 9: now, there are 43...

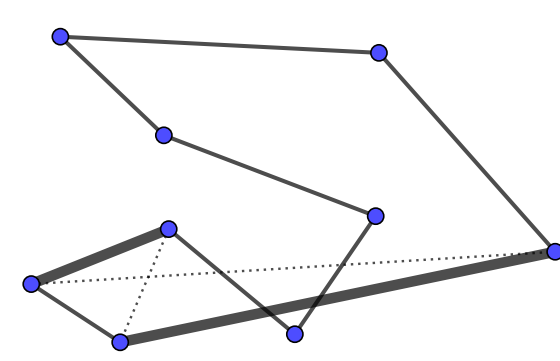


Figure 4: after one more...

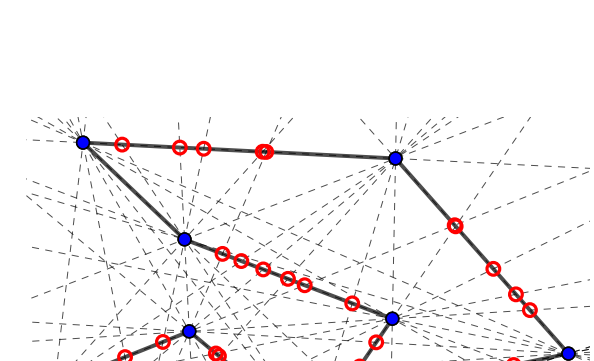


Figure 10: then 38...

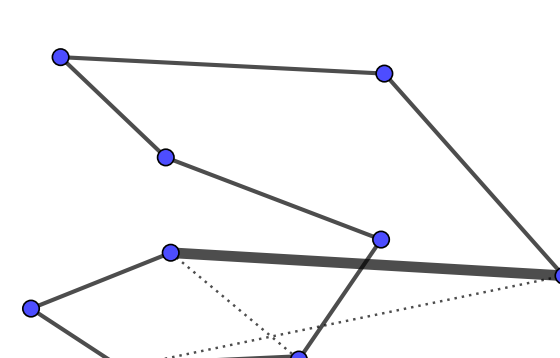


Figure 5: and so on...

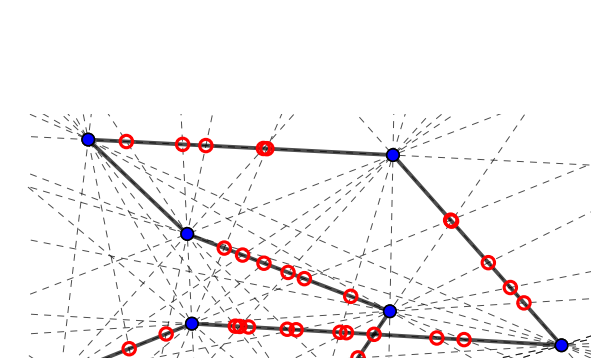


Figure 11: and 34...

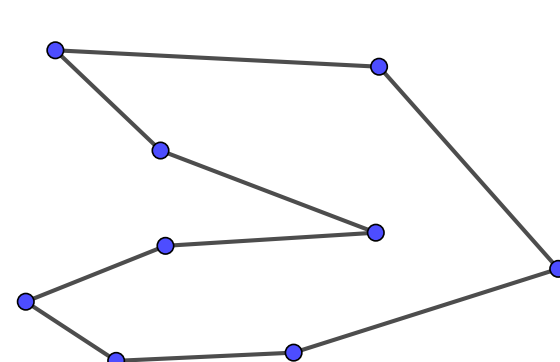


Figure 6: until the tour is crossing-free.

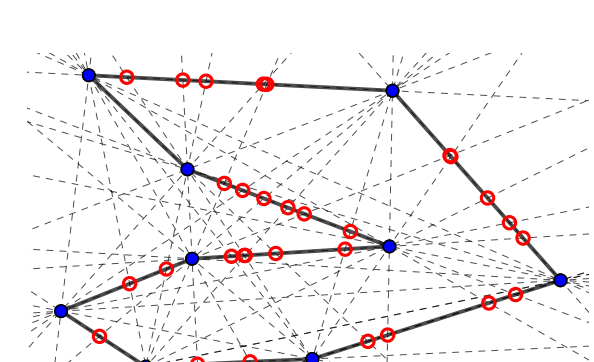


Figure 12: and finally, 30.

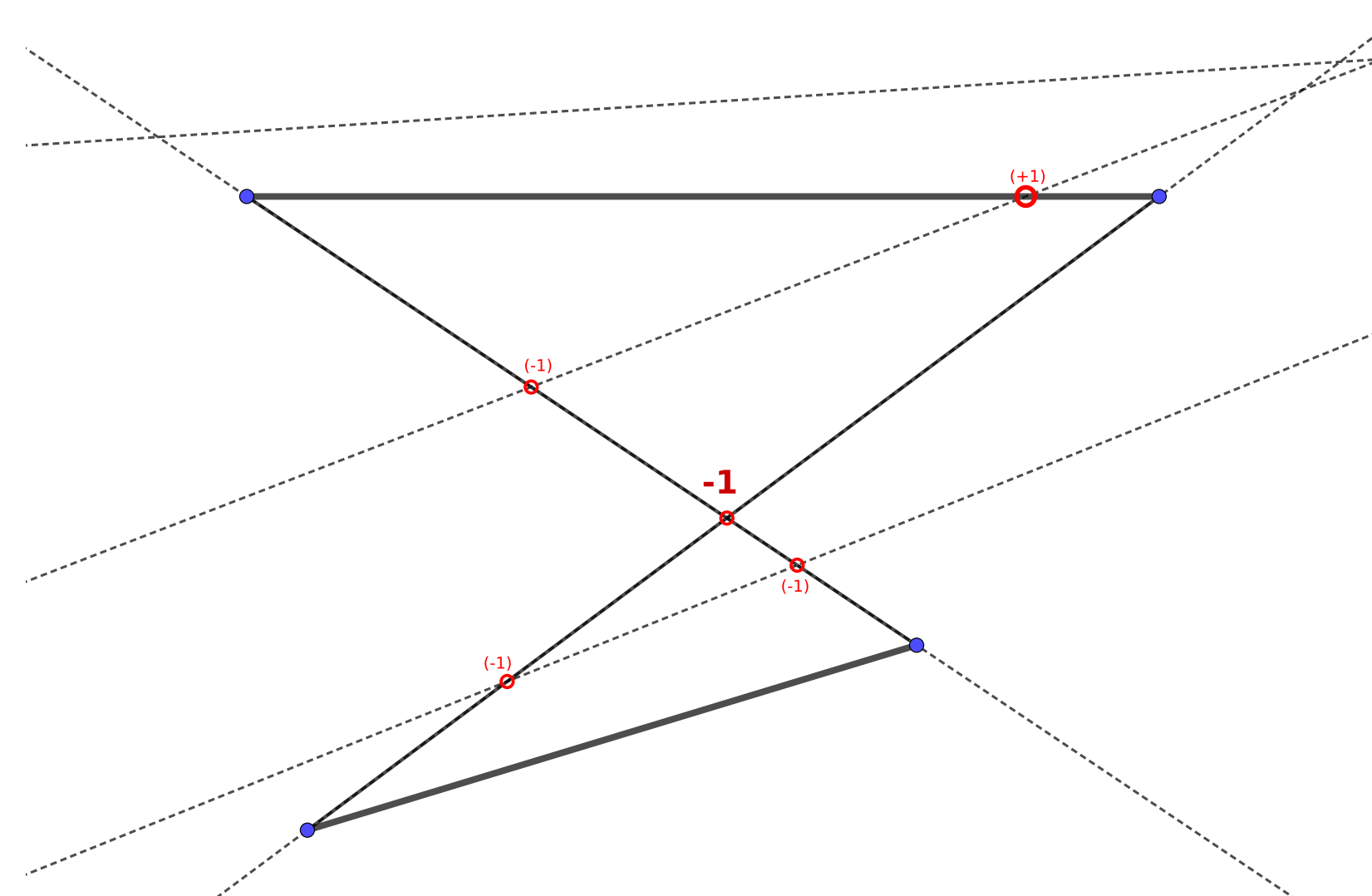


Figure 13: The number of red intersections decreases of at least 1.

General Setting.

- It appears that all the tour potentials we know of are actually valid in a more general setting. Imagine that a check point is made of two points at the same position: a green one and a blue one. Figure 14 shows them a little apart from each other. The tour has become a *perfect matching*.
- It turns out that this setting has other applications, for instance, if the check points can be made of an arbitrary number of colored points, then they can model atoms in a molecule, which we can reconfigure just as we did with a tour, but this time aiming at a list of all its isomers [5].

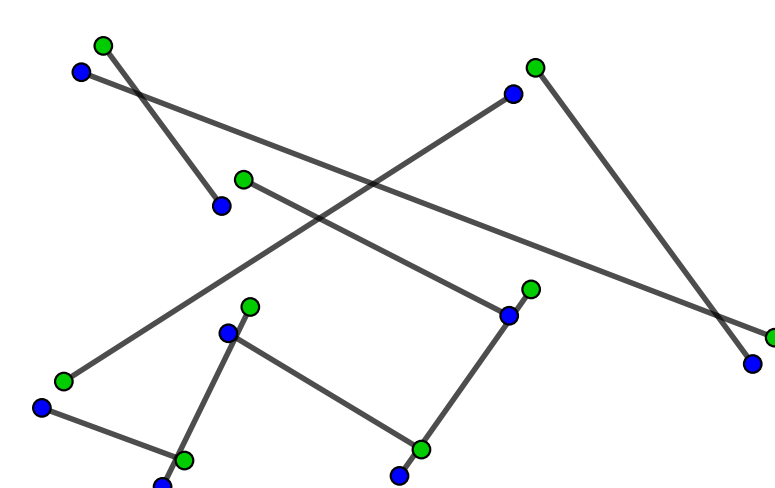


Figure 14: A perfect matching representing a tour.

Lower Bound.

- Can you find an initial tour and a way to untangle it with as many steps as you can? If you find this kind of example with $\Omega(n^3)$ steps, it would mean we cannot improve the $O(n^3)$ upper bound! We found an example with $\Omega(n^2)$ steps based on the initial tour in figure 15. **Can you untangle it the long way?** Hint: start with only two peaks, then bubble sort them.

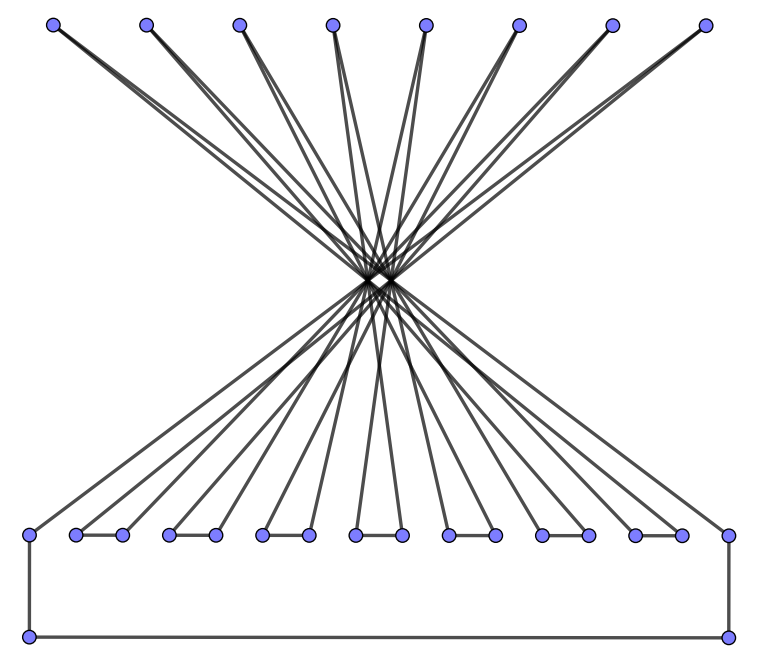


Figure 15: A tour that can be untangle with $\Omega(n^2)$ steps.

Upper Bound for Special Cases.

- In the case where all the check points are on a common circle (figure 16), an untangle cannot create intersections like before. Therefore, there can be no more steps than there are intersections in the initial tour, which, itself is upper bounded by n^2 .
- Can we reduce the general case to this good case? Our idea is to move the check points in such a way that they end on a common circle but without disturbing the given untangling process (say, the one drawn in figures 2 to 6). To this end, we draw all the crossing pairs of segments that are to be untangle (the green crossings in figure 17), then we try to move them without breaking the intersections. **Will one of the green crossings break after the moves of figure 17? If yes, can you move the points differently to fix this?**
- Unfortunately, there are families of counterexamples. Figure 18 is one: the points cannot be moved to the circle without breaking at least a green crossing. **Can you find another one? Can you give a corresponding untangling process?** Hint: you may add extra points.

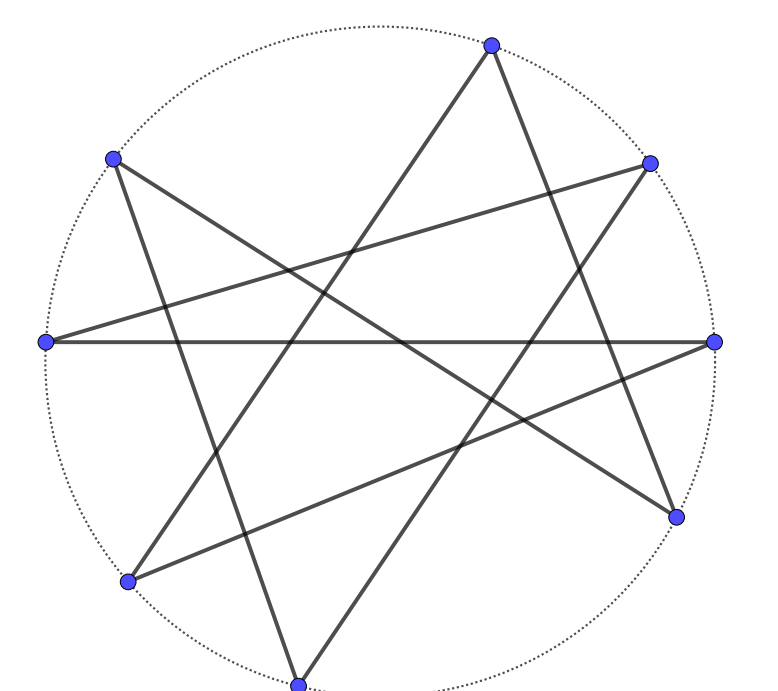


Figure 16: A tour on a circle with 17 intersections can be untangled at most 17 times.

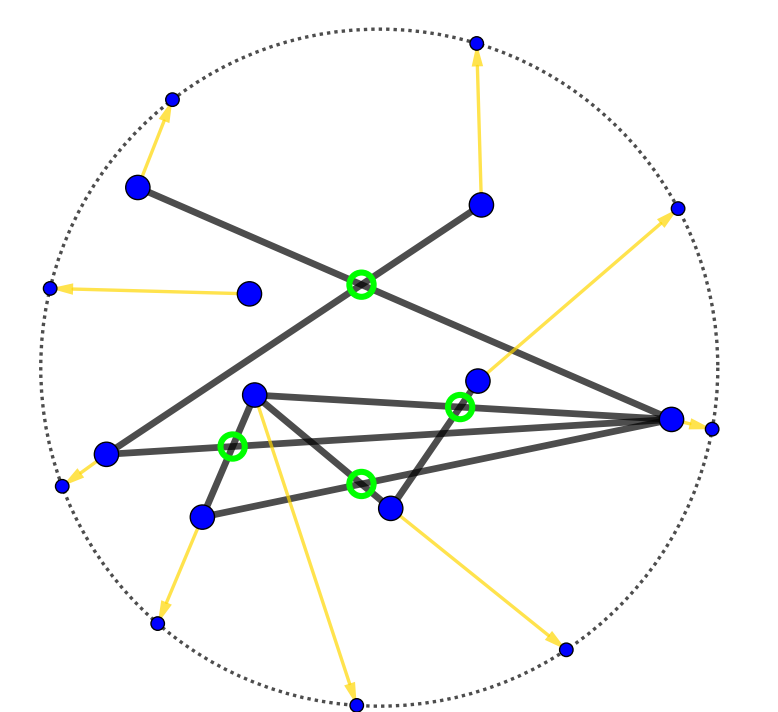


Figure 17: Moving the points to a circle.

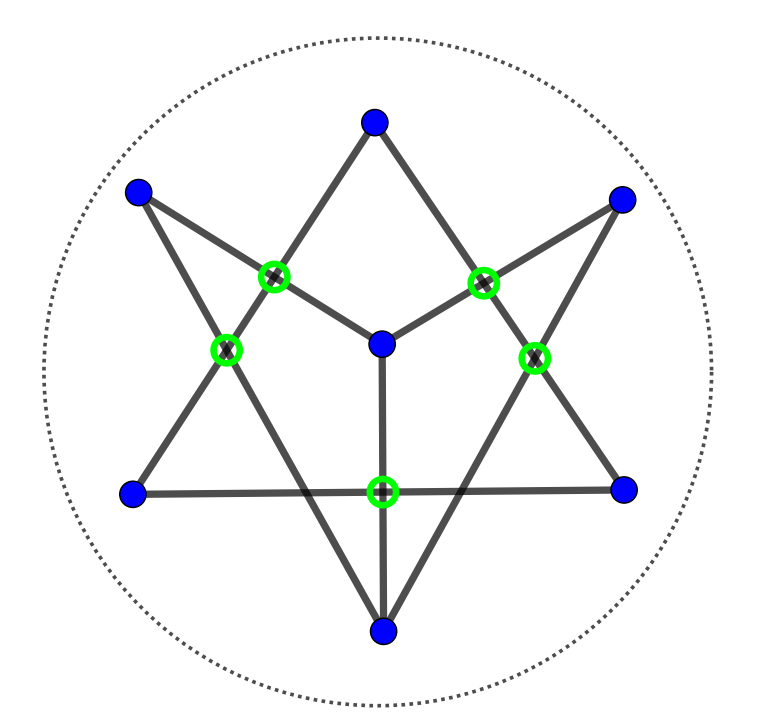


Figure 18: Counterexample.

References

- Christos H. Papadimitriou. The Euclidean Traveling Salesman Problem is NP-Complete. *Theor. Comput. Sci.*, 4(3):237–244, 1977.
- Mark de Berg, Hans L. Bodlaender, Sándor Kisfaludi-Bak, and Sudeshna Kolay. An ETH-Tight Exact Algorithm for Euclidean TSP, 2018.
- Sanjeev Arora. Polynomial time approximation schemes for Euclidean TSP and other geometric problems. In *37th Conference on Foundations of Computer Science (FOCS 1996)*, pages 2–11, 1996.
- J Van Leeuwen. Untangling a traveling salesman tour in the plane. In *7th Workshop on Graph-Theoretic Concepts in Computer Science (WG 1981)*, 1981.
- Alice Joffard. *Graph domination and reconfiguration problems*. PhD thesis, Université Claude Bernard Lyon 1, 2020.

Introduction et contexte

Le sapin pectiné (*Abies alba*) est une essence de résineux emblématique de la région Auvergne Rhône-Alpes (AuRA). La région AuRA est celle qui contient le plus de bois sur pied en France, et le sapin représente 17% de cette forêt.

La profession bois de la région s'appuie donc beaucoup sur le sapin : charpente, emballage-coffrage, menuiserie, etc.¹

Néanmoins, la profession fait face à deux problèmes associés à l'utilisation du sapin pectiné dans la construction :

- Une forte proportion de gros bois dans la forêt de sapin, rendant difficile son exploitation par les scieries;
- Une forte proportion de poches d'eau dans le duramen (la population de sapins affectés est estimée à 90%²), impliquant des difficultés de séchage.

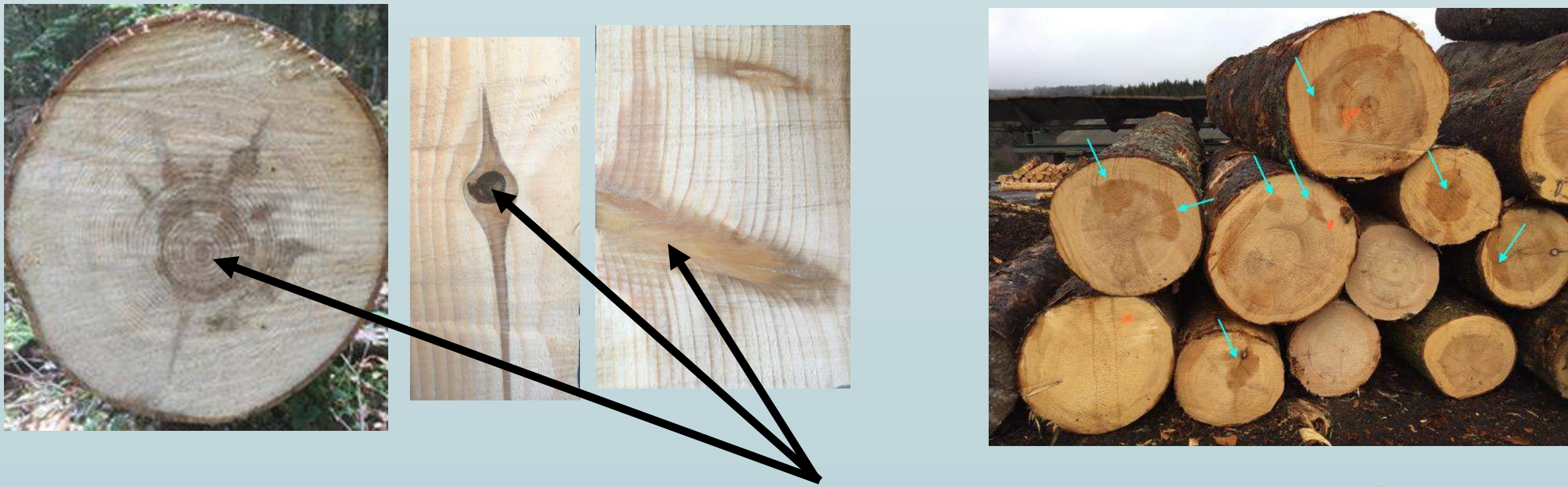


Illustration des poches d'eau dans le sapin pectiné²

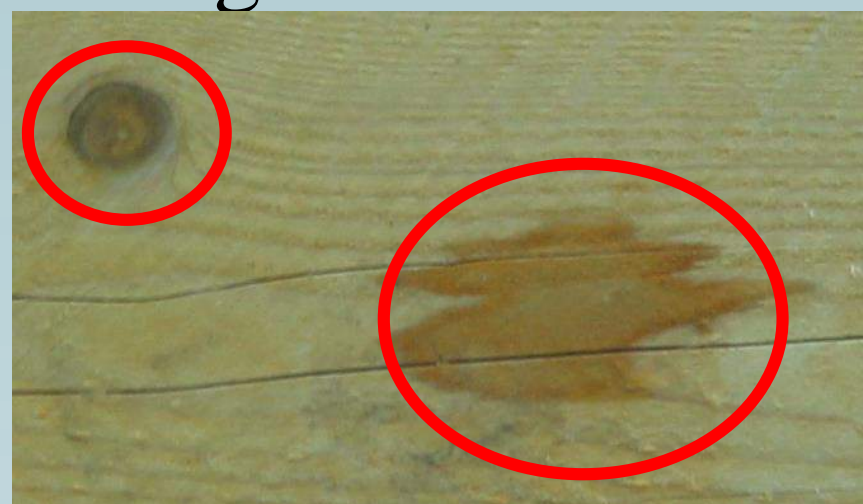
Le travail de la thèse consiste à étudier les impacts associés à ce problème d'humidité. Peut-on s'affranchir du séchage et construire avec du sapin à l'état vert ou partiellement séché ? Quels sont les impacts d'une humidité élevée sur les évolutions des fissures, des paramètres de fluage ou des paramètres de diffusion ?

Stratégie et méthodes

La thèse présente une approche expérimentale. D'un côté, une campagne d'essais sur un an est mise en place dans le but de comprendre l'impact d'une teneur en eau plus ou moins élevée (même au-delà du PSF) sur un essai de fluage en extérieur abrité. D'un autre côté, des essais de diffusion par pesées successives ont lieu pour mieux comprendre les mécanismes de transport d'eau dans le bois de sapin d'AuRA.

1. Les essais de fluage se basent sur une approche phénoménologique, représentant toute la complexité des phénomènes mis en jeu par un élément de structure :

Poutres en **dimensions d'emploi**. Présence de nombreuses hétérogénéités.

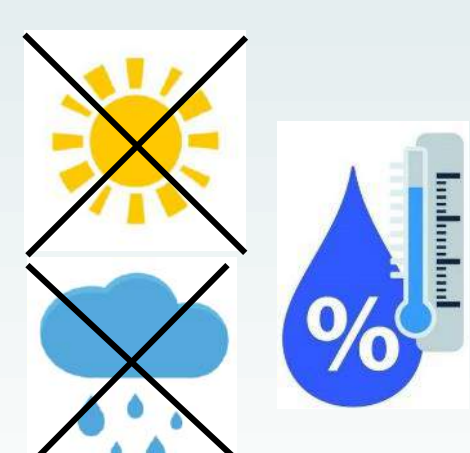


Essais de fluage

Poutres **entaillées** : suivi des processus de fissuration.



Extérieur abrité : Suivi des variations de température et d'humidité relative. Pas d'exposition directe à la pluie ou au soleil.



Au total 18 essais de fluage d'une durée de 4 mois chacun devraient être réalisés. Six pendant la période estivale, six en automne et six en hiver.



Illustration des essais de fluage en cours

2. Les essais de diffusion par pesées successives consistent à déterminer les propriétés hydriques du bois de sapin pectiné. Pour cela, six échantillons de sapin issus du même lot que les échantillons pour le fluage ont été installés sur des balances effectuant des pesées automatiquement.



Illustration des pesées automatiques : un plateau piloté par des servomoteurs monte et redescend l'échantillon toutes les 5 minutes.

Les échantillons sont colmatés sur certaines faces dans le but de ne permettre que la diffusion dans une ou deux directions. Cinq échantillons représentent respectivement la diffusion longitudinale, transversale, radiale, tangentielle et l'état hydrique des poutres chargées en fluage pour le dernier échantillon.

Discussion

La campagne expérimentale a débuté le 3 mai 2021. Peu de résultats sont pour le moment disponibles, mais nous espérons observer un couplage entre l'effet mécano-sorptif et les mécanismes de rupture, des profils de rupture spécifiques à du bois vert, ou encore des différences entre un fluage sur bois vert et sur bois sec.

A terme, les résultats de tous ces essais (pesées automatiques et fluage) devraient permettre de bâtir un modèle éléments finis couplant diffusion d'eau dans le bois, viscoélasticité et rupture.

Enfin, les méthodes de mesures utilisées dans les essais sont nouvelles et la campagne expérimentale est un moyen de les tester. C'est notamment le cas pour la méthode de suivi de marqueurs ArUco.

Bibliographie

1. Martial Taulmesse. *Etude de marché : produits en sapin*. Colloque « le sapin; où en est on ? ». 24 octobre 2019.
2. INRAe, Ludovic Martin. « Projet SAP IN – Comprendre le mécanisme de formation des poches d'eau dans le duramen et le dépérissement du sapin pectiné ».

Problèmes d'énumération

La question que l'on se pose :

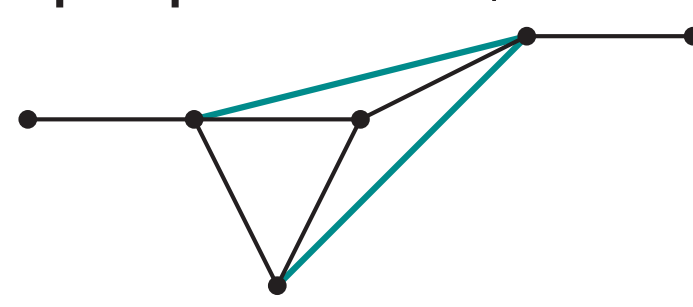
« Étant donné un ensemble S , donner tous les objets de type X dans S . »

- ▶ Tous les cliques, stables, cycles... d'un graphe
- ▶ Tous les sous-graphes induits d'un graphe G qui vérifient une propriété donnée
- ▶ Tous les trajets en train de Clermont-Ferrand à Bordeaux etc.

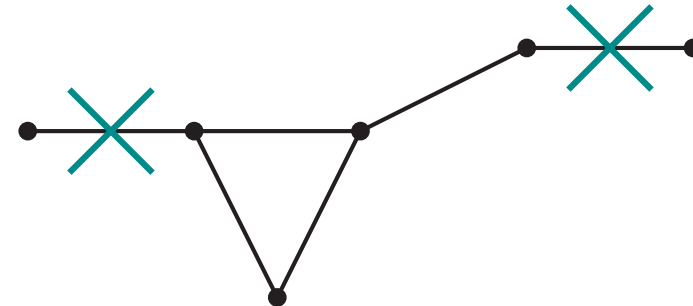
Complétions, délétions, sous-graphes induits

Soit $G = (V, E)$ un graphe. Étant donnée une propriété de graphes Π héréditaire et vérifiable en temps polynomial, on s'intéresse à trois problèmes.

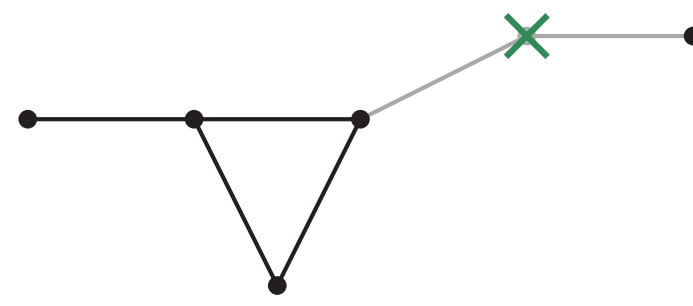
- ▶ **Complétion** : on ajoute à G un ensemble d'arêtes F tel que $H = (V, E \cup F)$ satisfait la propriété Π ;



- ▶ **Délétion** : on enlève à G un ensemble d'arêtes F tel que $H = (V, E \setminus F)$ satisfait la propriété Π ;



- ▶ **Sous-graphe induit** : on enlève à G un ensemble de sommets X tel que $G[V \setminus X]$ satisfait la propriété Π .



On dit que la complétion (ou délétion) est *minimale* si l'ensemble des arêtes ajoutées (ou enlevées) est minimal pour l'inclusion. Le sous-graphe induit est *maximal* si l'ensemble des sommets enlevés est minimal pour l'inclusion.

Objectifs

Trouver des algorithmes *efficaces* (au moins en théorie) pour énumérer les complétions, délétions, sous-graphes induits d'un graphe G pour qu'il vérifie une propriété Π prédéterminée.

Entrée : un graphe G (qui n'a pas la propriété Π)

Sortie : énumérer, au choix :

- ▶ toutes les complétions minimales en graphe Π ;
- ▶ toutes les délétions minimales en graphe Π ;
- ▶ tous les sous-graphes Π induits maximaux,

Complexités de l'énumération

Le nombre de solutions à énumérer peut être si grand (possiblement exponentiel) qu'il est impossible de toutes les avoir en temps polynomial. Pour capturer la notion d'efficacité, on considère des complexités spéciales qui dépendent de la taille de l'entrée n et du nombre de solutions N .

- ▶ **Output-polynomial** : $\text{poly}(n, N)$ en tout ;
- ▶ **Incrémental-polynomial** : $\text{poly}(n, k)$ pour générer la $k^{\text{ème}}$ solution ;
- ▶ **Délai-polynomial** : $\text{poly}(n)$ pour la première solution et entre deux solutions.

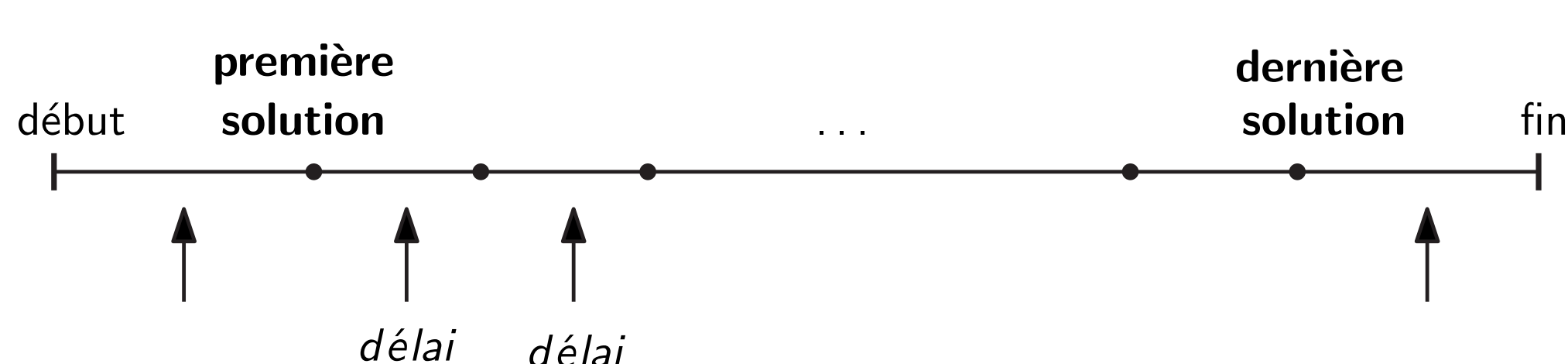
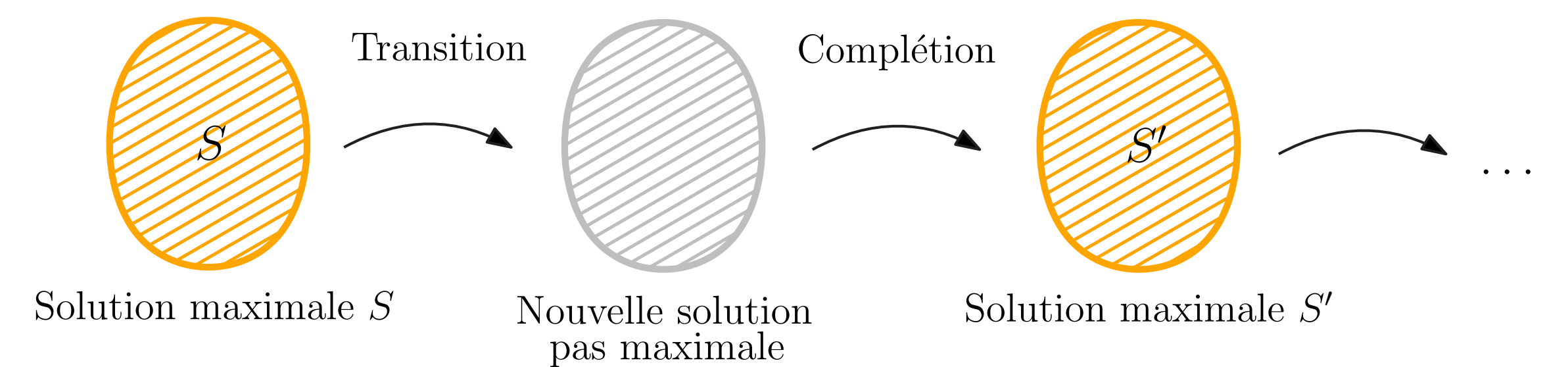


FIGURE 1: Temps d'exécution d'un algorithme d'énumération

Principe général

On explore tout l'espace des solutions maximales (ou minimales). Pour cela, on part d'une solution maximale et on lui applique une opération bien choisie. Le résultat est une solution qui n'est pas forcément maximale, il faut en général la compléter en une solution maximale.



Applications

- ▶ Applications aux bases de données (notamment réparation)
- ▶ Estimation efficace de paramètres de graphes difficiles à calculer : *tree-width* (complétions cordales), *tree-depth* etc.

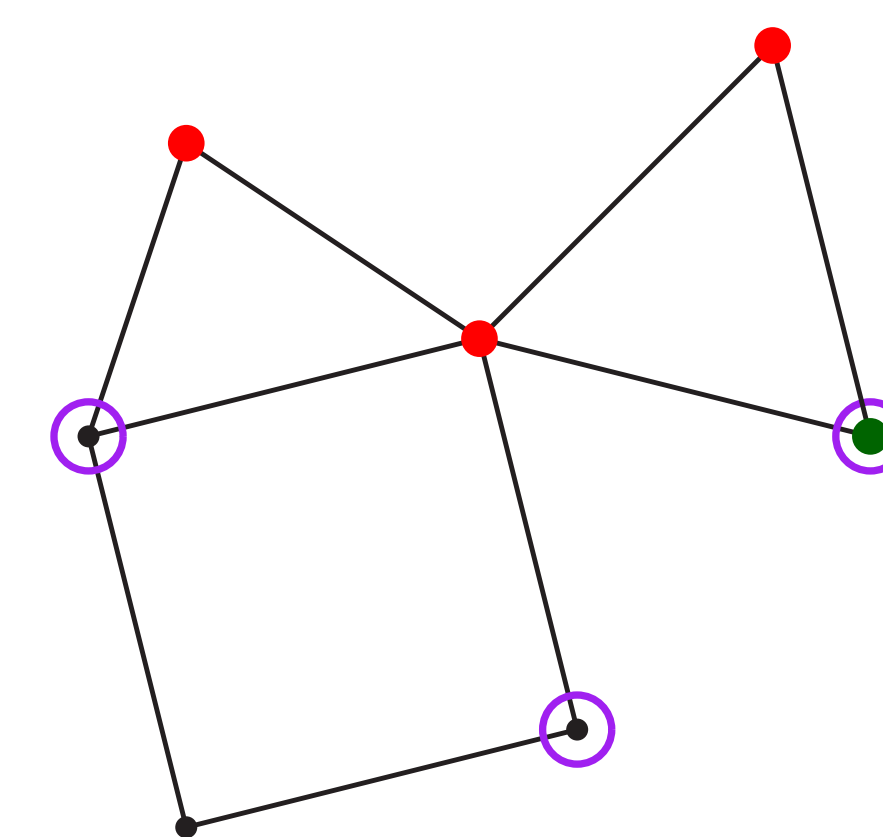
Classes de graphes

Propriété Π :	Sous-graphe induit maximal	Délétions minimales	Complétions minimales
Split graphs	poly. delay, poly. space via <i>restricted problem</i>	poly. delay, poly. space via self-complementarity	poly. delay, poly. space via ad-hoc bijection
Cographe	poly. delay via <i>Proximity Search</i>	poly. delay via <i>Proximity Search</i>	poly. delay via self-complementarity
Graphes sans P_3 induit	poly. delay, poly. space via <i>restricted problem</i>	poly. delay via <i>Proximity Search</i>	poly. delay trivial
Threshold graphs	poly. delay, poly. space via <i>restricted problem</i> [2]	poly. delay via <i>Proximity Search</i>	poly. delay via self-complementarity
Trivially Perfect graphs	poly. delay via <i>Proximity Search</i>	poly. delay via <i>Proximity Search</i>	?
Graphes cordaux	poly. delay, poly. space via <i>Proximity Search</i> [3]	poly. delay via <i>Proximity Search</i> [3]	poly. delay, poly. space via <i>Proximity Search</i>

TABLE 1: Résumé des résultats obtenus

Problème d'extension

Étant donné un graphe G et une propriété Π , un ensemble de sommets obligatoires A et un ensemble de sommets interdits B , existe-t-il un sous-graphe induit *maximal* qui contient A , évite B , et qui vérifie Π ?



Ici, les sommets entourés forment un *stable maximal* qui contient A et évite B .

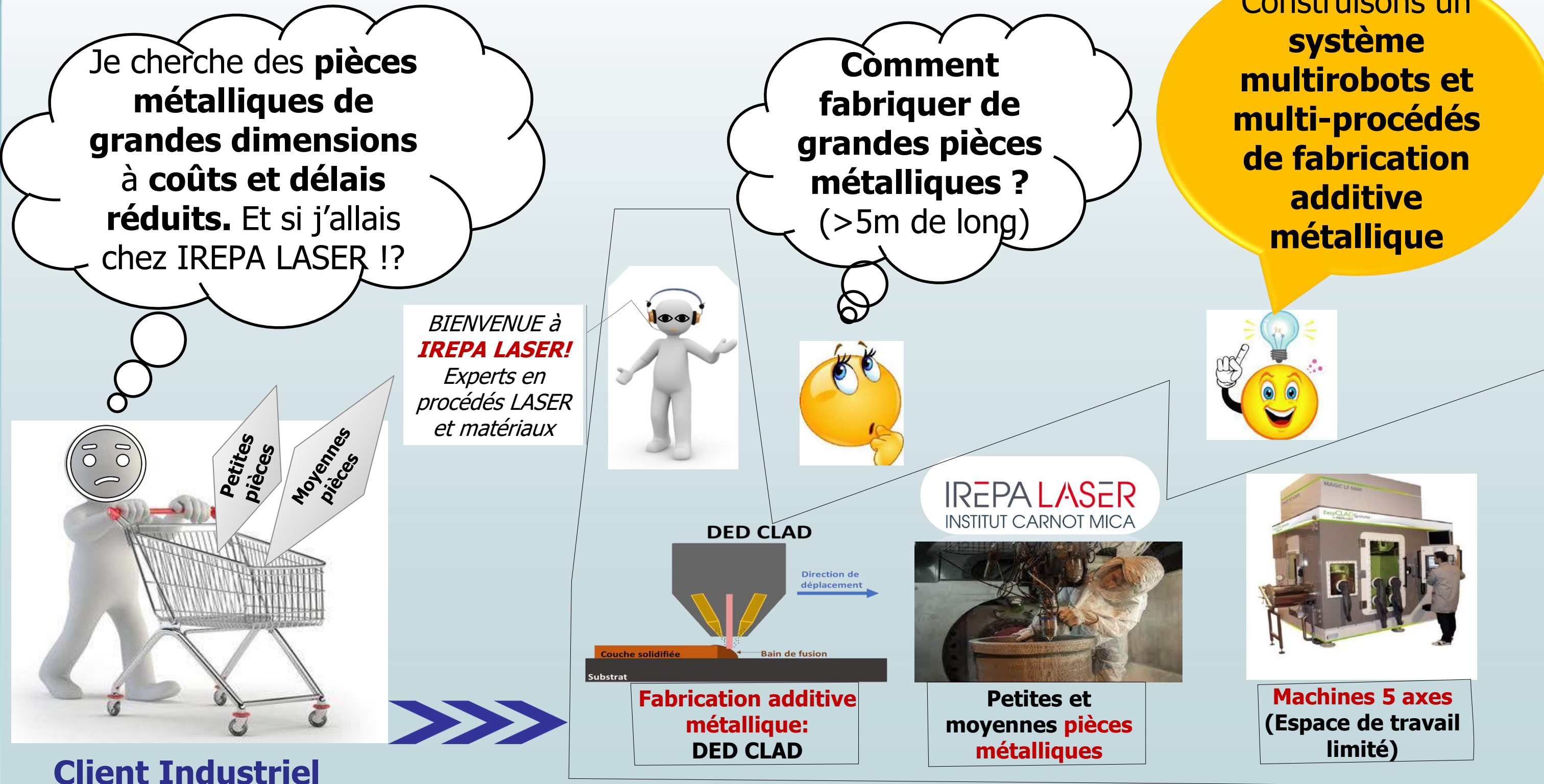
- ▶ Résoudre ce problème *en temps polynomial* donnerait un algorithme efficace et général pour l'énumération des sous-graphes maximaux induits.

Théorème [1] : Le problème d'extension est NP-complet.

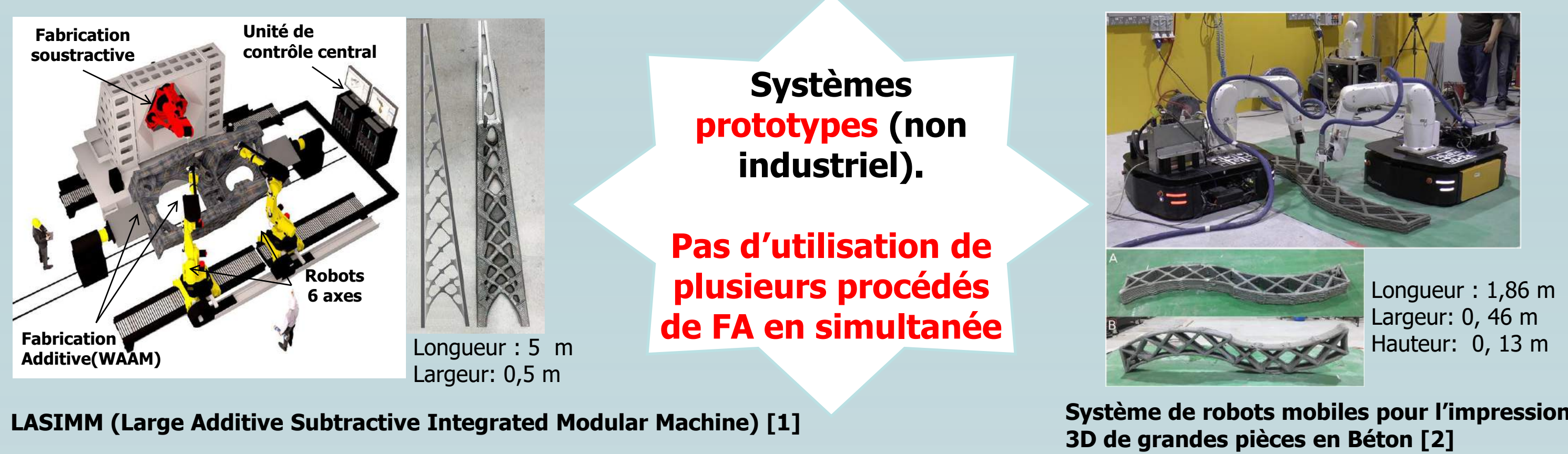
Bibliographie

- [1] C. Brosse, A. Lagoutte, V. Limouzy, A. Mary, and L. Pastor. Efficient enumeration of maximal split subgraphs and sub-graphs and related classes. *submitted*, 2020.
- [2] Y. Cao. Enumerating maximal induced subgraphs. *arXiv preprint arXiv :2004.09885*, 2020.
- [3] A. Conte, R. Grossi, A. Marino, and L. Versari. Listing maximal subgraphs satisfying strongly accessible properties. *SIAM J. Discrete Math.*, 33(2) :587–613, 2019.

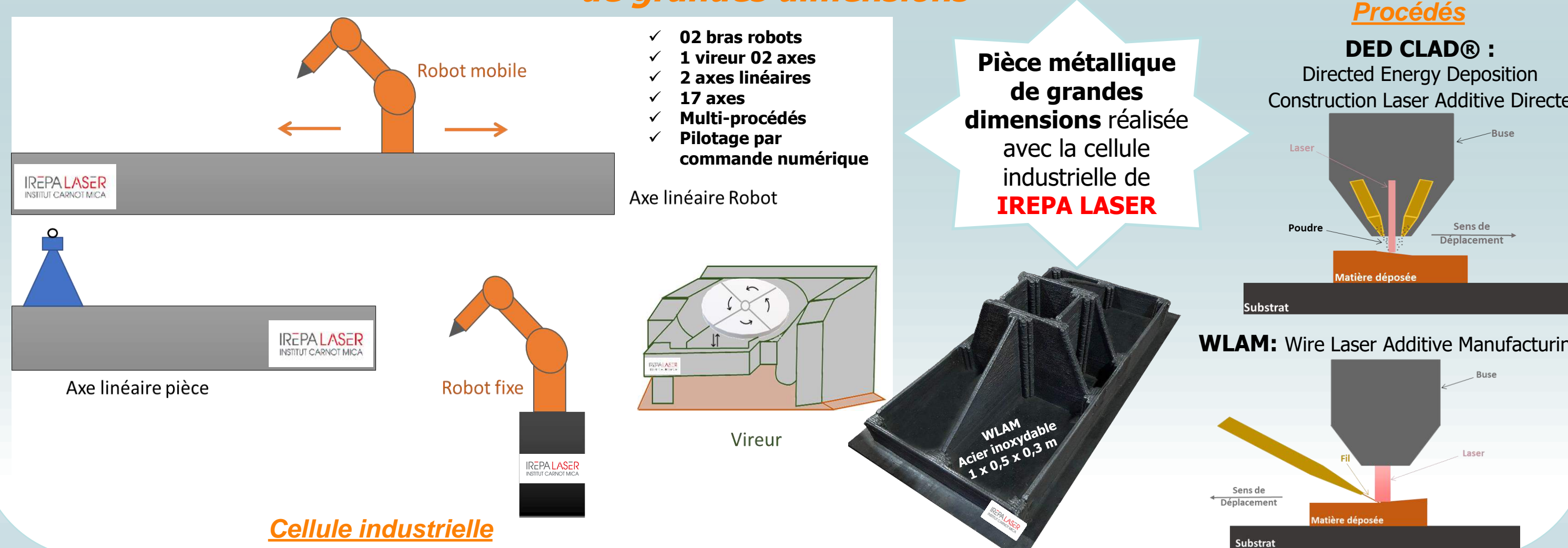
1- Contexte



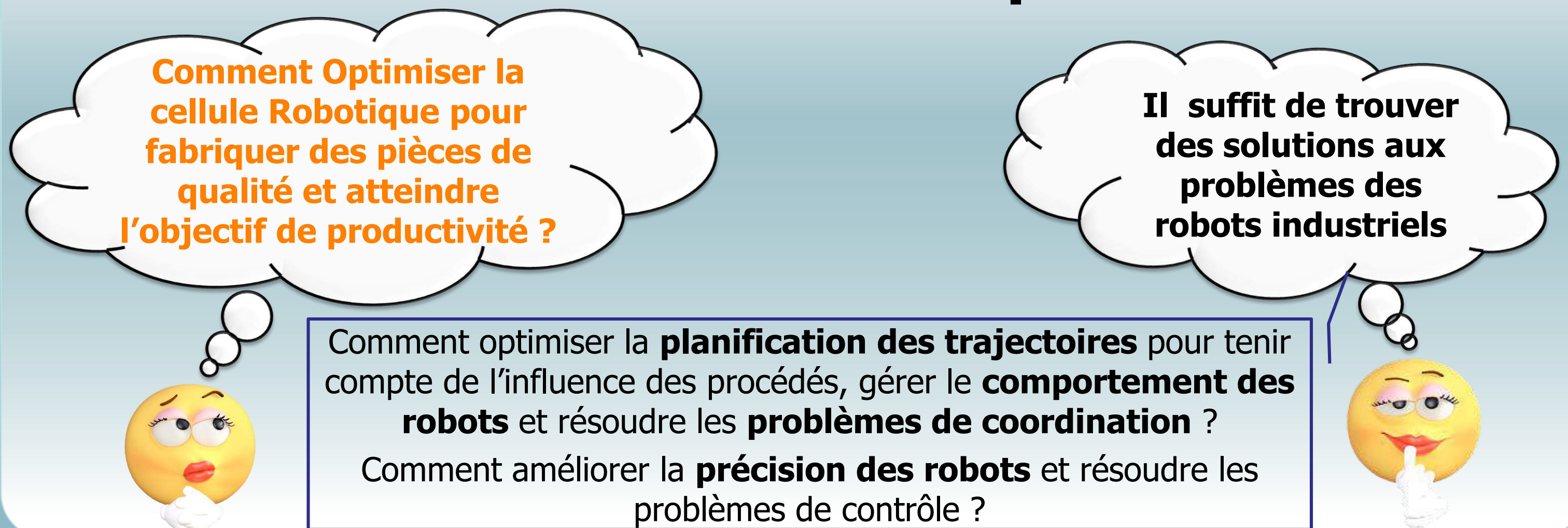
Systèmes Robotiques de Fabrication Additive de pièces de grandes dimensions



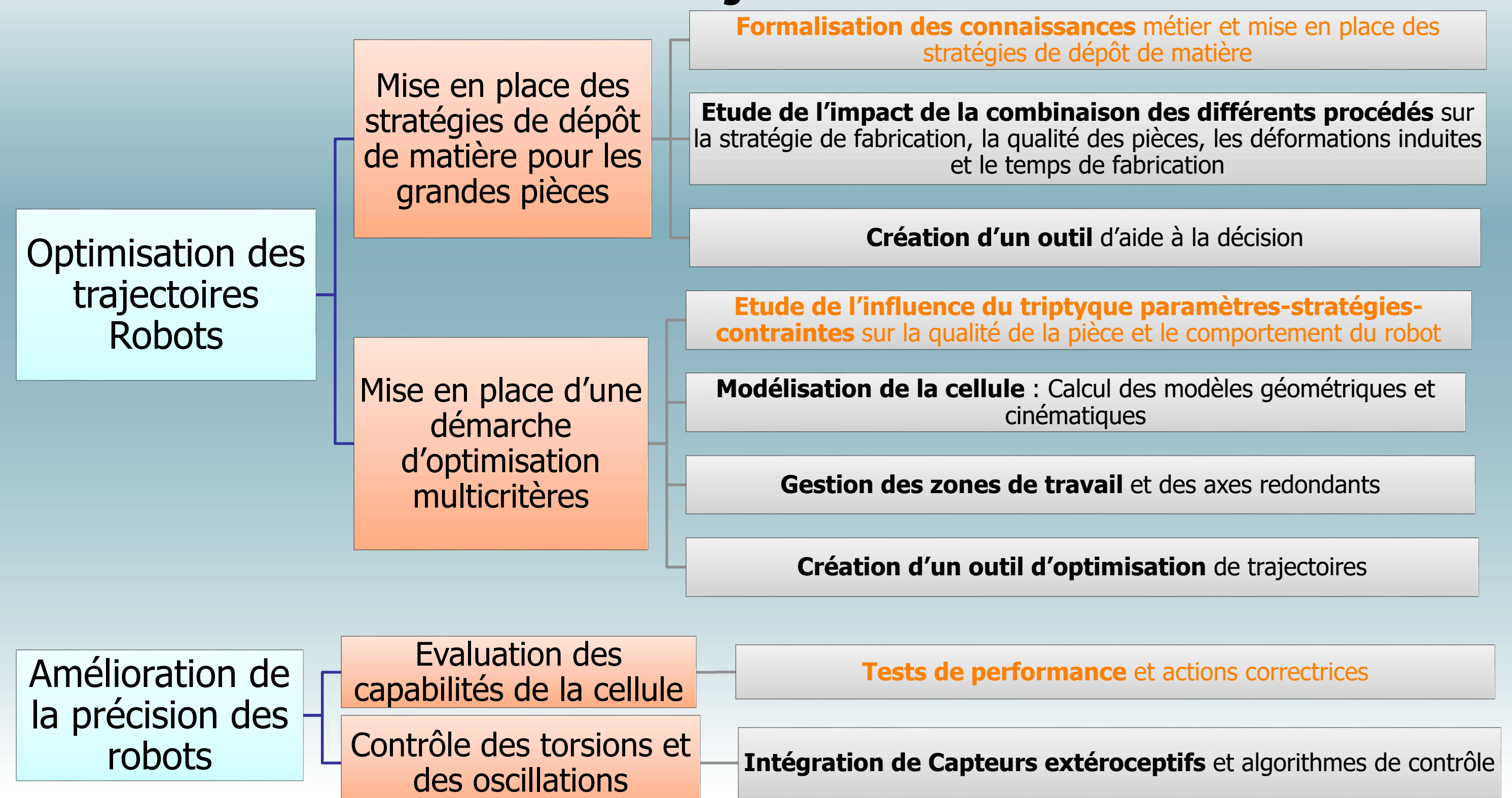
Système multirobots et multi-procédés pour la fabrication additive métallique des pièces de grandes dimensions



2- Problématique

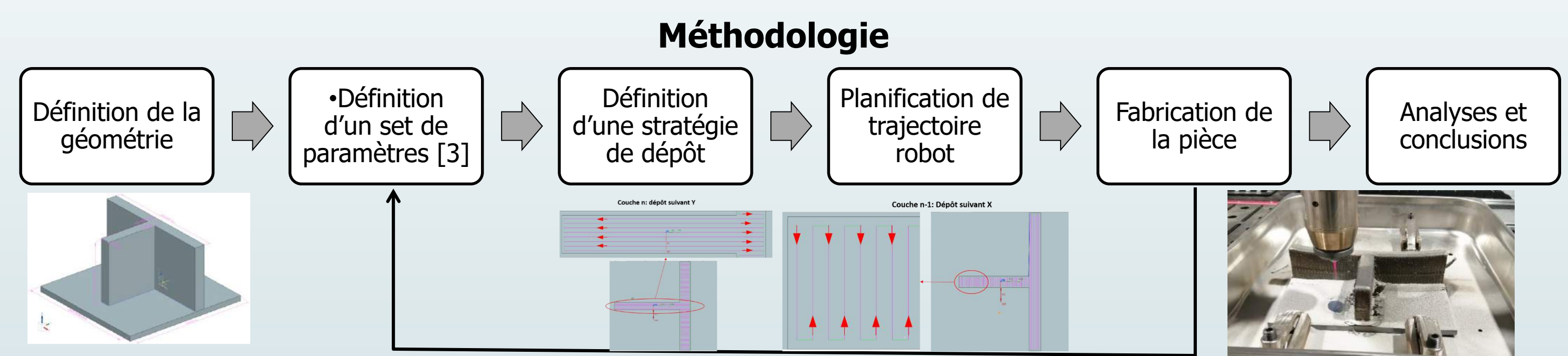


3- Objectifs



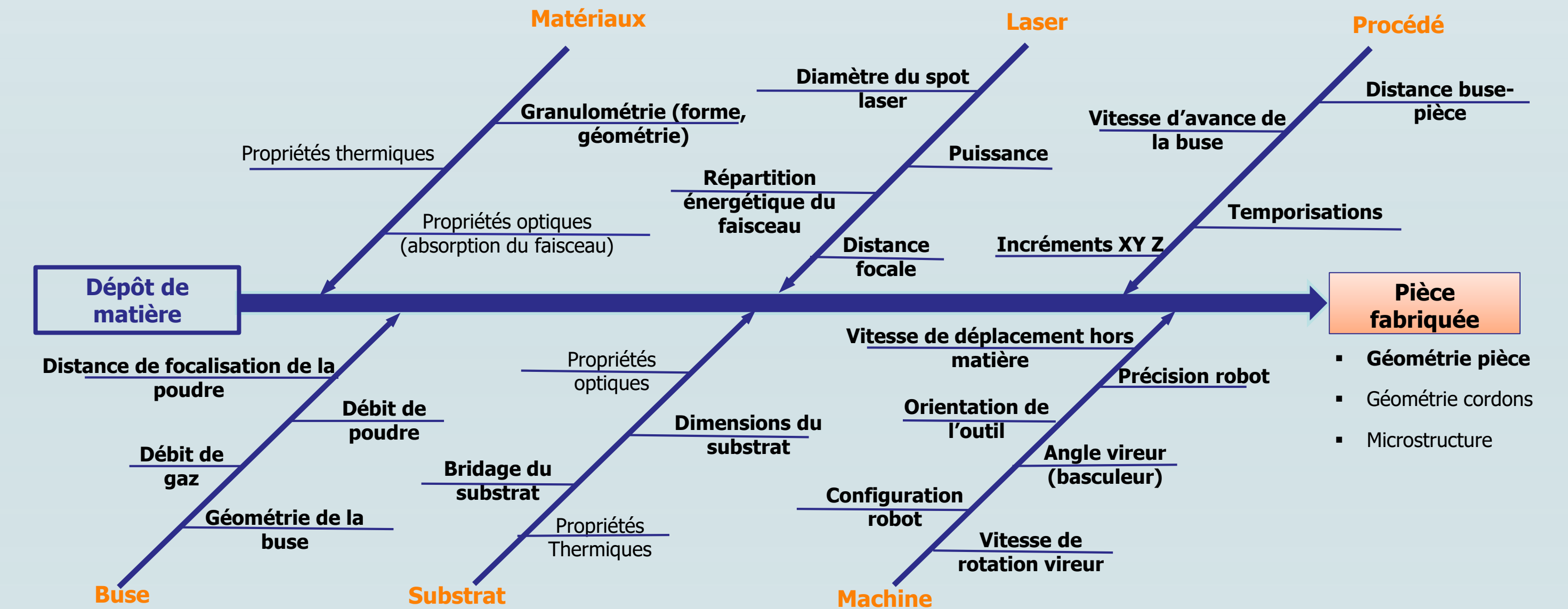
4- Travaux

Etude de l'influence du triptyque paramètres-stratégies-contraintes sur la qualité de la pièce et le comportement du robot

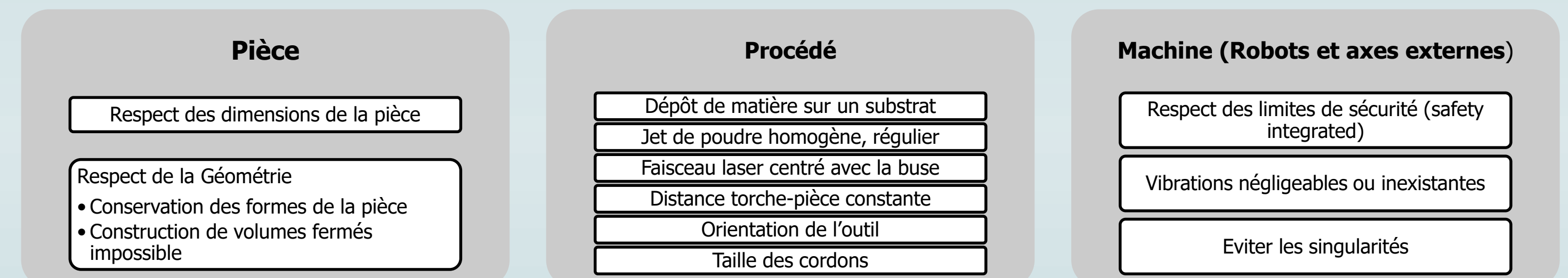


Résultats et conclusions

Paramètres procédé DED CLAD influents sur la pièce



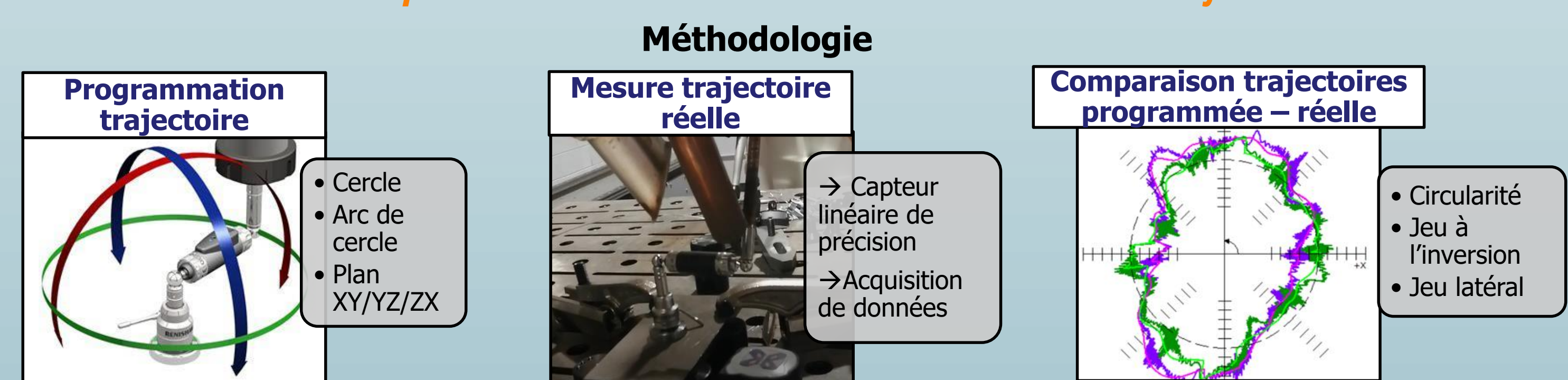
Contraintes à respecter pour le procédé DED CLAD



Conclusions

- Tous les paramètres n'impactent pas la qualité de la pièce
- Hierarchisation des paramètres clés par des méthodes d'analyse structurelle
- La modification de la stratégie de dépôt a une influence sur la qualité de la pièce
- Des essais supplémentaires sont nécessaires pour identifier les stratégies appropriées à chaque géométrie de base.
- Le non-respect des contraintes process impacte la qualité de la pièce.

Evaluation des capacités des Robots: Précision sur une trajectoire circulaire



Résultats et conclusions

Rayon du BallBar (mm)	Plan	Vitesse (mm/min)	Circularité (µm)
150	XY	1000	473,7
			573,6
	YZ	2500	474,4
			518,4
	ZX	5000	630,5
			612,7
			509,4
			717,5

- La valeur de circularité augmente avec la vitesse; Plus elle est élevée, plus les performances de la machine sont réduites
- Les valeurs de circularité montrent que la trajectoire Robot réelle n'est pas identique en tout point à la trajectoire programmée.
- Bien que le robot ne semble pas précis en tout point sur une trajectoire circulaire, les résultats obtenus (prototypes fabriqués) montrent qu'il peut être utilisé dans cet état pour fabriquer des pièces de grandes dimensions.

5- Travaux futurs

- Essais supplémentaires pour l'étude de l'impact des stratégies de fabrication sur la pièce et identification des stratégies les plus appropriées en fonction des géométries de base.
- Etude de l'impact de la combinaison des différents procédés de Fabrication Additive sur une pièce
- Poursuite de l'évaluation des capacités de la cellule
- Création d'un outil d'aide à la décision pour le choix des paramètres et stratégies de fabrication adaptées au système
- Création de l'outil d'optimisation

Bibliographie

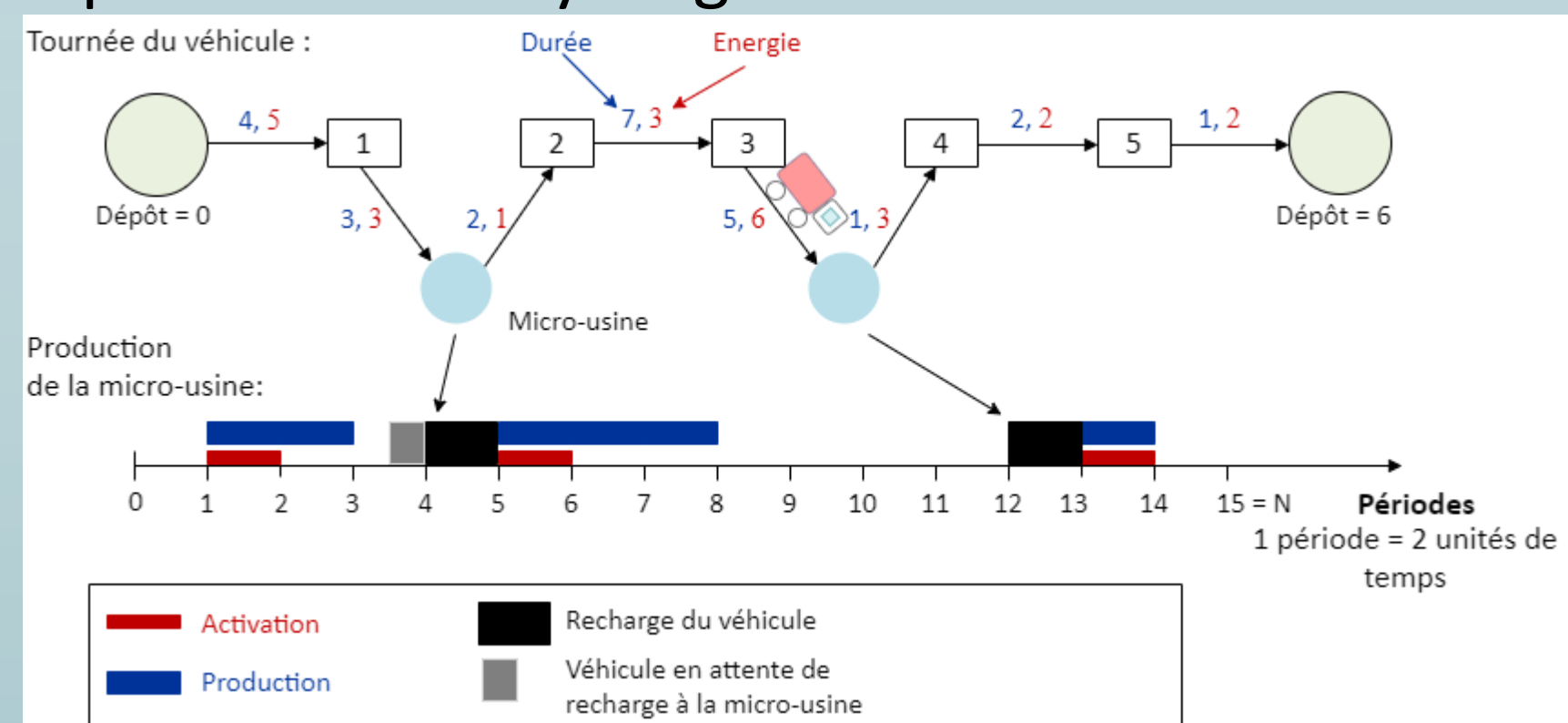
- [1] Bland S. LASIMM Large 3D printer ready to build. Metal Powder Report. 2019;74:163-164.
- [2] X. Zhang et al., « Large-scale 3D printing by a team of mobile robots », Automation in Construction, vol. 95, p. 98-106, nov 2018.
- [3] Sankaré S. Développement d'un procédé de fabrication rapide de composants mécaniques en alliages de titane par micro-rechargement laser [Thèse de doctorat]. [Strasbourg, France]: Université Louis Pasteur; 2007.

Introduction

Le problème global (Simultaneous Management of Energy Production and Consumption : **SMEPC**) que nous abordons dans le cadre de ce projet, concerne la gestion synchrone sur une plateforme expérimentale appelée **PAVIN** (Plateformes Auvergne pour Véhicules intelligents) d'une flotte de petits véhicules électriques équipés de cellules h2, qui sont nécessaires pour effectuer des tâches logistiques locales dans une zone limitée, et d'une micro-usine de production d'hydrogène chargée du remplissage périodique en hydrogène de ces véhicules.

On considère actuellement 1 seul véhicule, nécessaire pour effectuer des tâches selon un ordre préétabli. Le véhicule commence sa route avec une certaine charge de carburant h2, et son réservoir a une capacité limitée. Il doit donc retourner périodiquement à la micro-usine pour se ravitailler en carburant. La micro-usine a une capacité de production/stockage limitée, qui dépend de l'ensoleillement. Notre objectif est de programmer simultanément les opérations de ravitaillement du véhicule et l'activité de production/stockage de la micro-usine en minimisant le coût de production et la durée du parcours.

Ce problème global est complexe car il implique à la fois des caractéristiques liées à l'incertitude des prévisions météorologiques, au comportement autonome du véhicule mais aussi liée à la synchronisation des recharges du véhicule et de la production d'hydrogène.



Méthodes

Programmation linéaire à variables mixtes et ajout de coupes

Nous modélisons **SMEPC** par un programme linéaire à variables mixtes (MIP). Les variables de décisions sont associées à la recharge du véhicule et à la production d'hydrogène. Mais, comme il implique un trop grand nombre de variables, on le décompose en deux sous-problèmes distincts. Le premier contrôle la trajectoire du véhicule, et le second traite de la gestion de la micro-usine. Ils sont également traités par des programmes linéaires reliés entre eux par un mécanisme de synchronisation. La relaxation fractionnaire étant nulle, on a ajouté de nouvelles contraintes qui la rendent différente de zéro.

Schéma de programmation dynamique

SMEPC est traité par programmation dynamique. On nomme cet algorithme **DPS-SMEPC**. Le schéma de programmation dynamique (DPS) tend à impliquer en pratique un nombre excessivement élevé d'états ou de labels. Nous introduisons des règles ou dispositifs de filtrage :

- ✓ Basés sur l'utilisation de règles de dominance : ST(1),
- ✓ Basés sur l'anticipation des incohérences : ST(2),
- ✓ Basés sur la borne supérieure, sur la base du pré-calcul d'une solution initiale réalisable : ST(3).

Une partie de l'étude est consacrée à une évaluation de la puissance de ces processus de filtrage. On conçoit aussi une heuristique nommée **DPS-SMEPC(NS)** : $W_G(NS)$ basée sur DPS-SMEPC de telle sorte qu'on conserve seulement NS états à chaque pas de temps programmation dynamique

Pipe-Line : heuristique

Nous traitons **SMEPC** par le biais d'une heuristique. On nomme cette heuristique **Pipe-Line**. Nous décomposons notre problème en deux sous-problèmes distincts, le **problème du véhicule** qui consiste à déterminer une stratégie de recharge du véhicule, et le **problème de production** qui consiste à déterminer une stratégie de production de la micro-usine. On considère le problème du véhicule comme maître et le problème de la production comme esclave. En effet, la solution du problème véhicule fournit par l'algorithme **DPS-VEHICULE** est considérée comme une entrée du problème production.

La stratégie de production fournie par l'algorithme DPS-PRODUCTION est calculée en tenant compte de la tournée trouvée par le problème véhicule. On obtient une heuristique qui décrit un processus en pipeline.

Approche réseau de neurones artificiels

On utilise une approche réseau de neurones artificiels pour résoudre le problème **SMEPC**. Pour cela, on définit un ensemble d'indicateurs qui sont les entrées de notre modèle. Ensuite, on entraîne un réseau de neurones qui prédit le coût d'une solution du problème du véhicule ($T_Predict$) et on entraîne un autre réseau de neurones qui prédit le coût d'une solution du problème de production ($Predict$). Pour faire l'apprentissage de nos réseaux de neurones on utilise 2500 instances dont le coût à prédire est calculée par l'heuristique **Pipe-Line**. On teste notre modèle sur 90 instances de test.

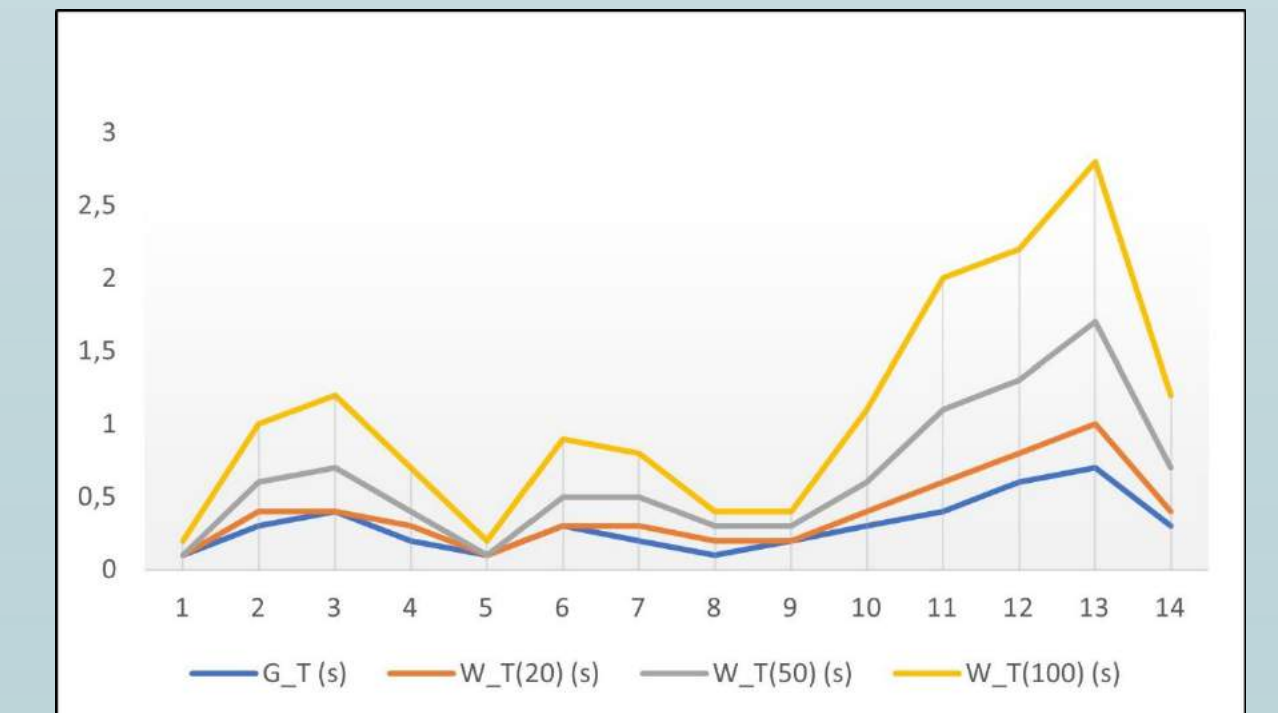
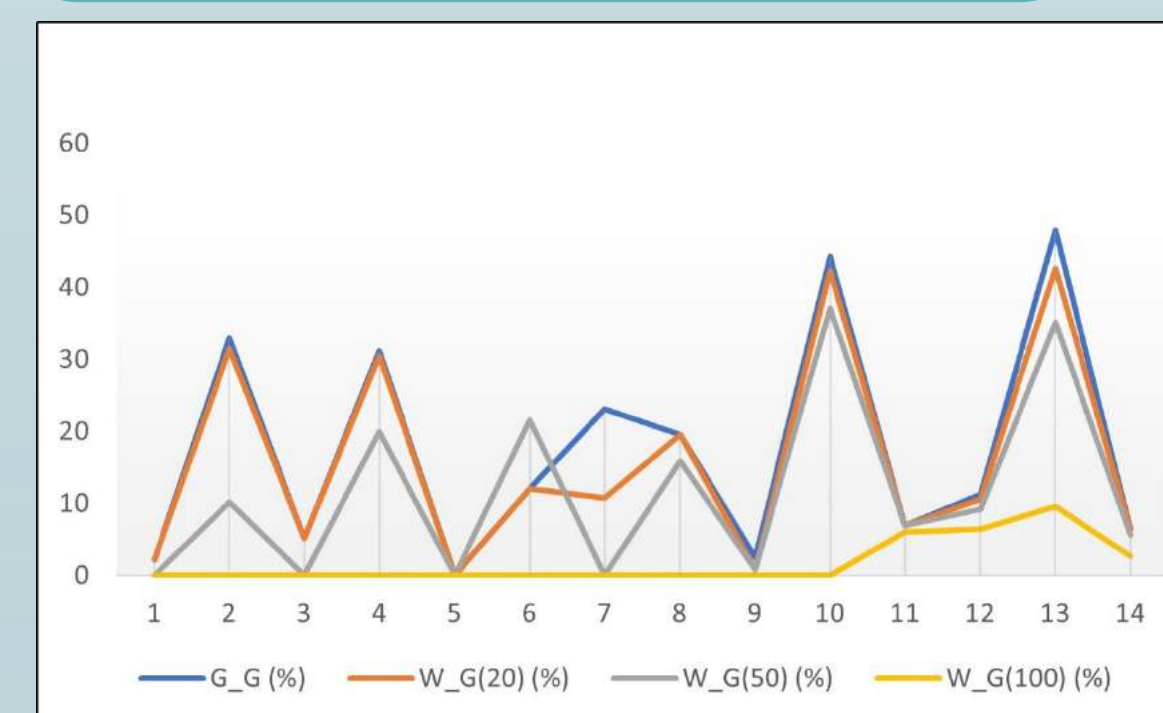
Résultats

Conception de modèles :

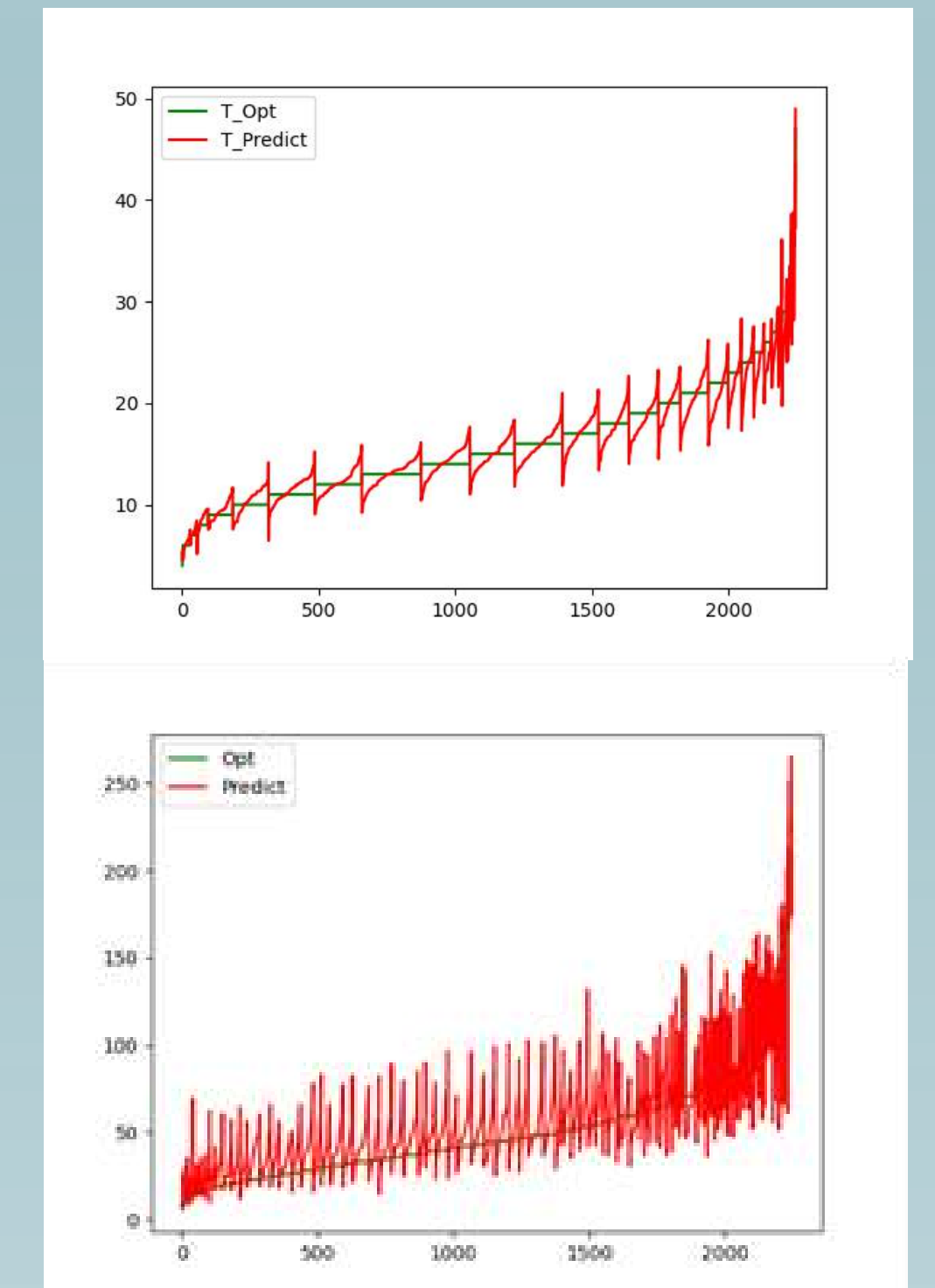
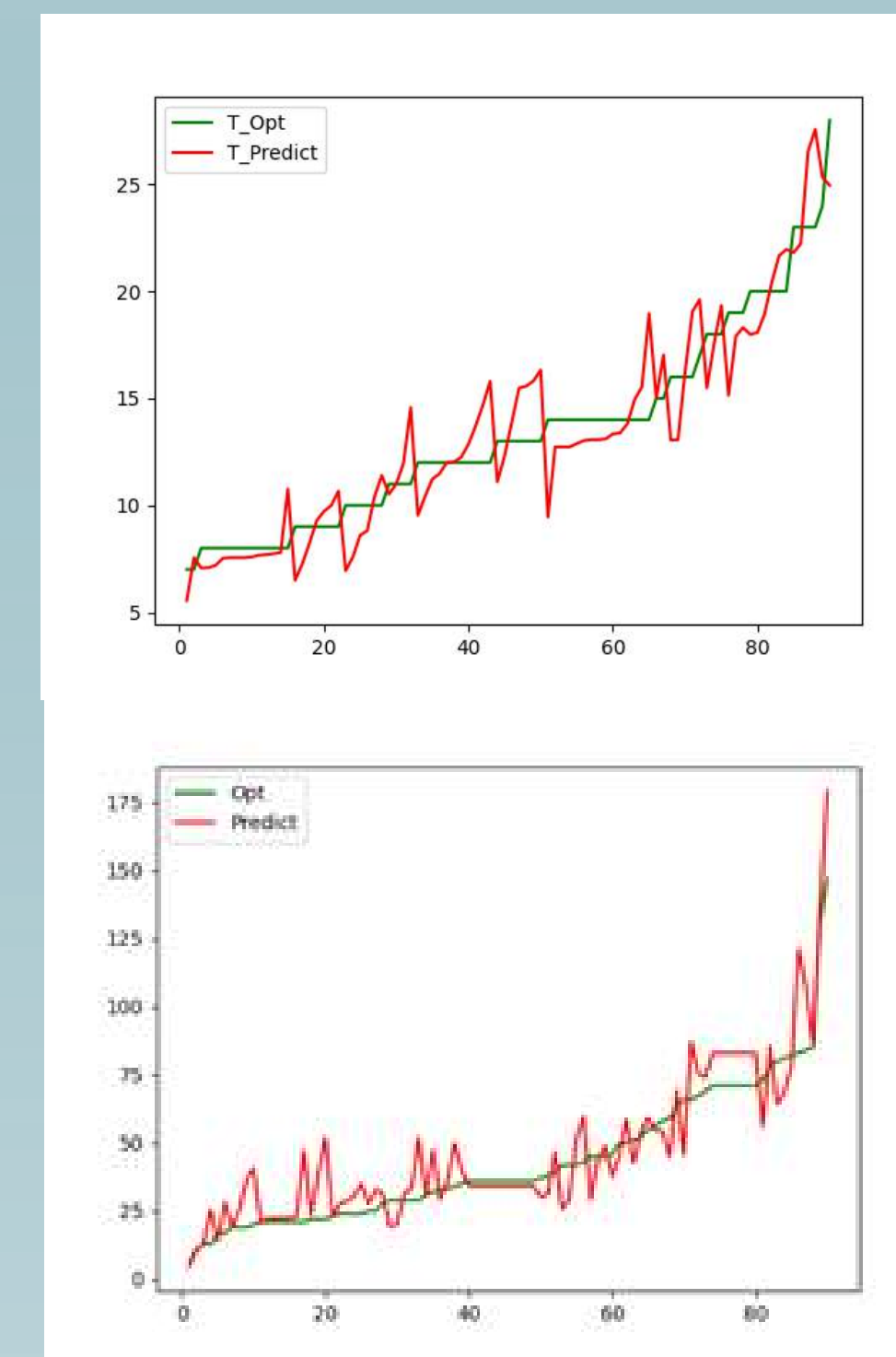
- ✓ Programmes Linéaires à variables mixtes
- ✓ Schémas de programmation dynamique
- ✓ Réseau de neurones artificiels

Résultats de complexité :

- ✓ **SMEPC est NP-COMPLET**
- ✓ Le problème de recharge du véhicule avec recharges variables est polynomial
- ✓ Le problème de recharge du véhicule avec recharges fixes est NP-COMPLET



Inst.	ST(3)	T(3) (s)	ST(2)	T(2) (s)	ST(1)	T(1) (s)	ST(0)	PIPE_G (%)	PIPE_T (s)	ST_VEH	ST_PROD	MIP_T (s)	PL_G (%)	PL_T (s)	M	N
1	28	0,1	421	0,2	487	0,2	576000	2,2	0,004	1	49	0,1	-19,2	0,02	4	15
2	1350	2,1	16658	49,2	16712	51,7	705600	0,9	0,011	13	535	0,6	-45,9	0,04	8	25
3	916	1,7	13476	22,0	15011	25,0	718848	0	0,018	10	601	0,7	-53,3	0,05	8	26
4	121	0,2	10989	11,5	19183	20,1	2416128	0	0,101	5	1159	0,3	-32,1	0,04	8	26
5	312	0,2	48501	181,4	48868	186,8	876096	1	0,04	19	1909	0,4	-45,8	0,05	8	27
6	3014	4,0	13608	27,3	14912	31,6	1614720	0	0,012	1	573	0,7	-35,2	0,05	8	30
7	35	0,1	6013	10,0	6572	11,4	199920	0	0,01	5	629	0,2	-31,3	0,03	10	17
8	101	0,1	887	0,7	2284	1,9	291840	0	0,008	1	174	0,1	-31,2	0,06	10	19
9	403	0,3	1718	1,1	1927	1,6	291600	2,5	0,008	19	76	0,3	-35,4	0,04	10	20
10	49	0,1	28876	140,5	29760	149,7	1559520	6,2	0,108	1	2900	0,3	-29,8	0,07	10	36
11	9675	66,7	118795	1227,7	119347	1233,8	3136000	1,5	0,164	16	3222	1,6	-36,7	0,09	10	50
12	1988	11,7	16028	135,7	18323	146,7	1206120	6,4	0,048	19	1647	1,3	-18,5	0,12	10	57
13	10329	121,9	31810	492,9	37483	529,8	1137240	3,2	0,171	15	3024	0,6	-11,0	0,17	10	78
14	10260	19,1	11589	32,2	15688	42,2	602112	2,4	0,011	1	283	2,3	-26,9	0,10	12	32
15	11202	70,6	28073	243,8	28887	264,9	2903040	6,6	0,061	1	1725	33,1	-35,1	0,18	14	45



Conclusions

On constate que, si les règles de filtrage basées sur la dominance ont peu d'impact sur le filtrage, celles basées sur l'anticipation des incohérences et celles basées sur la borne supérieure sont nettement plus efficaces. Pourtant, nous continuons à générer une grande quantité d'états dès que le nombre de stations et le nombre de périodes deviennent grands. Il arrive aussi que dans certains cas, notre algorithme glouton applique des stratégies d'attente excessives, et échoue donc à obtenir de bons résultats, même par randomisation.

Bibliographie

- Ryan Conrad, Miguel Figliozzi. **The Recharging Vehicle Routing Problem**. Proc. of the 61st Annual IIE Conference, 2011.
- Tomislav Erdelic, Tonci Caric, Martina Ravlic, Leo Tisljaric. **Electric vehicle routing problem with single or multiple recharges**. Transportation Research Procedia, 40: 217-224, 2019.
- Fadi Shrouf, Joaquin Ordieres-Mere, García-Sánchez, Alvaro Miguel Ortega-Mier. **Optimizing the production scheduling of a single machine to minimize total energy consumption costs**. Journal of Cleaner Production, 67:0 197-207, 2014.
- Joon-Yung Moon, Jinwoo Park. **Smart production scheduling with time-dependent and machine-dependent electricity cost by considering distributed energy resources and energy storage**. International Journal of Production Research, 52:13 3922-3939, 2014.

Identification, caractérisation des essences secondaires d'origine gabonaise

Estelle Nkene Mezui^a, Rostand Moutou Pitti^b, Loic Brancheriau^c

^aEcole Nationale des Eaux et Forêts (ENEF), LaReVaBois, 3960 Libreville, Gabon

^bUniversité Clermont Auvergne (UCA), Polytech Clermont, CNRS, Institut Pascal, 63000 Clermont Ferrand, France

^cCentre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Biomasse, Bois, Energie, Bioproduits (BioWooEB), 34398 Montpellier, France

Contexte et problématique



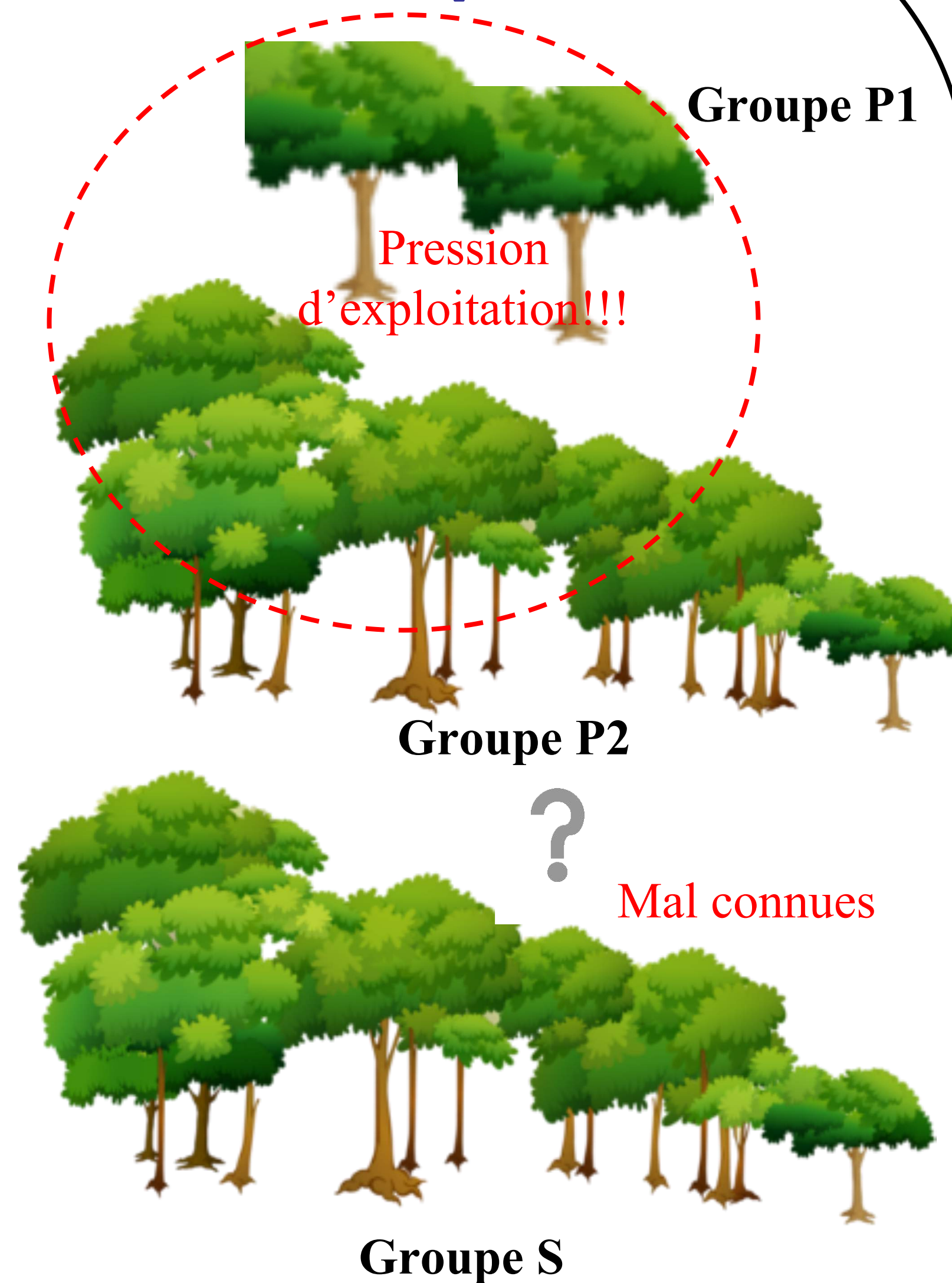
80% du territoire



Interdiction d'exportation des grumes



Transformation locale



Il s'agit d'identifier de nouvelles essences capables de répondre à la demande, de diminuer la pression de prélèvement dans les forêts gérées durablement.

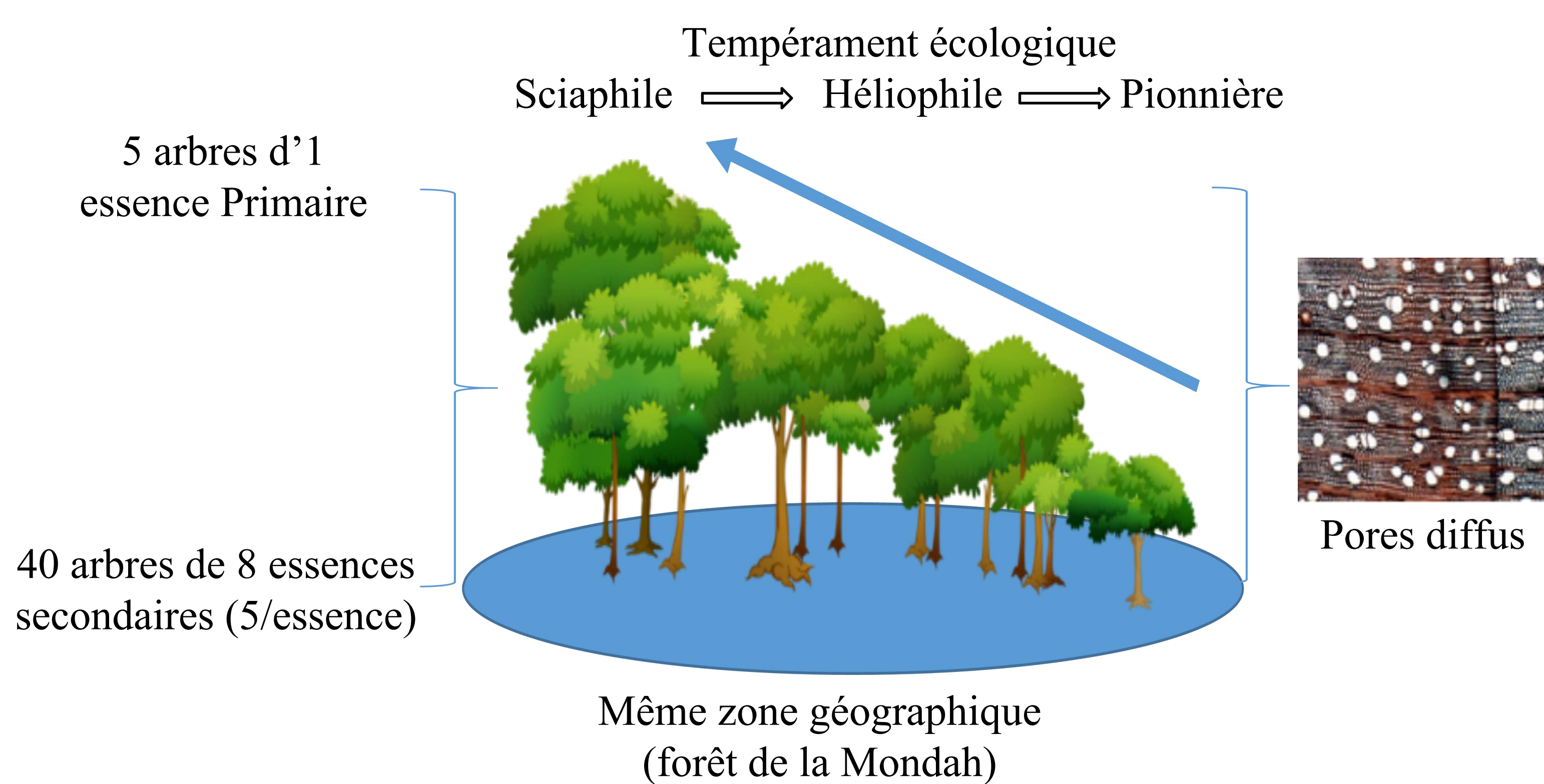
Objectifs

Questions de recherche

- Connaissance des essences secondaires gabonaise pour leur valorisation
- Compréhension des stratégies de développement des différentes essences par l'analyse radiale des propriétés du bois en fonction des tempéraments écologiques (arbres dominants / dominés du couvert forestier)
- Connaissance et compréhension du degré d'influence de l'espèce dominante sur les espèces dominées
- Connaissance des relations propriétés-fonctions en lien avec le tempérament écologique

Materiel et méthode

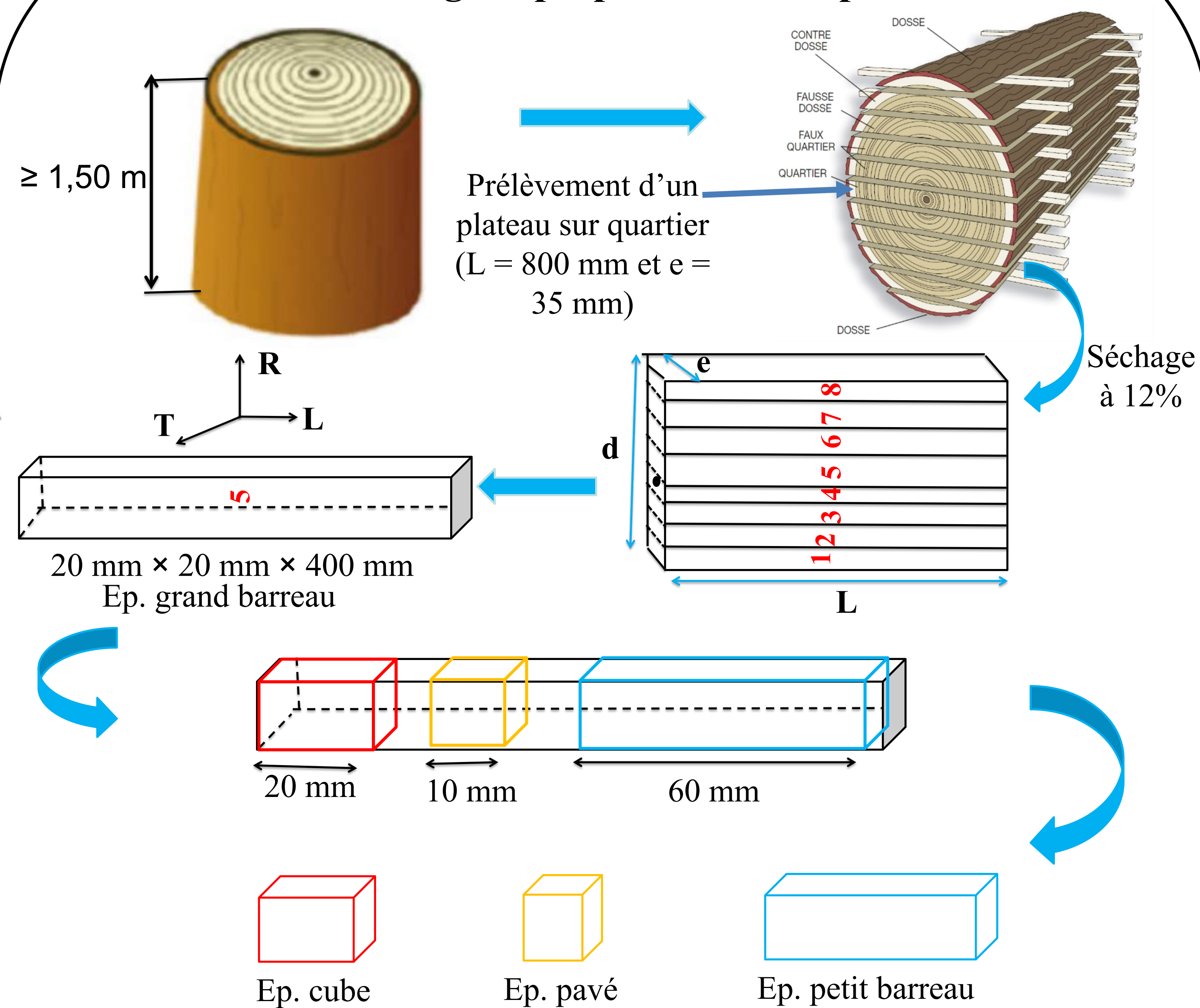
➤ Protocole d'échantillonnage



☐ Traçabilité des arbres

- Numérotation des arbres
- Prise des coordonnées GPS
- Mesures des hauteur et diamètre des arbres
- Mesure de la hauteur de la canopée

➤ Protocole d'usinage et préparation des éprouvettes



➤ Mesures expérimentales des propriétés

Il s'agira de réaliser les mesures expérimentales (lien propriété – fonction dans l'arbre) suivantes :

- ❖ Fonction hydraulique : traits anatomiques (vaisseaux) du plan radial ligneux
- ❖ Fonction mécanique : densité, module d'élasticité, module de rupture, angle des microfibrilles
- ❖ Fonction de protection : durabilité, extractibles, duraminisation
- ❖ Autres propriétés d'intérêt technologique : retraits, PSF

Résultats attendus

1. Propriétés technologiques des essences étudiées
2. Relation entre tempérament écologique et propriétés mesurées
3. Impact de la position radiale sur les propriétés mesurées
4. Relation intra et inter essences

Bibliographie

1. Ikogou S., PambouNziengui C.F., Moutou Pitti R., EkomyAngo S. Experimental study of tropical wood under cyclic compressive loading for sustainable constructions. World Conference of Timber Engineering (WCTE 2016), August 22-25, 2016, Vienna, Austria.
2. Romain Lehnebach. Etude de la variabilité ontogénique du profil ligneux chez quelques espèces forestières tropicales de Guyane française. Biodiversité et Ecologie. Université de Montpellier, 2015. Français. (tel-01306246)
3. Agnès Burgers. Caractérisations physico-mécaniques de bois "sans défauts" pour la conception mécanique : application aux pins de la région méditerranéenne française. Mécanique des matériaux [physics.class-ph]. Université Montpellier, 2016. Français. (NNT : 2016MONT014) . (tel-01635883)
4. MEUNIER Quentin, MOUMBOGOU Carl, DOUCET Jean-Louis (2015) : Les arbres utiles du Gabon. Presses Agronomiques de Gembloux.
5. Ministre de l'Economie Forestière, des Eaux, de la Pêche, chargé de l'Environnement et de la Protection de la Nature (2004) : Arrêté fixant la composition des groupes d'essences exploitables (En application de l'Article 31 de la Loi 016/01)

Context

In today's society we are witnessing an increasing collect and availability of data, whose some are multivariate signals evolving with time.

Multivariate time series:

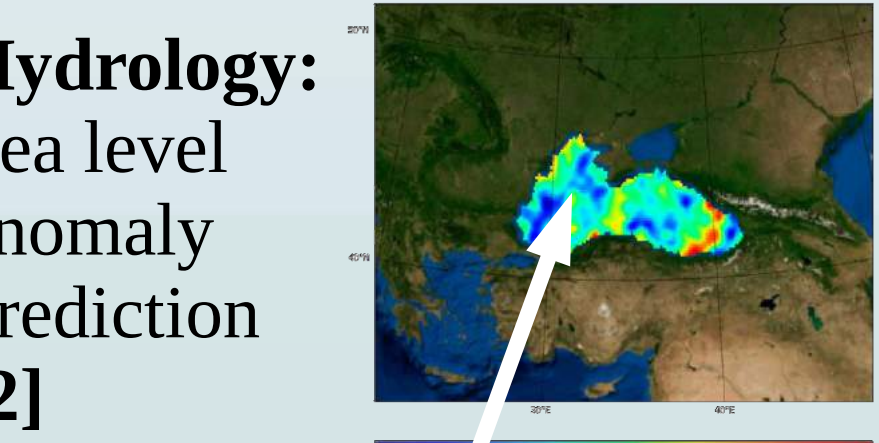
- Multiple quantity of interest evolving with time
- Simultaneously monitored
- Containing joint information

Providing we find tools and methods to process these data, this is a great opportunity to help us solve some problems in a wide range of fields:

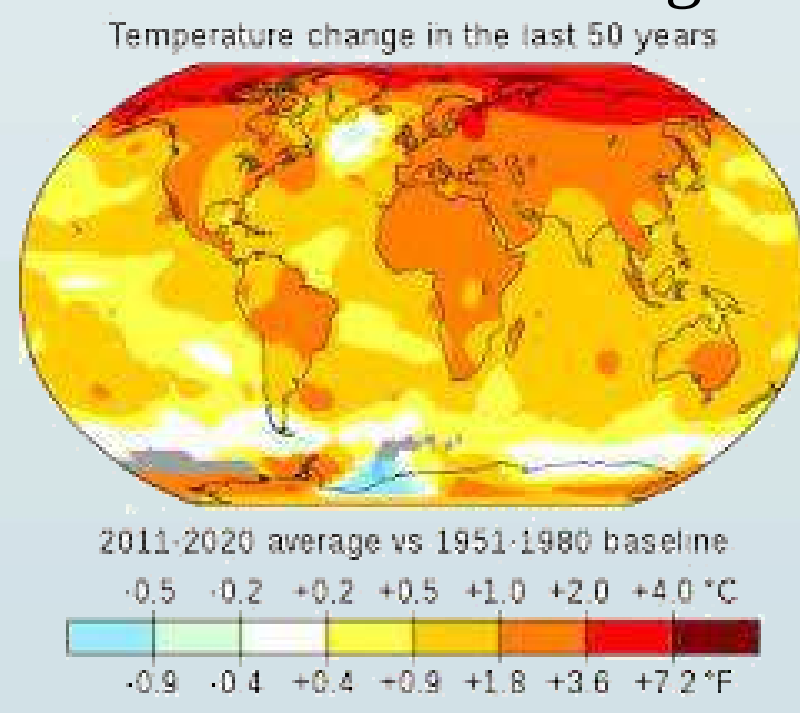
Health: Heart disease detection via ECG data [1]



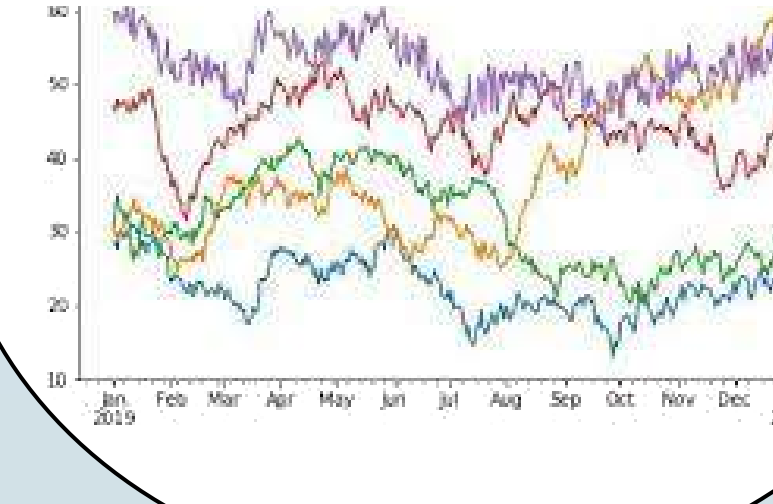
Hydrology: Sea level anomaly prediction [2]



Climatology: Impact and evolution of climate change



Multivariate time series



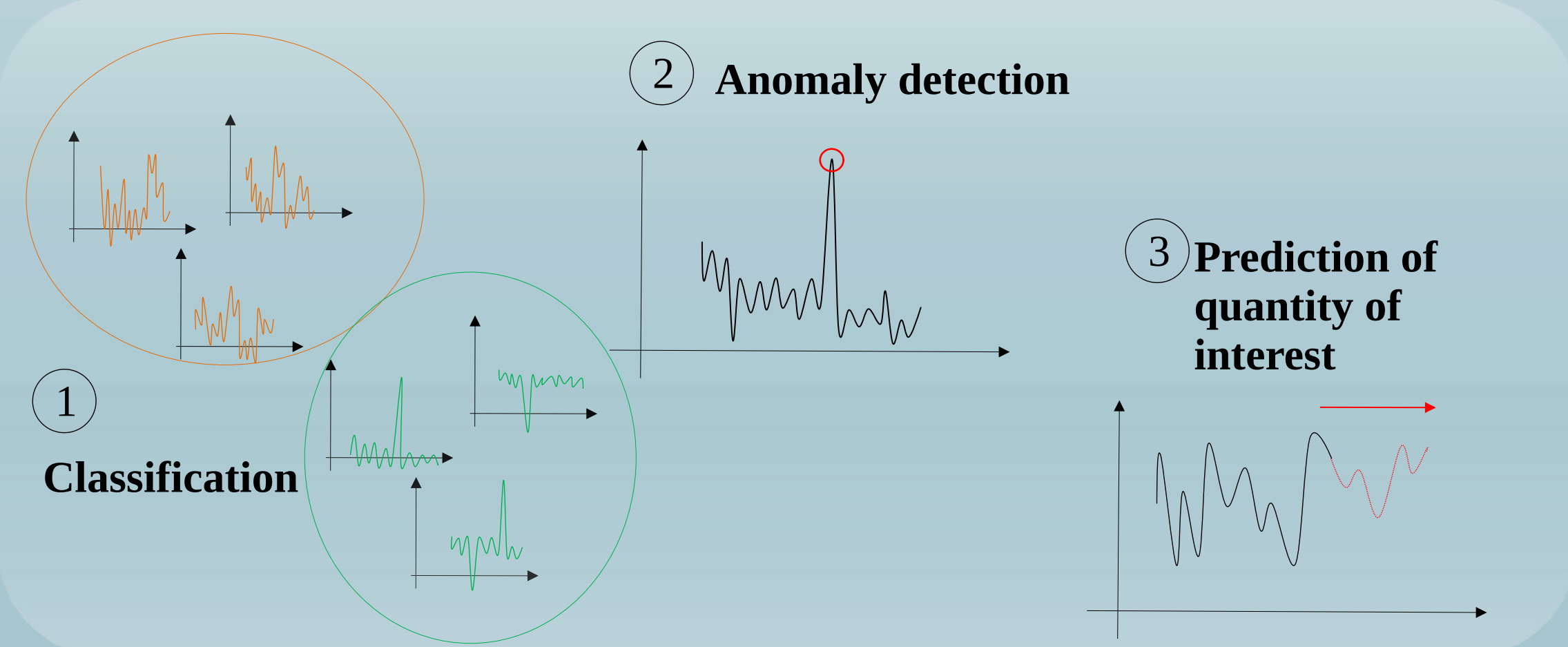
And more ... !

Engineering: Prediction of critical component's end of life



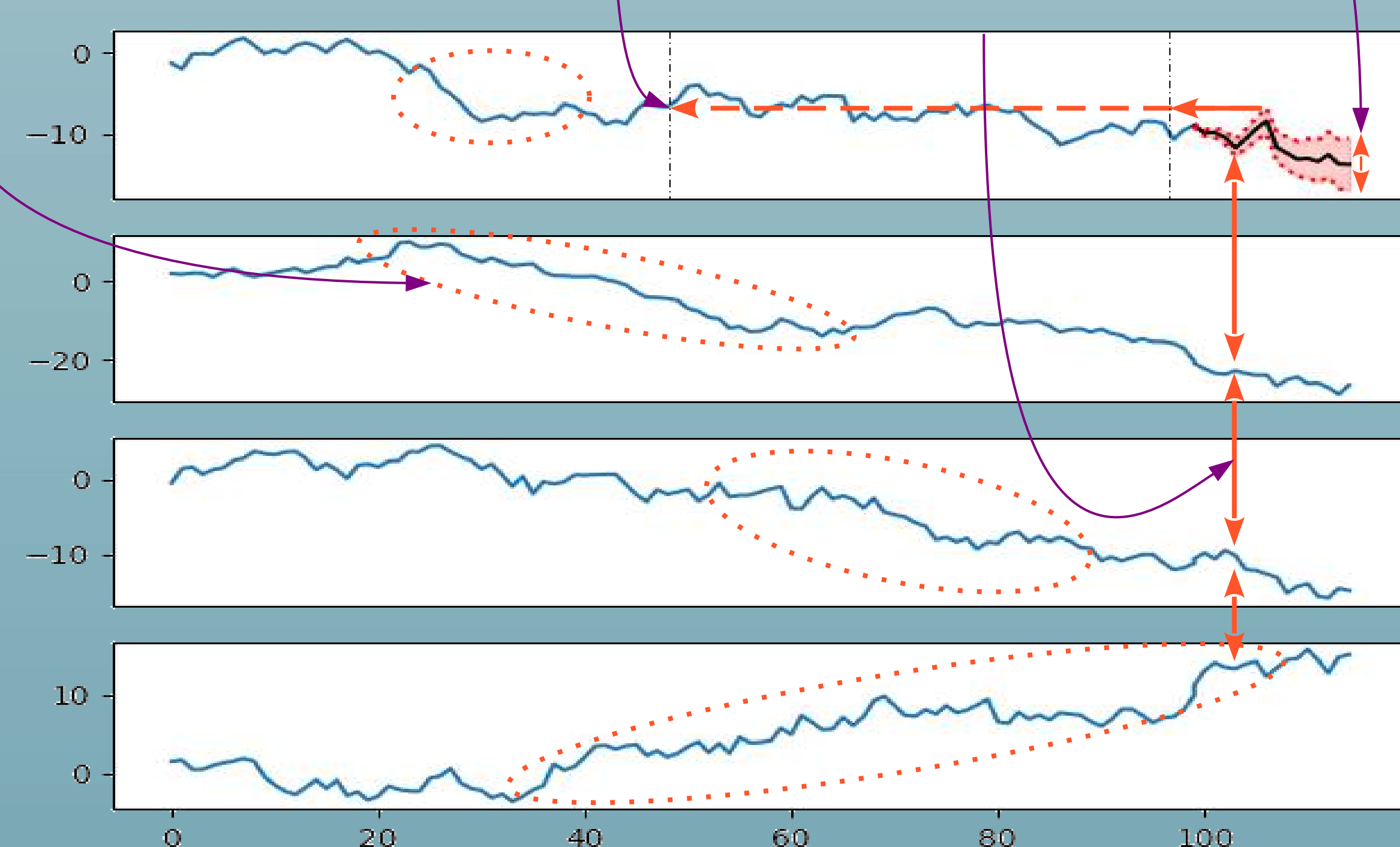
Objectives & Challenges

Objectives:



Challenges:

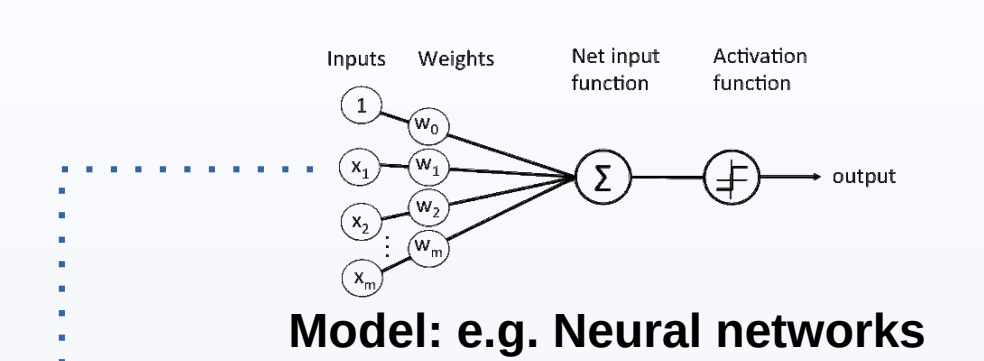
- Long term dependency in time series
- Uncertainty of predictions
- Non-stationarity of time series
- Dependency between time series



Methods

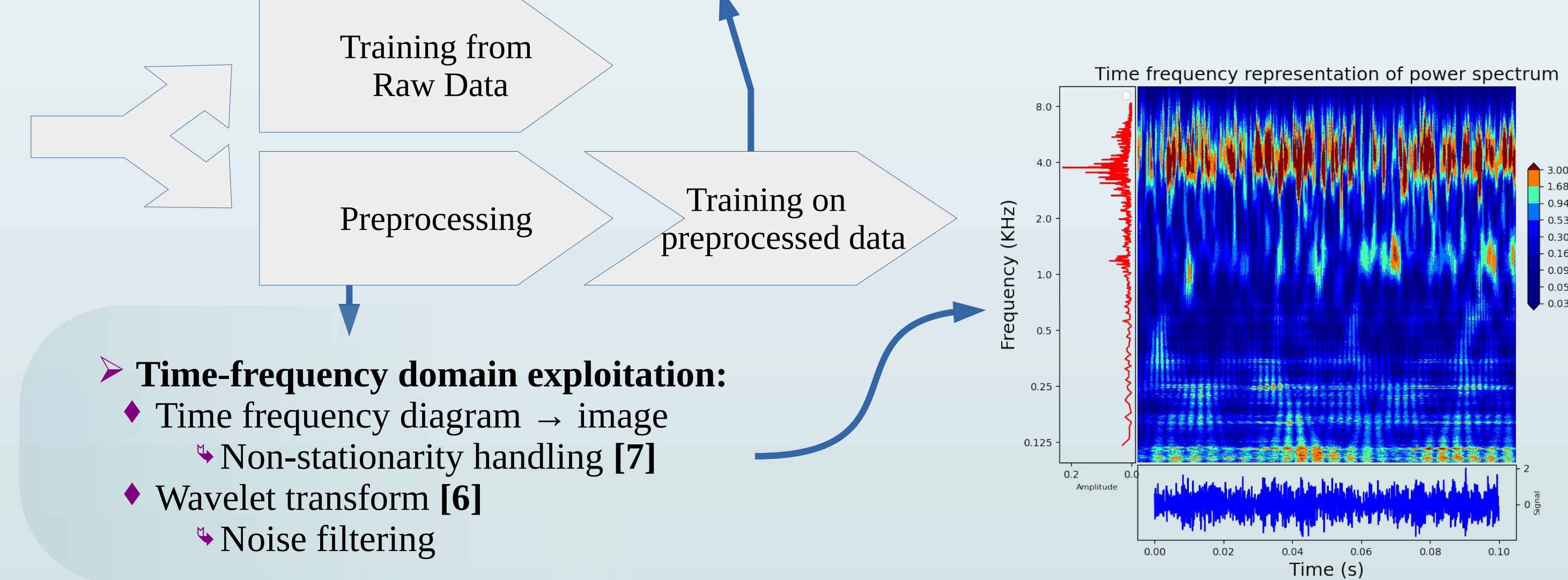
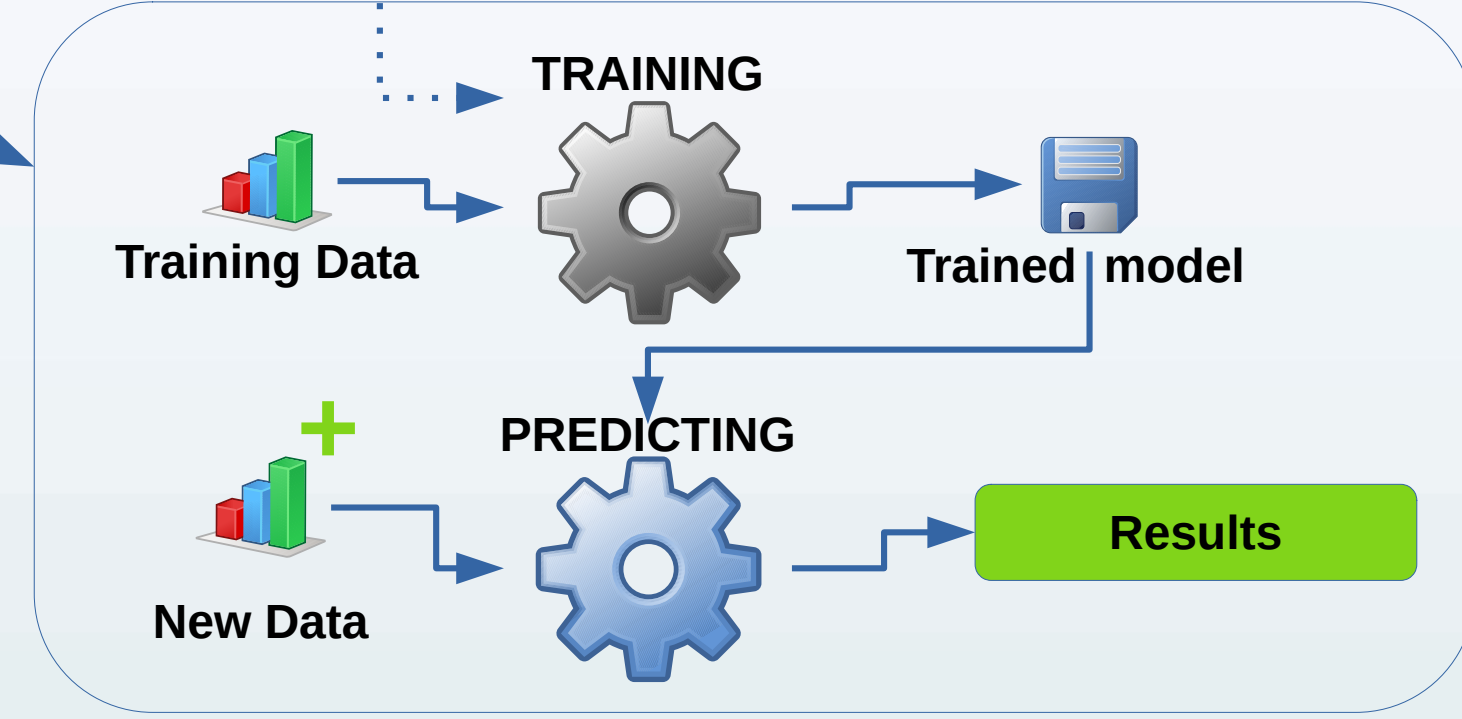
Machine learning:

- Neural networks:
 - Recurrent Neural Networks [3]
 - Sequential data
 - Convolutional Neural Network [4]
 - Image data



Statistical methods:

- ARIMA and variants
- Exponential Smoothing



Time-frequency domain exploitation:

- Time frequency diagram → image
- Non-stationarity handling [7]
- Wavelet transform [6]
- Noise filtering

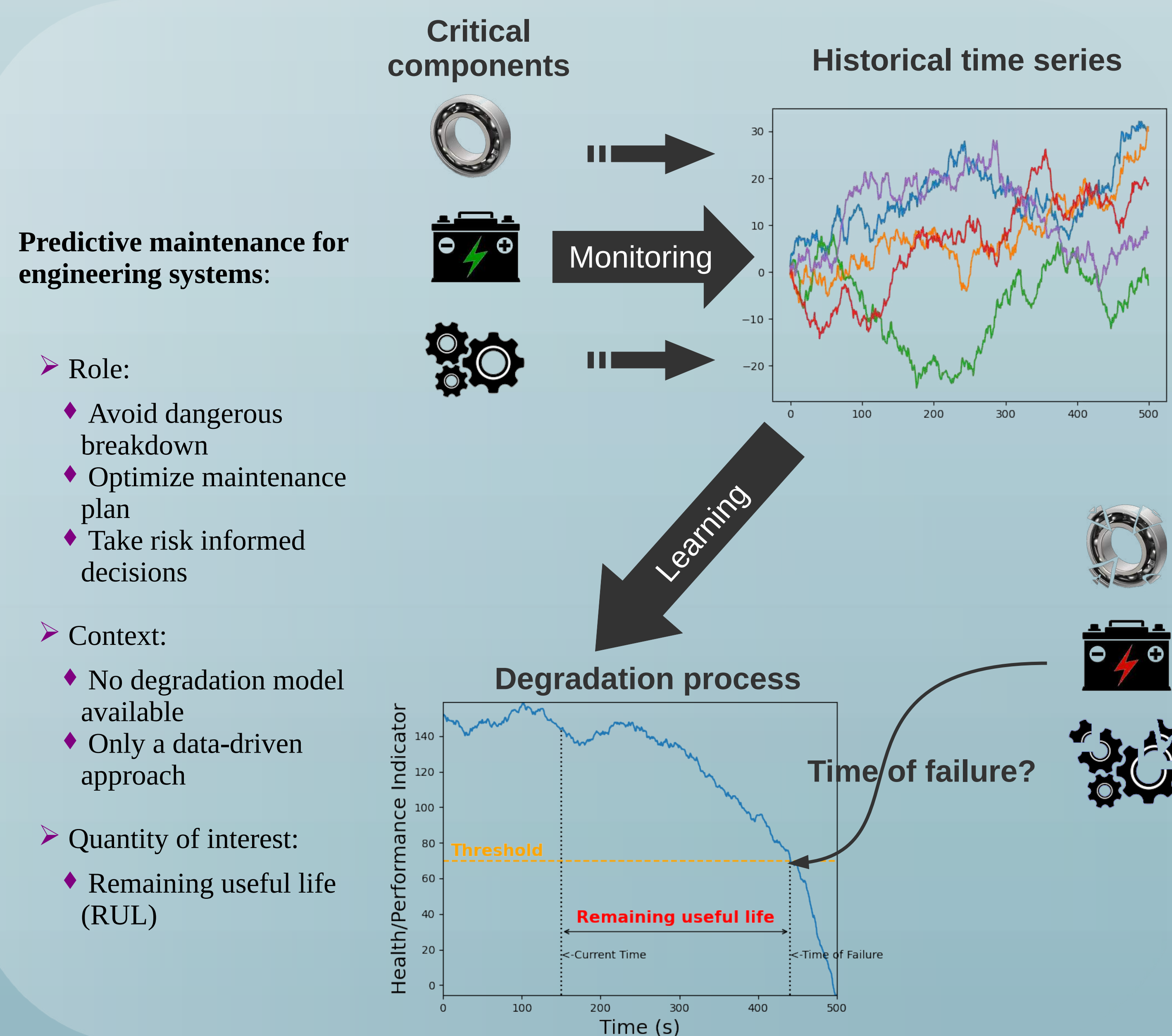
Uncertainty in prediction:

- Model error
- Limited data
- Noise in data

Towards probabilistic prediction with bayesian approach:

- Gaussian processes
- Bayesian neural networks [5]
- Particle filters

Application focus



Bibliography

- E. A. Maharaj and A. M. Alonso, "Discriminant analysis of multivariate time series: Application to diagnosis based on ECG signals," Computational Statistics & Data Analysis, vol. 70, pp. 67–87, Feb. 2014.
- A. Yavuzdoğan, "A copula approach for sea level anomaly prediction: a case study for the Black Sea," Survey Review, p. 13, 2020.
- H. Hewamalage, C. Bergmeir, and K. Bandara, "Recurrent Neural Networks for Time Series Forecasting: Current status and future directions," International Journal of Forecasting, vol. 37, no. 1, pp. 388–427, Jan. 2021.
- A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton, "ImageNet classification with deep convolutional neural networks," Commun. ACM, vol. 60, no. 6, pp. 84–90, May 2017.
- E. Goan and C. Fookes, "Bayesian Neural Networks: An Introduction and Survey," Case Studies in Applied Bayesian Data Science, vol. 2259, pp. 45–87, 2020.
- C. Torrence and G. P. Compo, "A Practical Guide to Wavelet Analysis," Bulletin of the American Meteorological Society, vol. 79, no. 1, pp. 61–78, Jan. 1998.
- P. Fryzlewicz, S. Van Bellegem, and R. von Sachs, "Forecasting non-stationary time series by wavelet process modelling," Ann Inst Stat Math, vol. 55, no. 4, pp. 737–764, Dec. 2003.

Probabilistic reliability analysis of earth dams or dikes concerning internal erosion risk

1. Context

Hydraulic works – dams and dikes – are risky civil engineering structures. Dramatic consequences in terms of human and material losses may be induced by their failure. Statistics on failures of large earth-fill dams show that almost 50% of ruptures are due to internal erosion (Figure 1).



Figure 1: Dam failures caused by internal erosion

2. Objective

□ General objective:

- Develop a probabilistic approach to evaluate earth dam reliability concerning internal erosion mechanism

□ Specific objectives:

- Simulate internal flow in the earth dam and the spatial variability of the hydraulic stress which may cause the internal erosion should be analyzed.
- Consider the spatial variability of hydraulic stress and material properties. The probabilistic mechanical reliability coupling analysis of internal erosion initiation mechanism should be carried out.
- Reliability and operational safety analysis methods are used to model the probability of internal erosion scenarios (initiation, non-filtration, diffusion) that may lead to dam failure.
- Applied to several case studies of existing dams and dikes for which a large amount of data is available (soil properties, monitoring data, etc.).

3. Methods

Use finite-difference method developed with the Flac2D/3D codes to establish Hydro-mechanical model.

Generate random fields based (the spatial variability of embankment properties) on a geostatistical analysis of construction controls data.

Analyze the propagation of uncertainties and carry out a reliability analysis of the internal erosion of an earth-fill dam

Input random fields into the numerical model using Monte-Carlo simulations.

4. Model description

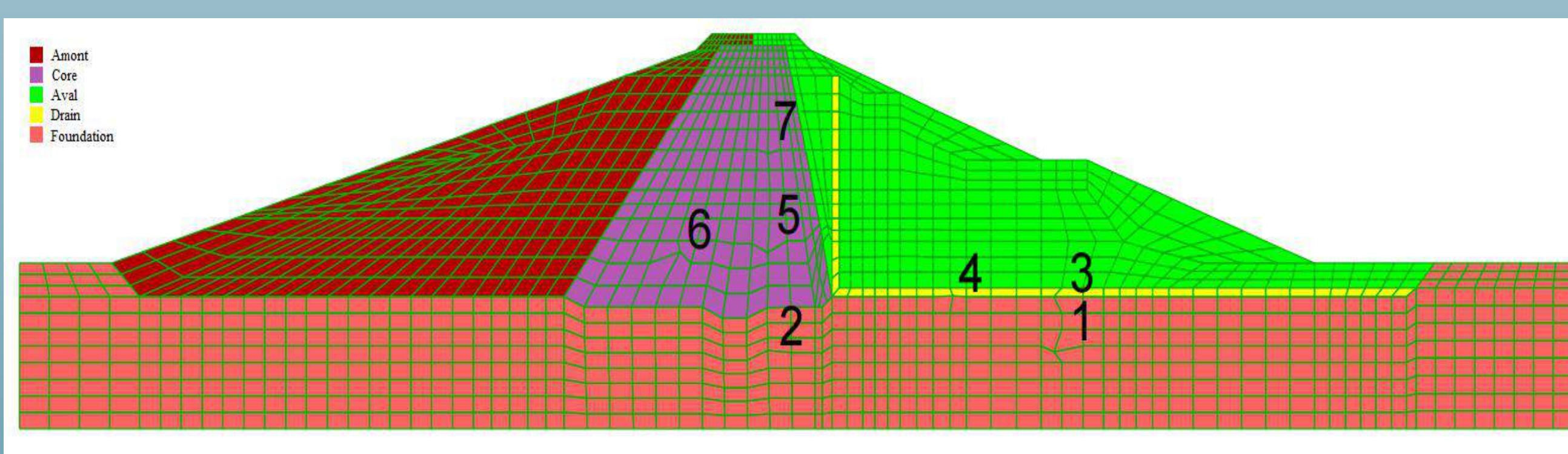


Figure 2: The model and its mesh condition in FLAC

An earth dam located in Sillonnière is selected as the research object. According to the geometric parameters, soil parameters, and mechanical properties of different regions, the Mohr Coulomb constructive model can be used to establish the physical model in FLAC. Using K-L expansive method to generate the random fields about the permeability by MATLAB, and input them into FLAC to do seepage analysis.

The hydraulic behavior of the dam is monitored by different devices that include cells for measuring pore water pressure installed in the earth fill and into the foundation. So the results of simulation can be compared with the monitoring data in order to verify the model.

5. A model for simulating piping process

Mass conservation equation of sediment transport: $\frac{\partial(S_v \phi)}{\partial t} + S_v \mathbf{v}_i = q$

S_v -- concentration in the sediment pore water

q -- sediment volume per unit volume in unit time

ϕ -- soil porosity \mathbf{v}_i -- seepage velocity

Assume, linear relationship between the erosion rate and the seepage gradient: $q = k_d(J - J_c)$

k_d -- erosion coefficient J -- permeability gradient

J_c -- initiation critical hydraulic gradient

Equation of continuity of sediment laden flow: $\frac{\partial \theta}{\partial t} + (1 - S_v) \mathbf{v}_i = 0$

θ -- volumetric water content

Seepage velocity at different pore water saturation and sediment concentration: $\mathbf{v}_i = -K_{ij}(\beta, S_v) k_r(s) (\psi + z)$

\mathbf{v}_i -- seepage velocity K_{ij} -- permeation tensor of saturated media

β -- volumetric erosion rate S_v -- sediment concentration

$k_r(s)$ -- relative permeability coefficient ψ -- pressure head

z -- reference plane (elevation datum)

Flow differential equation expressed by water content and pore water pressure:

$$\mathbf{v}_i = \frac{1}{(1 - S_v)} \frac{\partial \theta}{\partial t} - [K_{ij} k_r(s) (\psi + z)]$$

The seepage field and concentration field can be obtained by this model at each time of the dam foundation in the erosion process so that we can calculate the erosion rate at the time. Finally, we can also calculate the displacement and stress increment of the dam body and dam foundation.

6. Expected results

1. When the coefficient of variation of hydraulic conductivity is small, the location of the maximum local velocity is typically near the downstream toe of the embankment, as for a deterministic analysis. In contrast, increasing the coefficient of variation scatters the possible locations of the maximum local velocity.

2. The heterogeneity of hydraulic conductivity also leads to an increase in the average exit hydraulic gradient, as well as having a significant influence on the global kinetic energy and kinetic energy distribution.

3. The stress and deformation of the dam caused by the change of seepage field caused by internal erosion are far more than that caused by modulus attenuation of gravel.

4. In addition, by using random field theory and Monte Carlo Simulation (MCS) to analyze the process of internal erosion, the probability of failure appears to increase with an increase in the autocorrelation distance.

7. References

[1] Ming WEN, 2018. Mechanical response and its application of the spatial variability of surrounding rock for G-Speed railway tunnels[D]. Beijing Jiaotong University, 26-28

[2] Guo, X. (2020). Probabilistic stability analysis of an earth dam using field data[D].

[3] Mouyeaux, A., ..., 2019. Probabilistic analysis of pore water pressures of an earth dam using a random finite element approach based on field data. Eng. Geol. 259, 105190.

[4] Liu, K., Vardon, P., & Hicks, M. (2019). Probabilistic analysis of seepage for internal stability of earth embankments. Environmental Geotechnics, 6(5). Mínguez, R., Delgado, F., Escuder, I., & G. de Membrillera, M. (2006).

[5] Reliability assessment of granular filters in embankment dams. International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, 5(8), 1019–1037.

PRODUCTION D'HYDROGÈNE EN PHOTORÉACTEUR : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE ET MODÉLISATION

G. FOIN¹, C. SUPPLIS¹, J.-F. CORNET¹, F. GROS¹, J. DAUCHET¹, T. VOURC'H¹

(1) : Université Clermont Auvergne, Clermont Auvergne INP, CNRS, Institut Pascal, UMR 6602, F-63000 Clermont-Ferrand, France

INTRODUCTION

Le réchauffement climatique et la raréfaction des ressources pétrolières menacent notre civilisation thermo-industrielle. Il est nécessaire de remplacer le pétrole et ses dérivés, notamment pour la mobilité.

Pour substituer aux énergies fossiles, les énergies renouvelables sont une solutions alternative intéressantes mais incomplètes, notamment par la difficulté de stockage de l'électricité. L'hydrogène H_2 semble alors un vecteur énergétique complémentaire idéal. Cependant, il est en grande partie produit grâce aux ressources fossiles mais peut l'être à partir d'énergies renouvelables telle que l'électrolyse de l'eau. D'autres technologies sont encore à l'état de recherche, comme le procédé de photolyse de l'eau, ayant comme intérêt une simplification du processus de production d'hydrogène.

La photolyse de l'eau est un procédé photo-catalytique mettant en œuvre des semi-conducteur ou des molécules organiques. Sous irradiation solaire, ces photo-catalyseurs vont absorber un photon et générer une paire électron/trou ($e^-|h^+$). L'électron va être mis en jeu dans une réaction électrochimique de réduction de l'eau, et produire de l'hydrogène.

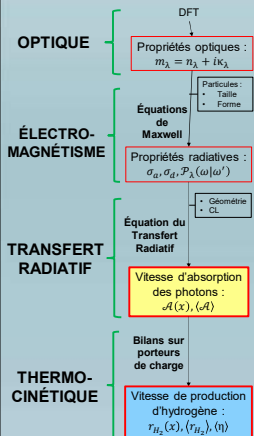
Le procédé se heurte à deux verrous technologiques :

- Produire des photo-catalyseurs efficace, stable et bon marché.
 - Atteindre une efficacité énergétique de 10% afin de pouvoir industrialiser cette technologie.
- Cette thèse se concentre essentiellement sur la modélisation et l'optimisation du procédé, validé par l'expérimentation, afin d'améliorer son efficacité énergétique et de comprendre les mécanismes mis en jeu.

MÉTHODES

Partie théorique : Modèle Prédictif

Structure du modèle



Transfert de Rayonnement

L'Équation du Transfert Radiatif étudie la variation du nombre de photons dans le milieu. Les particules absorbent et diffusent le rayonnement. Sa résolution [1] permet d'accéder à la vitesse d'absorption du rayonnement A .

Couplage Thermocinétique

- (1) Absorption d'un photon supérieur à E_{gap}
- (2) Génération d'une paire $e^-|h^+$.
- (3) Réduction de l'eau.
- (3') Recombinaison possible, perte d'électron.
- (4) Oxydation des donneurs sacrificiels.

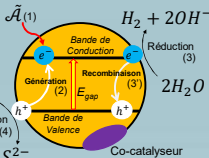
Les bilans sur e^- et h^+ donnent :

$$\tilde{r}_{H_2} = S_p a_p \beta \left(1 + \frac{\rho_m \bar{A}}{S_p a_p \beta} - 1 \right)$$

On a une relation non-linéaire du couplage.

Le paramètre $\beta = \frac{k_{oxk_{red}}}{4k_{rec}}$ dépend des constantes de vitesse de réduction, d'oxydation et de recombinaison.

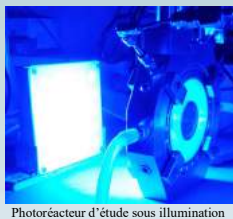
- S_p et a_p sont les surface et surface spécifique de la particule
- ρ_m est le rendement maximum de conversion du rayonnement



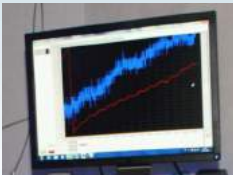
Un co-catalyseur peut-être déposé à la surface des particules. Cela réduit les recombinaisons et augmente la production d'hydrogène.

Partie pratique : Dispositif Expérimental

La production d'hydrogène est expérimentée avec des particules de Sulfure de Cadmium CdS seule, ainsi qu'avec un dépôt de Disulfure de Molybdène MoS_2 comme co-catalyseur.



Photoreacteur d'étude sous illumination



Mesure temporelle de la pression en hydrogène

- La comparaison au modèle du transfert de rayonnement est simplifié grâce à la géométrie torique de photoréacteur, ainsi qu'au panneau de LED quasi-collimaté normal, contrôlant le flux lumineux.
- La température est contrôlée par un bain thermostatique et une double enveloppe.
- La production d'hydrogène est mesurée par un capteur de pression.

Un bilan massique sur l'hydrogène dans la phase liquide et gaz [1] permet d'établir une relation entre la différence de pression et la vitesse moyenne de production d'hydrogène expérimentale :

$$\langle r_{H_2} \rangle_{\text{expérimental}} = \left[\frac{V_G}{V_L RT} + \frac{1}{H_{H_2}} \right] \frac{dP}{dt}$$

- V_G et V_L volume du ciel gazeux et du liquide.
- H_{H_2} , constante de Henry dans le milieu.

RÉSULTATS

Les résultats expérimentaux permettent de valider le modèle théorique du couplage thermocinétique.

Ils peuvent également venir en appui pour la réification de paramètres non prédit à ce jour, tel le facteur β .

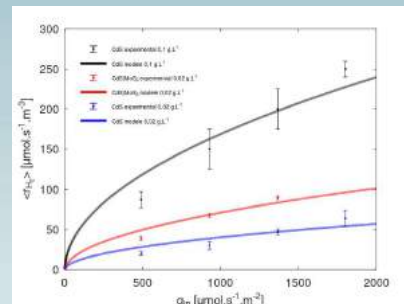
La concentration est un paramètre important du système, mais d'autres phénomènes doivent également être pris en compte.

Vitesse volumétrique de production d' H_2

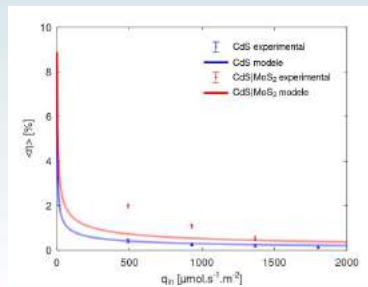
❖ $\langle r_{H_2} \rangle_{\text{modèle}}$ est obtenue en multipliant \tilde{r}_{H_2} par le nombre de particules, puis en moyennant sur le volume.

❖ La co-catalyse permet une production accrue d'hydrogène, de même que l'augmentation de la concentration.

❖ Le paramètre β est identifié pour une concentration, puis utilisé de manière prédictive pour l'autre.



Vitesse de production d' H_2 en fonction de la densité de flux incidente q_{in} pour différentes concentrations, avec et sans co-catalyseur.



Efficacité thermodynamique volumique (η) en fonction de la densité de flux q_{in} pour une concentration de $0,02 \text{ g.L}^{-1}$, avec et sans co-catalyse.

❖ L'efficacité thermodynamique volumique (η) correspond au rapport énergétique entre les vitesses d'absorption des photons et de production d'hydrogène.

❖ L'efficacité thermodynamique augmente grandement avec la diminution du flux lumineux. En conditions solaires, il semble intéressant de diluer le flux.

❖ Le modèle doit encore être amélioré afin d'estimer plus précisément l'effet de la co-catalyse.

La production d'hydrogène est améliorée par l'augmentation de la concentration, ainsi que par le dépôt du co-catalyseur MoS_2 , réduisant le nombre de recombinaisons $e^-|h^+$ au sein de la particule.

L'augmentation de l'efficacité thermodynamique à faible flux démontre bien l'intérêt de la dilution du rayonnement.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

- ✓ La conception du dispositif expérimental permet une comparaison *modèle/expérience* simplifiée.
- ✓ La vitesse moyenne de production d'hydrogène ($\langle r_{H_2} \rangle$) peut être modélisée avec une faible erreur.
- ✓ L'efficacité énergétique est améliorée par dépôt de co-catalyseur et par dilution du rayonnement.

En terme de perspectives, on cherchera à :

- Étudier l'influence de la taille des particules, de la température et du pH sur $\langle r_{H_2} \rangle$.
- Réifier le β à partir de la physique du solide, notamment la théorie de Marcus-Gerisher afin de caractériser le transfert d'électron et de prédire sa valeur.
- Intégrer, dans le modèle, l'influence de la co-catalyse.
- Éventuellement appliquer ce modèle à la réduction du CO_2 pour la production de méthanol.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] C. Supplis, *Modélisation et étude expérimentale de la production d'hydrogène solaire en photoréacteur*, Thèse, Génie des procédés, UCA, 2020.

Objective

► Developing an end-to-end automatic emotion recognition system, based on the facial, vocal and textual modalities, that:

1. Captures view-specific and cross-view interactions
2. Performs dimensionality reduction on heterogeneous data
3. Manages contradictory information from the three modalities
4. Quantifies the uncertainty associated with the extracted features and the final decision

Context & Motivations

► The company *Jeolis Solutions* designs and provides software solutions for **patient management and monitoring**. They intend to correlate the emotional state of the patient with his/her responses to protocolised questionnaires: this is to help health professionals to get insights into the patient's well-being and prevent a potential risk of relapse, which is critical for patients suffering from a chronic or mental pathology.

Other projects in *Jeolis Solutions* will benefit from the development of an automatic emotion recognition system such as **quality of work life monitoring** and **customised physical activity coaching**.

► In the state of the art, many research papers have focused on a single modality (audio, image or text) for emotion recognition. However, this is not completely reliable as different modalities can give contradictory information about the emotion expressed (cf. figure below) and humans are besides able to control their facial expressions. On the other hand, only a few papers deal with all three channels. Therefore, there is a need to develop a model which combines the three modalities with a multimodal fusion technique, while taking the context into account. This has to be done with a certain degree of uncertainty, firstly because of possible conflicting information and secondly because some people are not able to fully express their emotions.

Language: *And he I don't think he got mad when hah I don't know maybe.* *Too much too fast, I mean we basically just get introduced to this character...* *All I can say is he's a pretty average guy.*



Figure: Data examples from CMU-MOSEI database [1]

Emotions in psychology

► Emotions are **subjective experiences**: they are brief, can be pleasant or not, and involve physiological arousal. They are expressed at five levels: cognitive (through a subjective appraisal of the situation), physiological, expressive, motivational and behavioural.

► They have two primary functions: **adaptive** and **communicative**.

References

- [1] A. Zadeh et al. Multimodal language analysis in the wild: CMU-MOSEI dataset and interpretable dynamic fusion graph. *ACL - 56th Annual Meeting*, 1:2236–2246, 2018.
- [2] O. Langner et al. Presentation and validation of the Radboud Faces Database. *Cognition and Emotion*, 24(8):1377–1388, 2010.
- [3] M. Karg et al. Body Movements for Affective Expression: A Survey of Automatic Recognition and Generation. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 4(4):341–359, 2013.
- [4] C. Busso et al. IEMOCAP: Interactive emotional dyadic motion capture database. *Language Resources and Evaluation*, 42(4):335–359, 2008.

Funding

► This work is currently being done under a CIFRE contract between the laboratory LIMOS and the company Jeolis Solutions.



Challenges

► Identification of model complexity factors:

- ▷ Heterogeneous and high-dimensional data with sensor noise
- ▷ Fusion of multi-source data with conflicting information
- ▷ Uncertainty in data and reasoning

► Choice of the emotional model:

- ▷ Discrete approach: Multiple representations of the primary emotions (innate and universal). The most common one is the six basic emotions of Paul Ekman: **anger**, **disgust**, **fear**, **happiness**, **sadness** and **surprise**.

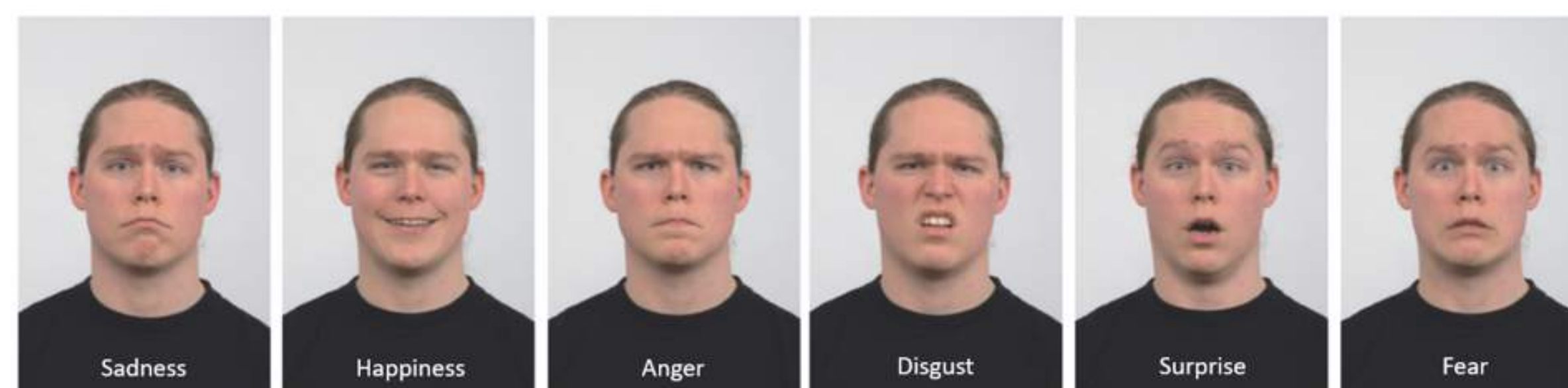


Figure: The six basic emotions from Radboud Faces database [2]

- ▷ Continuous approach: Researchers commonly agree with two dimensions: **arousal** (the energy required to express the emotion) and **valence** (whether the emotion is pleasant or not). The third dimension generates discussion: **dominance** (whether we are in control of the event) and **potency** (attention/rejection) are two examples.

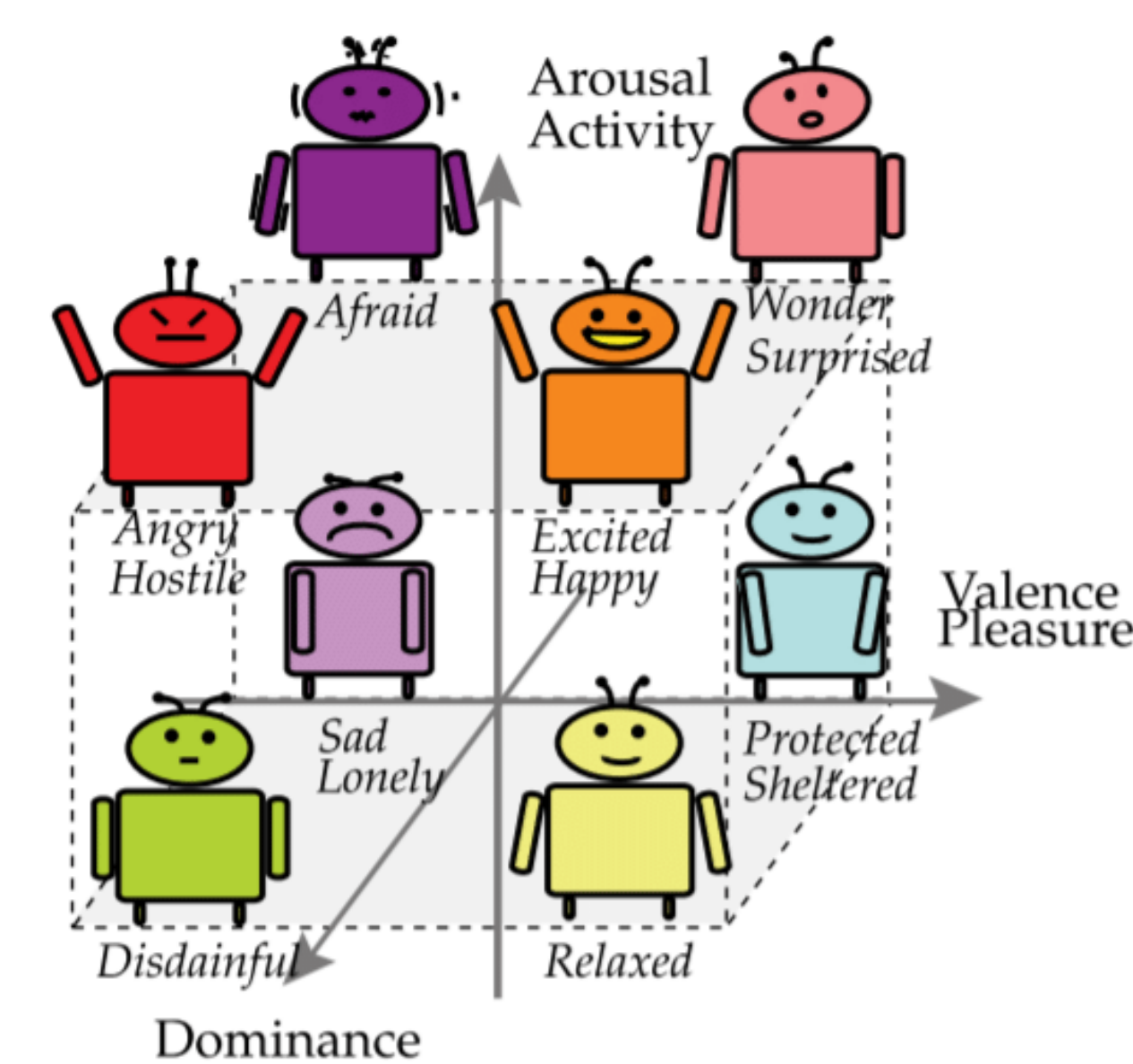


Figure: The Pleasant-Arousal-Dominance (PAD) model [3]

► Choice of the dataset:

- ▷ Natural, induced or acted emotions
- ▷ Emotional labels: discrete or dimensional
- ▷ Modalities: audio, video, text, hand and head gestures, EEG, ECG, ...
- ▷ Recording conditions: studio, human-computer interaction, TV show, YouTube videos, ...
- ▷ Number and type of people involved in the data, variety in the topics
- ▷ Size of the dataset and application cases

Databases

► Here are two examples of emotion recognition databases, which include the audio, facial and vocal modalities and caught our interest:

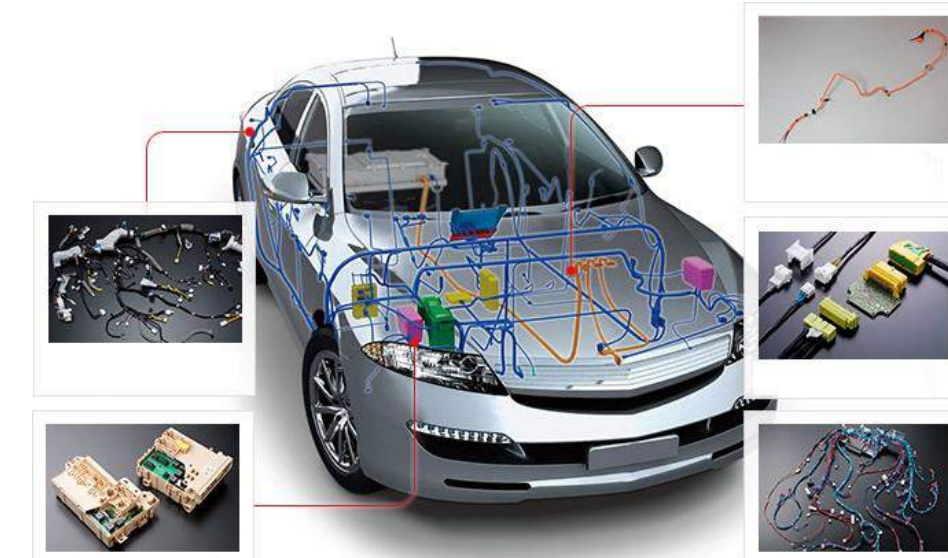
Database	IEMOCAP [4]	CMU-MOSEI [1]
# of data	10 039	23 453
Emotions	Happiness, Sadness, Anger, Neutral + arousal, valence, dominance	The 6 basic emotions
Context	Studio	YouTube videos with 250 topics
Speakers	Actors	Casual people
# of speakers	10	1000

Roadmap

- Define the application context and choose consequently the database
- Develop a **dimensionality reduction algorithm** on heterogeneous data
- Design a new emotion prediction model based on multi-source data while:
 - ▷ Integrating a new **multimodal fusion technique** capable of capturing intra- and inter-modality interactions and **robust to sensor noise**
 - ▷ Managing **conflicting information** across emotional cues
 - ▷ Taking into consideration the **uncertainty** in the data or in the reasoning

Contexte

Le nombre croissant de dispositifs d'électronique de puissance dans une automobile et leur impact sur le réseau électrique du véhicule imposent des contraintes de plus en plus sévères en termes de fiabilité et de sécurité. **L'analyse des performances électromagnétiques** est une partie intégrante du développement d'un véhicule et doit intervenir dès le début de la phase de conception de celui-ci. **L'optimisation CEM** de systèmes complexes passe donc par le développement de **méthodologies de modélisation sophistiquées**. Cependant l'utilisation directe des outils existants pour l'analyse d'un grand système, prenant en compte les interactions fortes entre sous-systèmes, et la **complexité** des phénomènes à résoudre traduite par la **multitude des échelles** et des **méthodes numériques** n'a pas pour autant progressé. Il est donc impératif de **faire échanger les différents modèles** des sous-ensembles afin de réaliser une **modélisation complète** d'un système industriel.



Le sujet de ma thèse s'inscrit dans le cadre d'un **projet ANR** en collaboration avec d'autres laboratoires de recherche (GEEPS/CentraleSupélec, AMPERE/Centrale Lyon, IETR/Rennes).

Objectifs

- Quantification des incertitudes pour la Co-simulation des problèmes CEM : **propagation des incertitudes** des variables aléatoires d'entrée entre les sous modèles.
- Etude de la **variabilité** d'un ou plusieurs observables en réalisant une **analyse de sensibilité**.

Introduction

La complexité des problématiques CEM à traiter introduit des **incertitudes** pouvant être liées à la **source d'excitation** dans le cas où celle-ci est connue, aux **propriétés électriques et/ ou magnétiques** des matériaux ou encore liées aux **paramètres géométriques** définissant la structure.

→ Nécessité de considérer l'impact des incertitudes dans les simulations CEM afin d'identifier les contributions des variables aléatoires (v.a.) d'entrée.

Notions de probabilité

Soit X une variable aléatoire, alors $Y = f(X)$ est une variable aléatoire.

Valeur moyenne	$\langle Y \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x)p(x)dx$	Densité de probabilité	$p(X) = \int_a^b f(x)dx$
Variance	$var(Y) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x)^2 p(x)dx - \langle Y \rangle^2$		$X \in [a, b]$

Méthodes stochastiques

I. Monte Carlo

Méthode basée sur **le calcul des intégrales simples** et **la loi des grands nombres**.

$$\langle f(X) \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f(x_i) \quad var(f(X)) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f(x_i)^2 - \langle f(X) \rangle^2$$

x_i : points aléatoires sur un domaine D .
 n : nombre de tirage aléatoire.

II. Collocation stochastique

Approximation polynomiale d'une fonction d'une ou plusieurs variables aléatoires. Méthode basée sur deux principes de l'analyse numérique : **les polynômes de Lagrange** et **les règles de quadrature**.

$$\langle f(X) \rangle = \sum_{i=1}^n \omega_i f(x_i) \quad var(f(X)) = \sum_{i=1}^n \omega_i f(x_i)^2 - \langle f(X) \rangle^2$$

x_i : points de collocation sur un domaine D .
 n : nombre de points de collocation.

Analyse de sensibilité

L'**analyse de sensibilité** est l'étude de la façon dont l'**incertitude de la sortie** peut être attribuée à l'**incertitude de(s) entrée(s)**.

Il s'agit d'estimer des **indices de sensibilité** qui quantifient l'impact des incertitudes des paramètres d'entrée sur les variables de sortie.

Les indices de Sobol sont basés sur une **décomposition de variance**. Ils se généralisent aux ordres supérieurs pour quantifier la variance attribuée à l'interaction entre les paramètres.

Indice d'ordre 1

$$S_i = \frac{Var(E[Y|X_i])}{Var(Y)}$$

Indice d'ordre 2

$$S_{ij} = \frac{Var(E[Y|X_i, X_j])}{Var(Y)} - S_i - S_j$$

Indice totaux

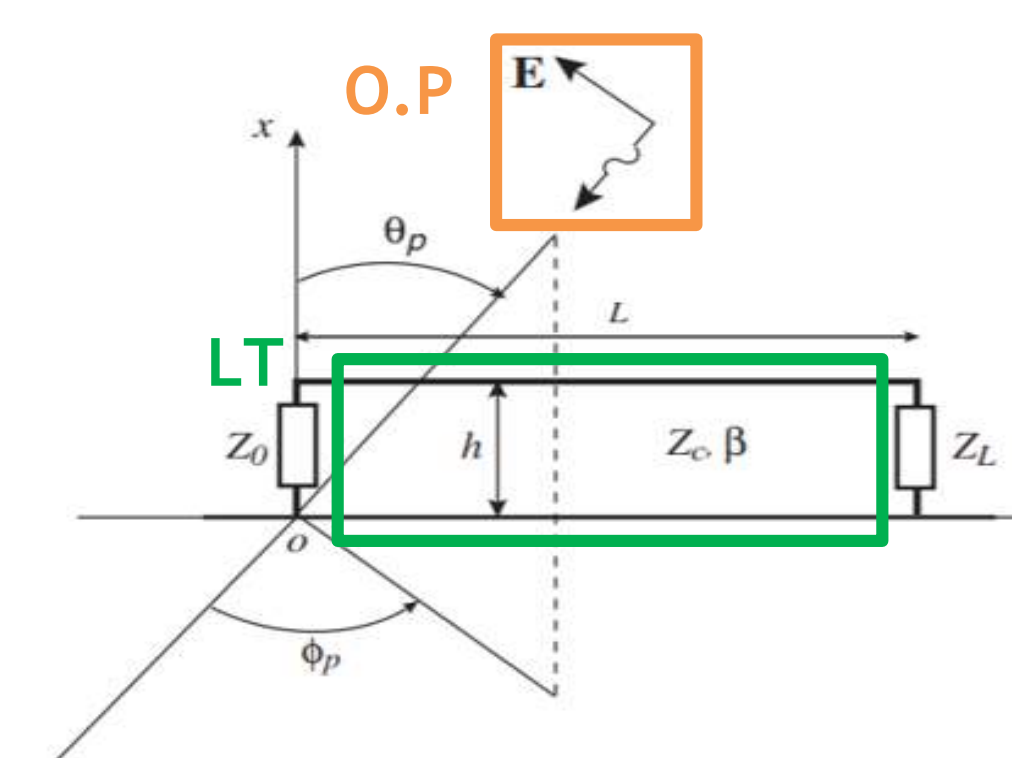
$$S_{Ti} = \sum_{k \in K} S_k$$

Résultats

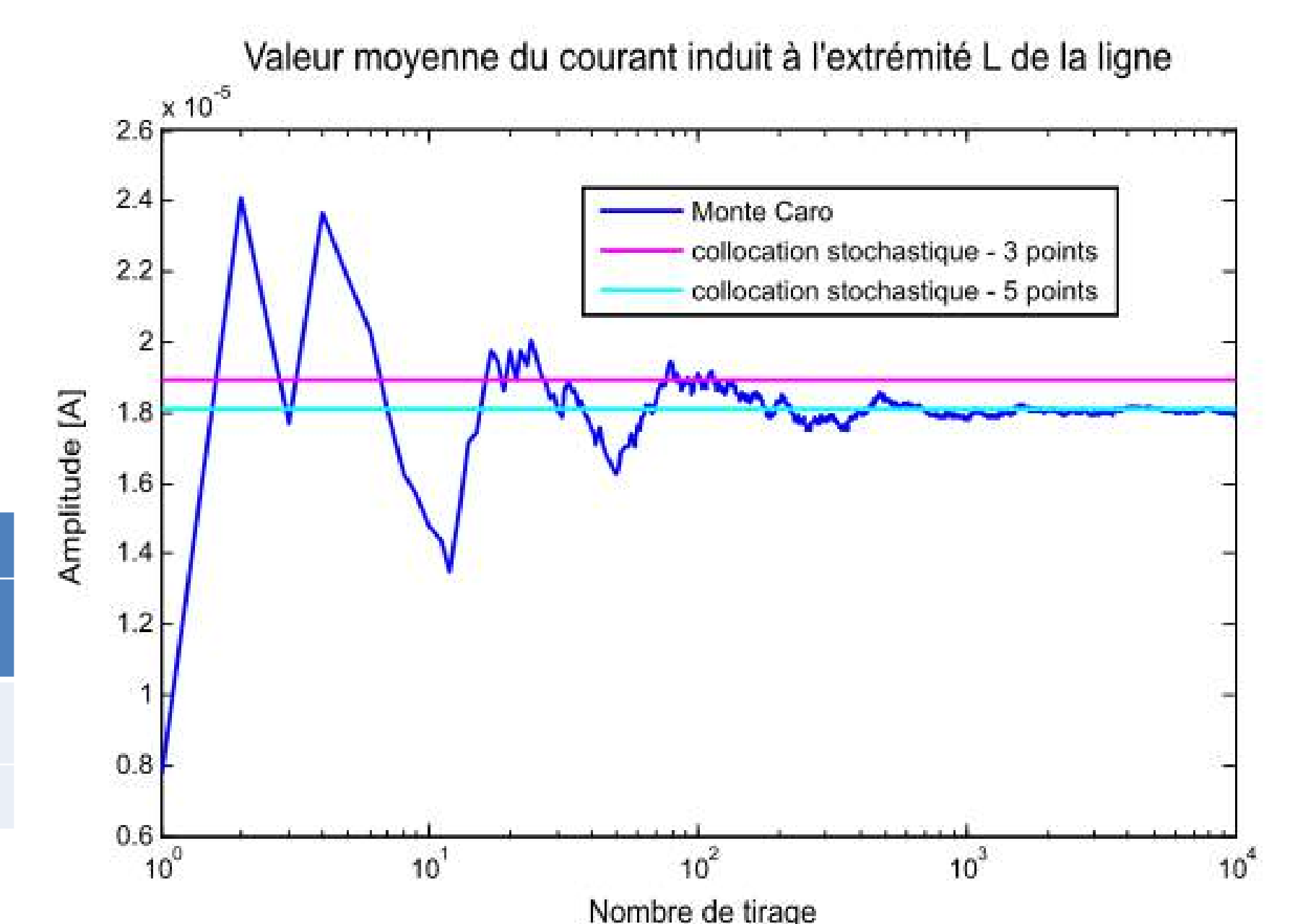
I. Problème analytique :

Approximation du courant induit au niveau de la charge de la ligne

$I = f(L)$ Loi uniforme sur $[-1, 1]$, $\alpha = 10\%$



	Monte Carlo	Collocation stochastique	
		3 points	5 points
$\langle I \rangle$	0.0946e-05	9.4623e-06	9.4626e-06
$var(I)$	3.2643e-06	3.2670e-06	3.2670e-06

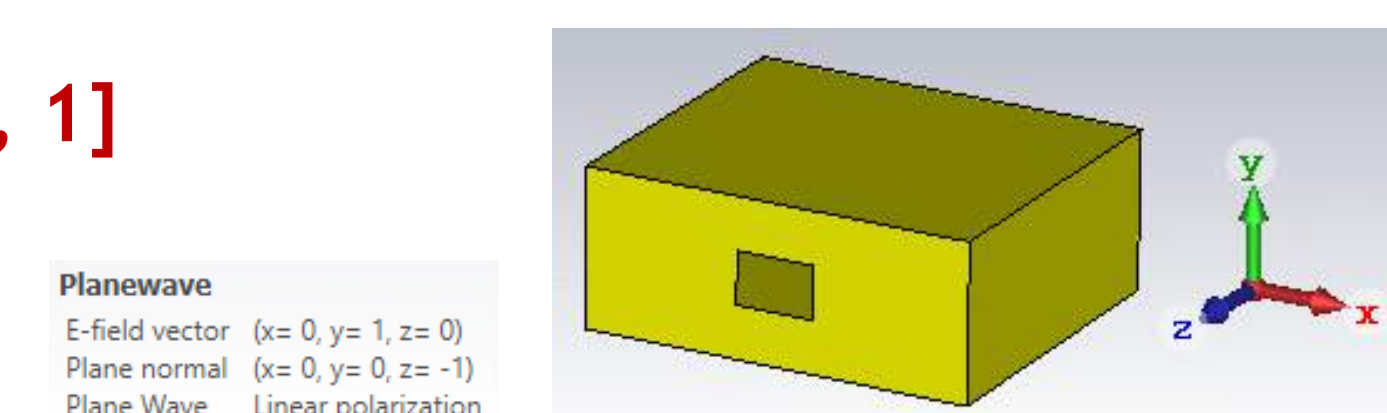
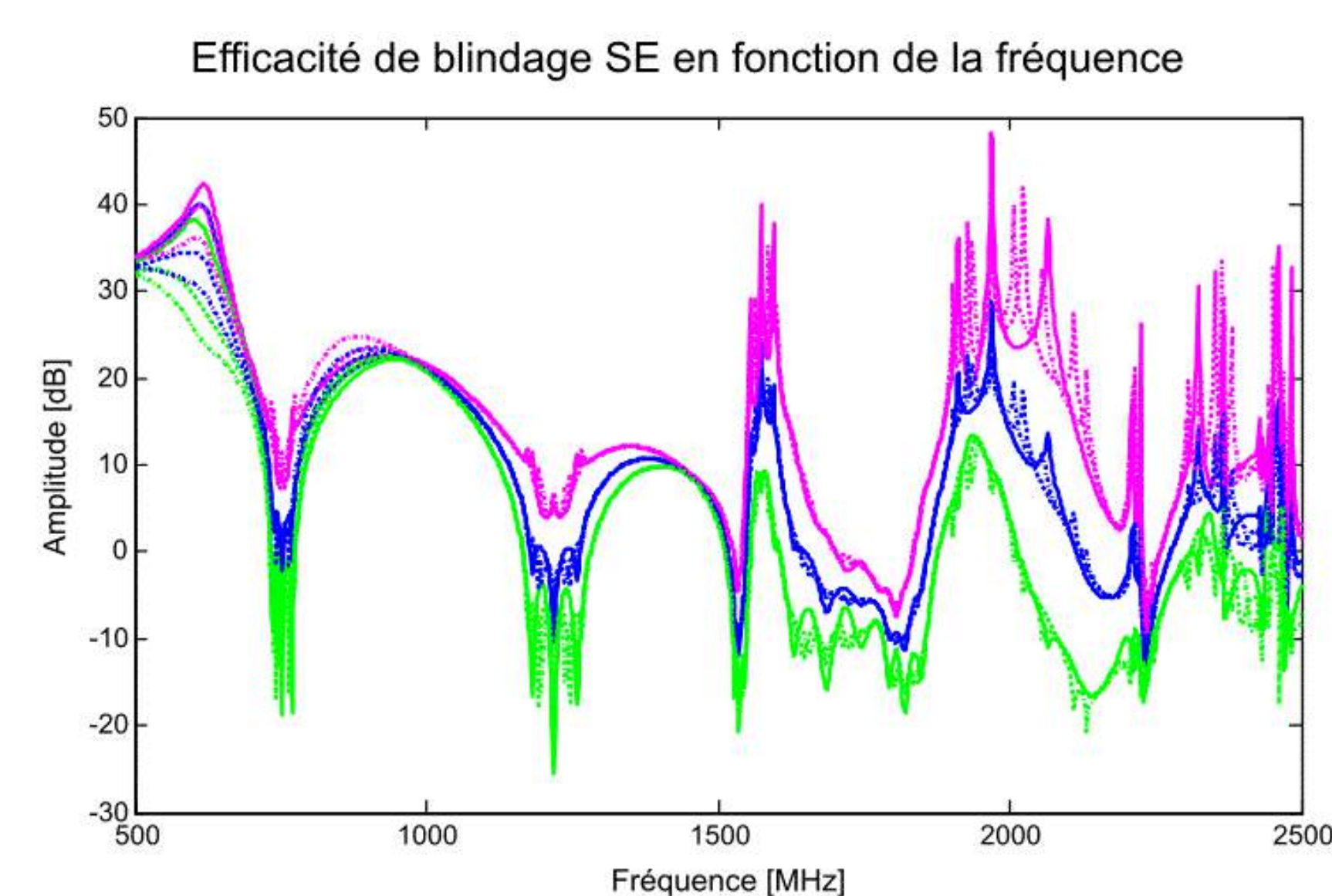


II. Problème 3D :

Evaluation de l'efficacité de blindage d'un boîtier métallique muni d'une ouverture

Outil de simulation : logiciel 3D CST MWS

3 v.a. (x_{min} , y_{min} et dz), **loi uniforme sur $[-1, 1]$**



Planewave
E-field vector ($x=0, y=1, z=0$)
Plane normal ($x=0, y=0, z=-1$)
Plane Wave Linear polarization

Frequency : 0.5GHz
2.5GHz
C.A.L : Open (Add Space)
Background : Normal

Legend for the graph:
- <SE> pour 3 points de collocation
- <SE> + sig (SE) pour 3 points de collocation
- <SE> - sig (SE) pour 3 points de collocation
- <SE> pour 5 points de collocation
- <SE> + sig (SE) pour 5 points de collocation
- <SE> - sig (SE) pour 5 points de collocation
- <SE> pour 7 points de collocation
- <SE> + sig (SE) pour 7 points de collocation
- <SE> - sig (SE) pour 7 points de collocation

Conclusion

- La méthode de Monte Carlo nécessite un **grand nombre de tirage** : convergence **lente** en $1/\sqrt{n}$.
- La méthode de collocation stochastique nécessite **moins de simulations**, elle est **non intrusive**, et est basée sur une **approximation polynomiale** simplifiée.

Difficultés et limitations :

- Choix de la loi de probabilités (points de collocation).
- Limitation de la méthode à peu de variables aléatoires (croissance exponentielle n^k pour k variables aléatoires et n points de collocation).
- Application à la co-simulation.

Références

[1] P. Bonnet, F. Diouf, C. Chauvière, S. Lalléchère, M. Fogli and F. Paladian. " Numerical simulation of a Reverberation Chamber with a stochastic collocation method ", Comptes Rendus Physique, vol. 10, pp. 54-64, 2009.

[2] A. Kouassi, J. Bourinet, S. Lalléchère, P. Bonnet and M. Fogli, " Reliability and Sensitivity Analysis of Transmission Lines in a Probabilistic EMC Context ", IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 58, no. 2, pp. 561-572, April 2016.

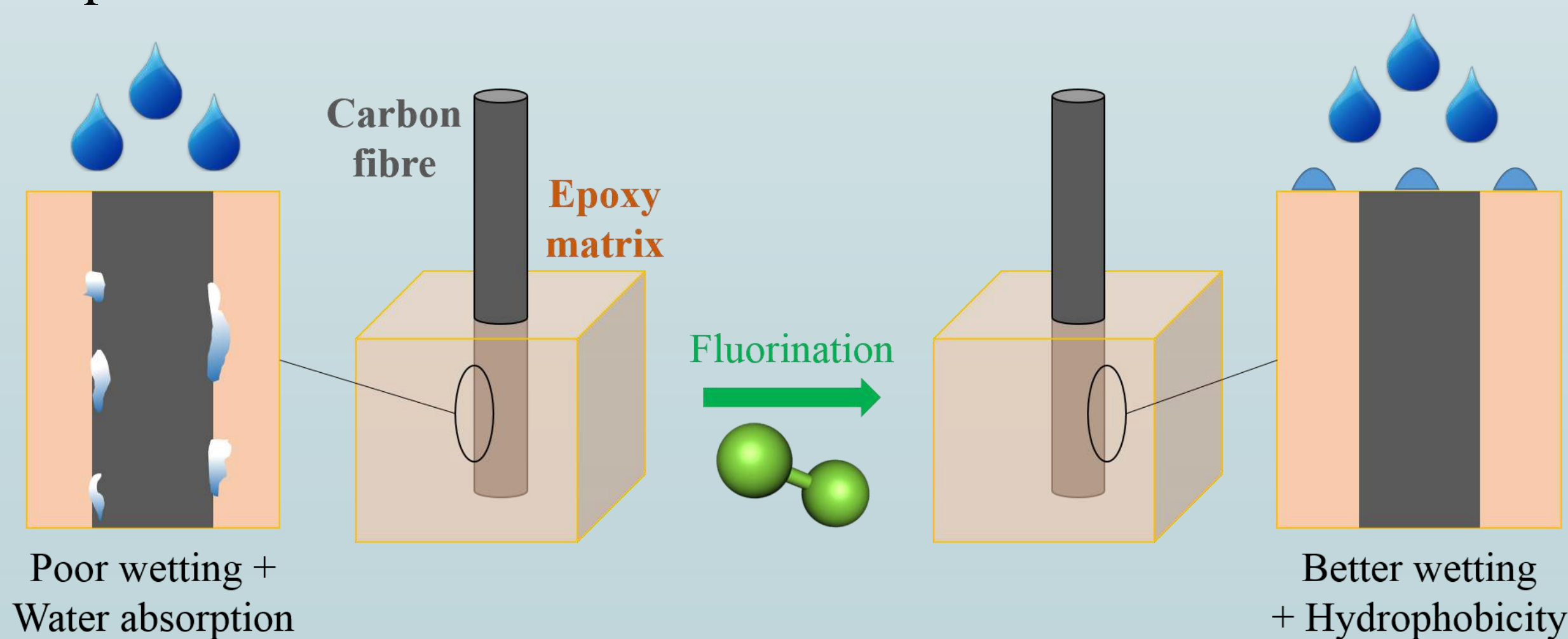
[3] V.Rannou, F.Brouaye, M.Helier and W.Tabbara. " Kriging the quantile: application to a simple transmission line model", Inverse problems, vol. 18, pp. 37-48, 2002.

Contact : imane.massaoudi@uca.fr

Introduction

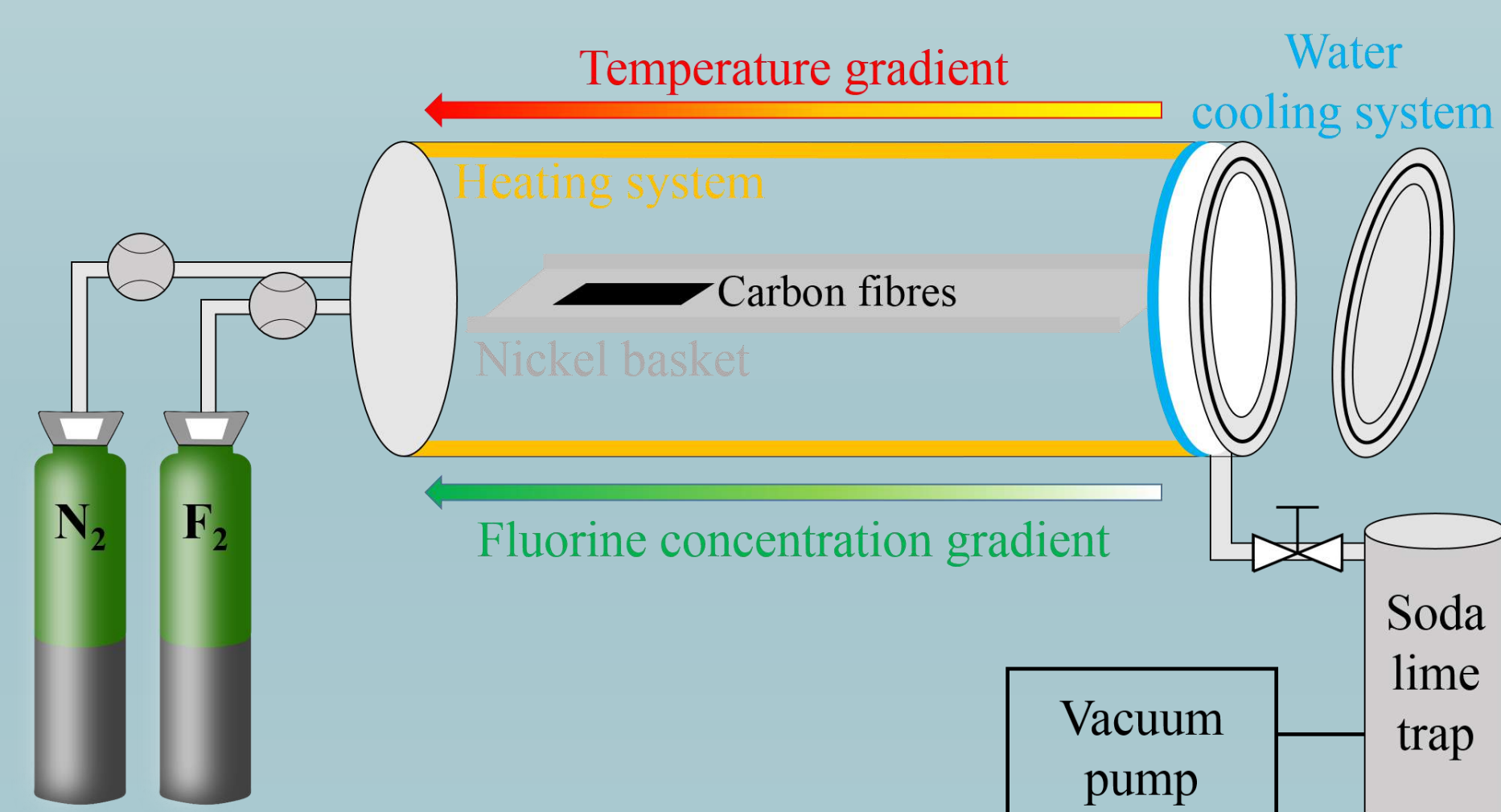
Carbon fibres (CFs) are outstanding materials, with one of the highest Young moduli (up to 760 GPa) and strengths (up to 5.65 GPa) amongst reinforcing fibres. However, in order to exploit their mechanical properties in composites, the adhesion at the interface between the fibres, which support the stress, and the matrix, which distributes it, has to be optimised [1], by functionalising the highly inert fibre surface.

Fluorination is a well-known way to functionalise carbonaceous materials. Under the right fluorination conditions, several properties of CFs can be improved: hydrophobicity [2], tensile strength, wetting and interfacial shear strength with matrix, as well as the mechanical and ageing properties of composites reinforced with fluorinated CFs.



Methods

CF fabric is a HiMax™ FCIM 313 from Hexcel sized with Bisphenol A diglycidyl ether (DGEBA). CFs were treated using static fluorination under various temperatures (from 20°C to 450°C).

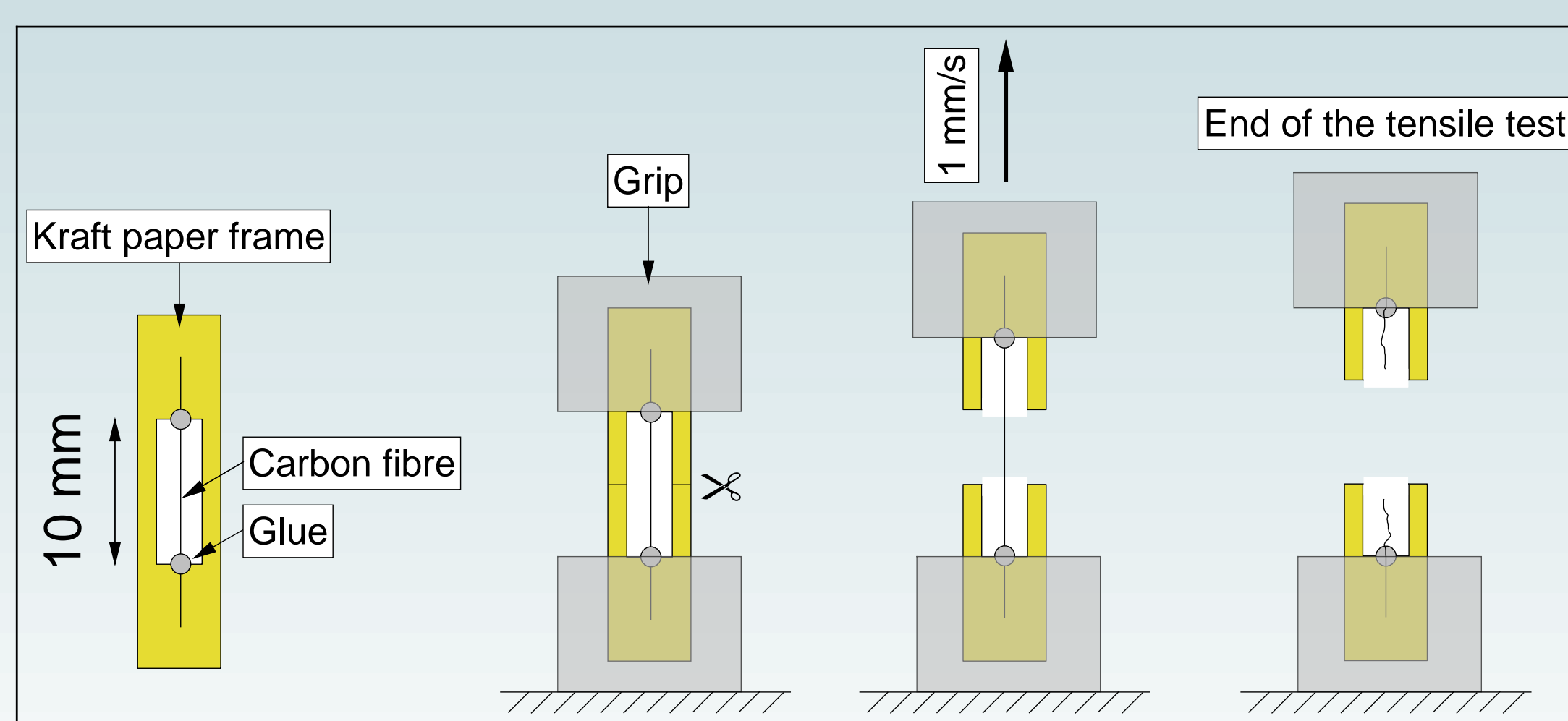


Surface characterisations:

- ICCF: Atomic Force Microscopy (AFM), Specific Surface Area (SSA), wettability, and tribology measurements {ICCF}
- Wettability measurements {C2MA}
- X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS) {IS2M}
- Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDX) {LMV & 2MATech}

Bulk characterisations:

- Spectroscopies: Infra-Red (ATR-IR) and Raman {ICCF}
- Resonances: Fluorine Nuclear Magnetic Resonance (¹⁹F NMR), Electron Spin Resonance (ESR) {ICCF}
- X-Ray Diffraction (XRD) {ICCF}
- Thermo-Gravimetric Analysis (TGA) {ICCF}
- Tensile strengths measurements {SIGMA Clermont}



Tensile test of a carbon fibre

Results

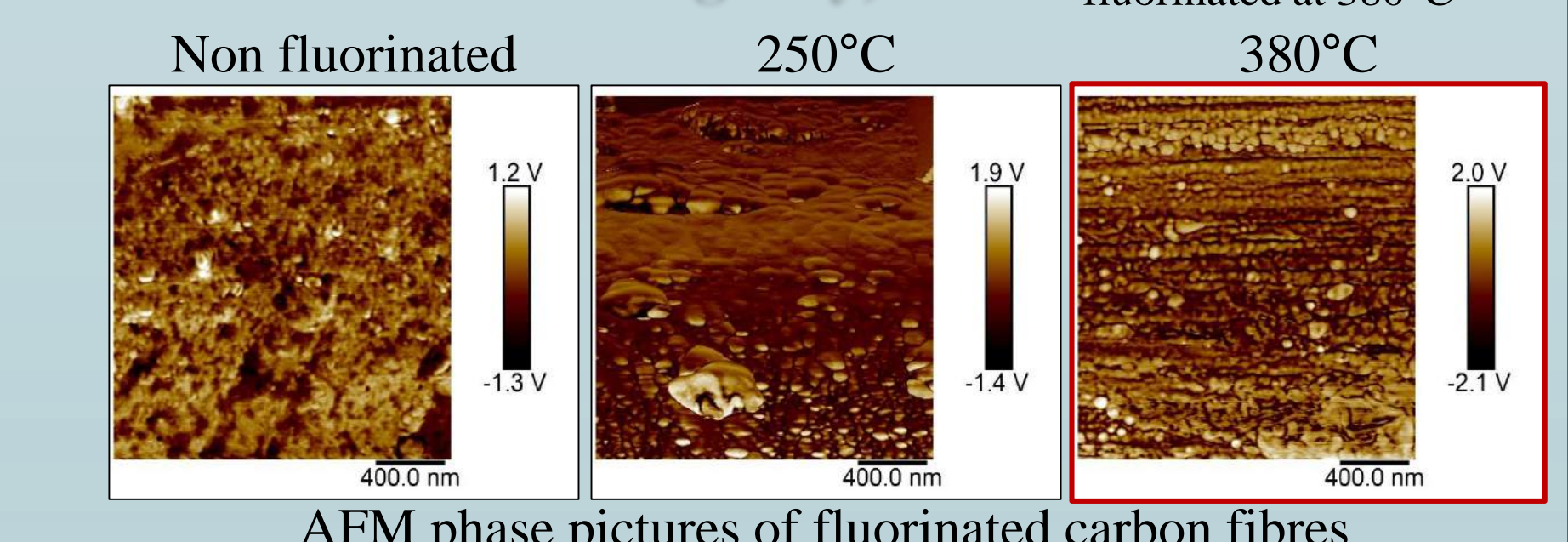
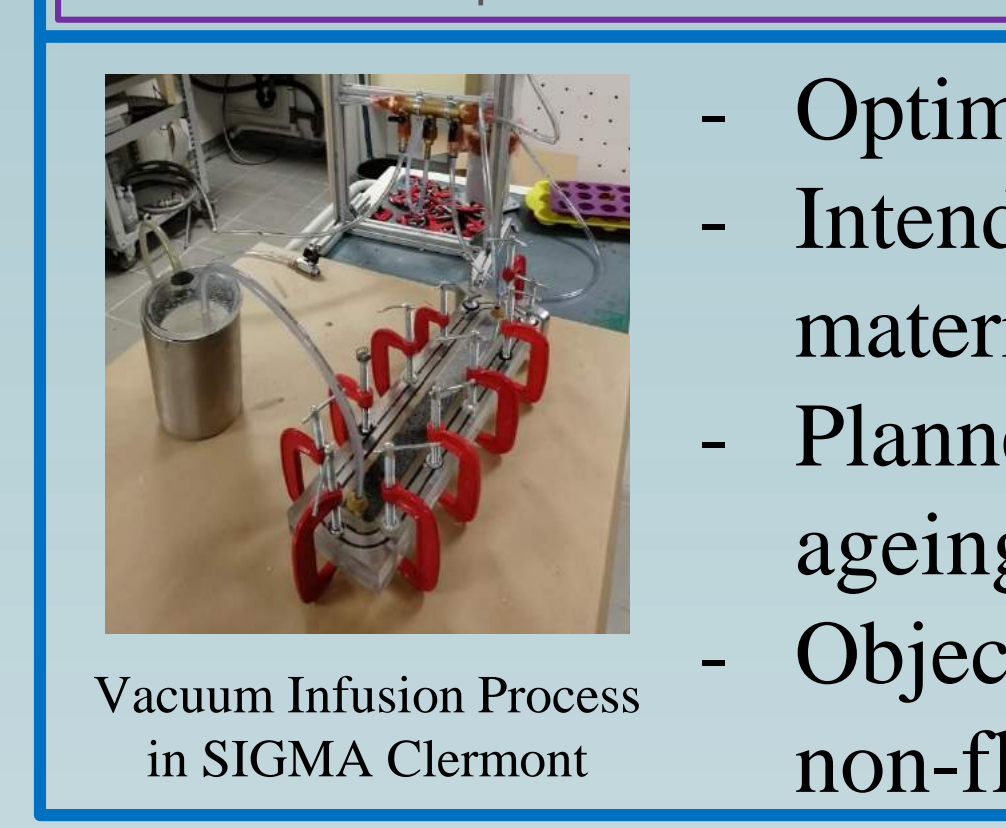
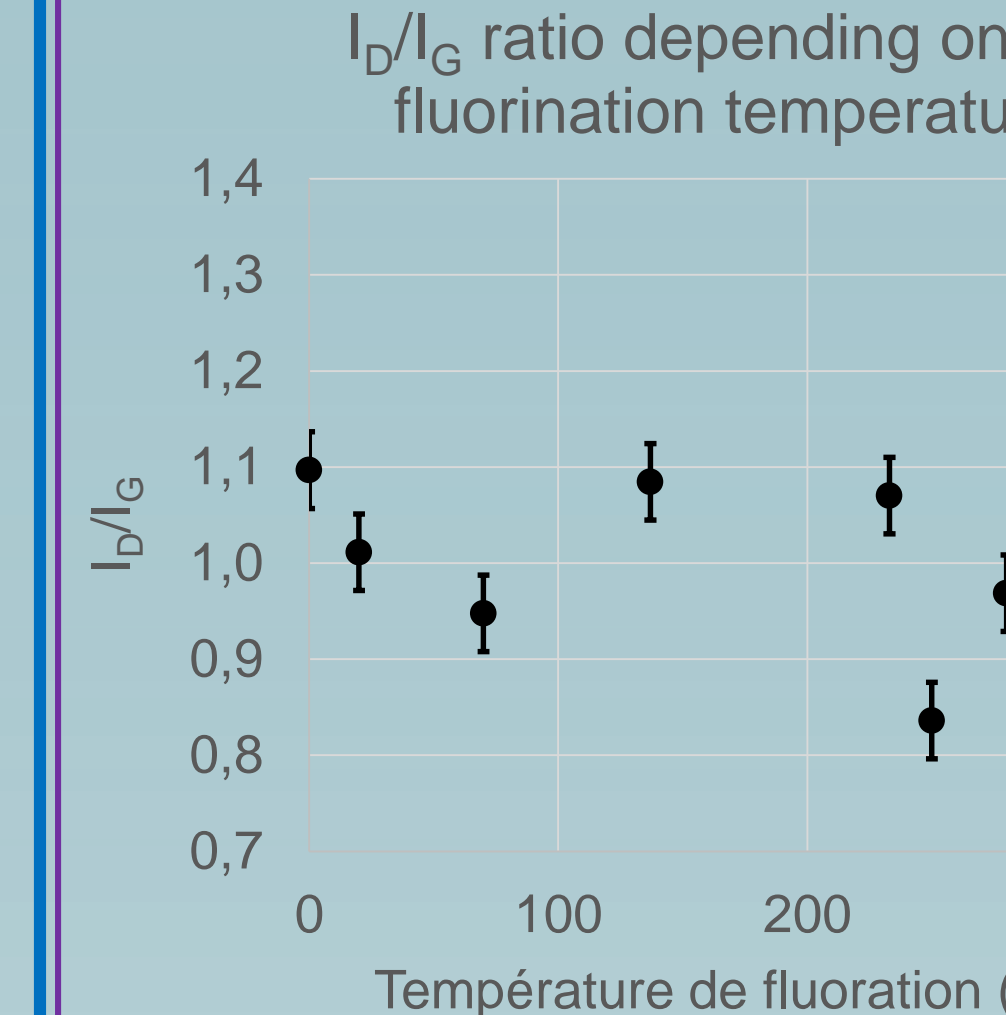
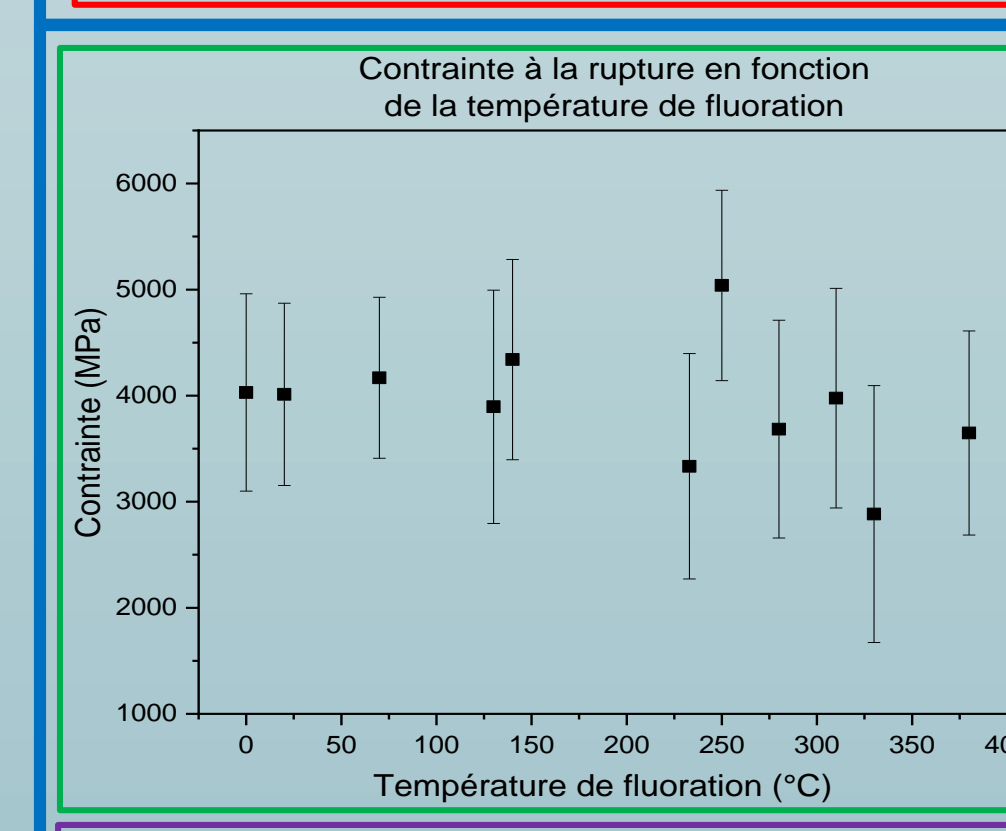
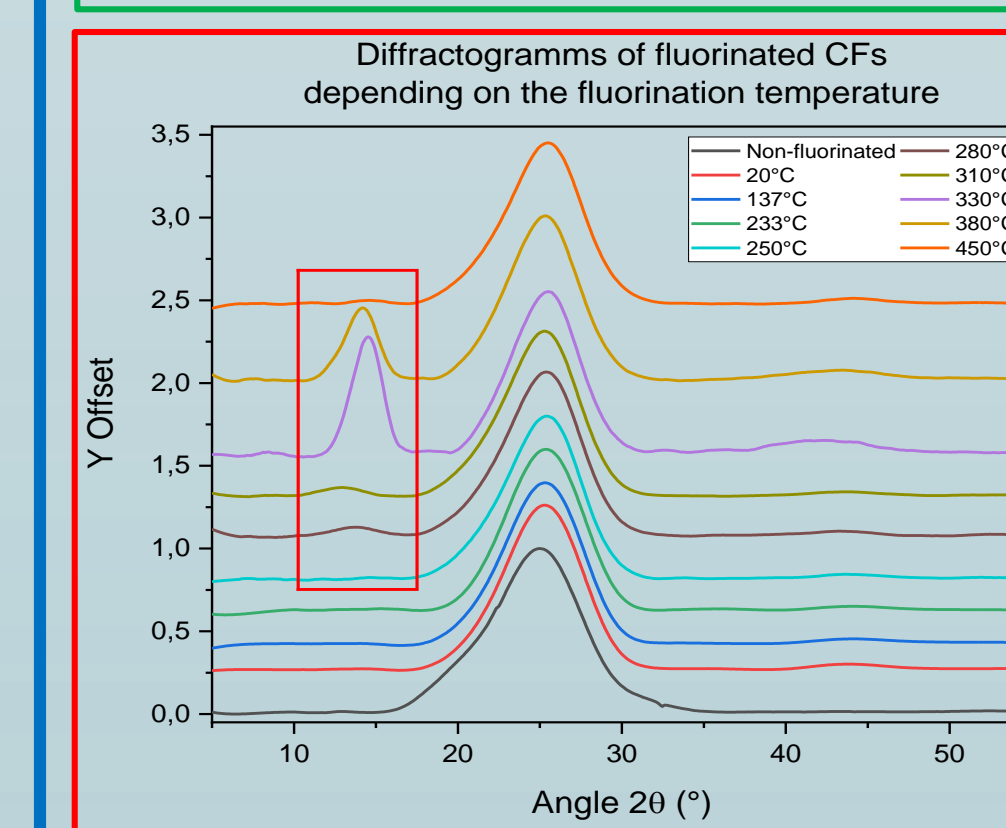
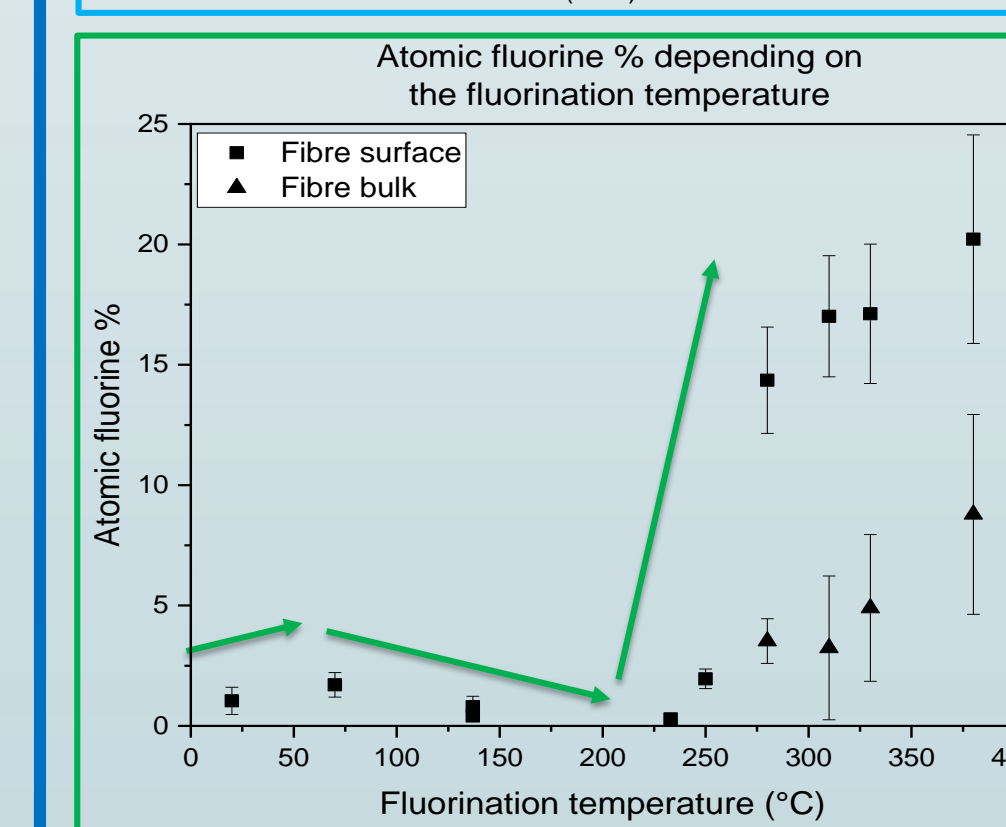
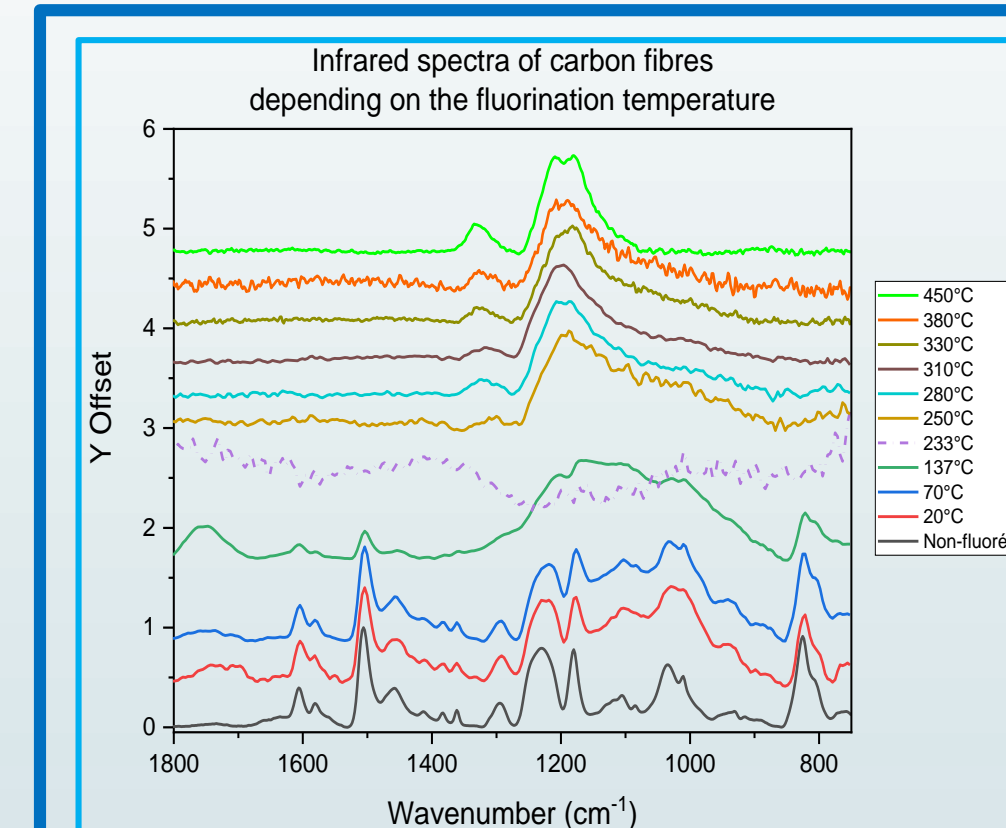
Structural evolutions

T ≤ 137°C: sizing fluorination
{3} (900-1200 cm⁻¹ massif, slight fluorine % increase)

T = 233°C: desizing of the fibre
(massif disappearance, fluorine % decrease)

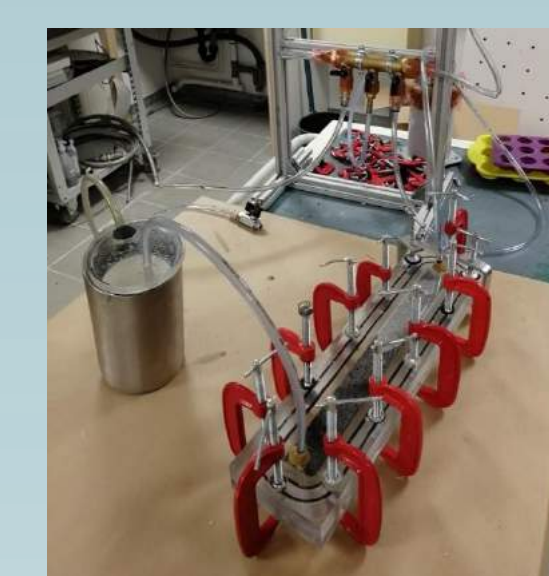
250°C < T < 330°C: carbon fluorination
(1200 cm⁻¹ peak, fluorine % sharp increase, fluorocarbon peak at 15°)

T > 330°C: fibre degradation
(fluorocarbon peak disappearance, exfoliation, creation of a nanorugosity)



Conferred properties

Tensile properties maintained
(even improved for 250°C)
Better structural organisation (less disorder)
Better hydrophobicity (higher contact angles)



Vacuum Infusion Process in SIGMA Clermont

- Optimum: fibres fluorinated at 250°C
- Intended application: reinforcement in composite materials made by vacuum infusion process
- Planned tests : mechanical (tensile, flexural, creep) and ageing tests (immersion in water)
- Objective: comparison with composites reinforced with non-fluorinated CFs

Conclusions

- Several fluorination reactions are possible depending on the fluorination temperature.
- Fluorinated carbon fibres are highly hydrophobic with a very low polar component, which should improve ageing properties and fibre-matrix interface.
- Slight carbon fluorination (250°C) leads to an increase of the crystalline order and of the tensile strength, while further fluorination decreases them.

Bibliography

- [1]: M.-K. Seo and S.-J. Park, *J. Colloid. Interf. Sci.*, vol. 330, no. 1, pp. 237–242, Feb. 2009.
[2]: Y. Liu *et al.*, *Nanotechnol. Rev.*, vol. 8, no. 1, pp. 573–586, Dec. 2019.
[3]: J.-C. Agopian *et al.*, *Appl. Surf. Sci.*, vol. 534, p. 147647, Dec. 2020.

MISE EN ŒUVRE DE CHITOSANES FONCTIONNALISES DANS LA FORMULATION D'ADHESIFS STRUCTURAUX A DESTINATION DE LA FILIERE BOIS

J. Silvestre¹, P. Michaud¹, C. Delattre^{1,2}, H. de Baynast¹

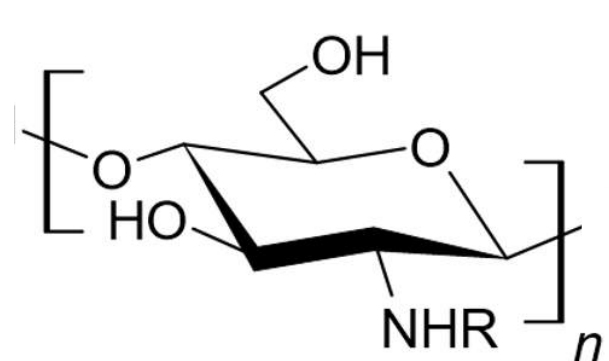
¹ Institut Pascal, Université Clermont Auvergne, CNRS, Clermont Auvergne INP, F-63000 Clermont-Ferrand, France
² Institut Universitaire de France (IUF), 1 Rue Descartes, 75005 Paris, France

Introduction

La grande majorité des adhésifs pour le collage du bois présents sur le marché aujourd'hui sont synthétiques et issus de ressources non renouvelables. Ils contiennent par ailleurs de nombreuses substances nocives pour l'environnement et la santé [1]. Les préoccupations croissantes en matière de santé et d'environnement mais également l'évolution de la législation, incitent les industries du bois à développer des **adhésifs à partir de bioressources**.

Le **chitosane** (Figure 1) est un polymère biosourcé obtenu après désacétylation de la chitine, deuxième polysaccharide naturel le plus abondant sur Terre. Le chitosane a démontré de réelles propriétés en tant qu'**adhésif pour le collage du bois** [2]. Cependant, cet adhésif perd une grande partie de ses propriétés adhésives lorsqu'il est soumis à une atmosphère humide.

Cette étude a pour but la modification du chitosane et l'élaboration de formulations visant à conserver ses propriétés adhésives vis-à-vis du bois y compris en présence d'eau.



Avec R = H ou COCH₃
 et n un entier naturel

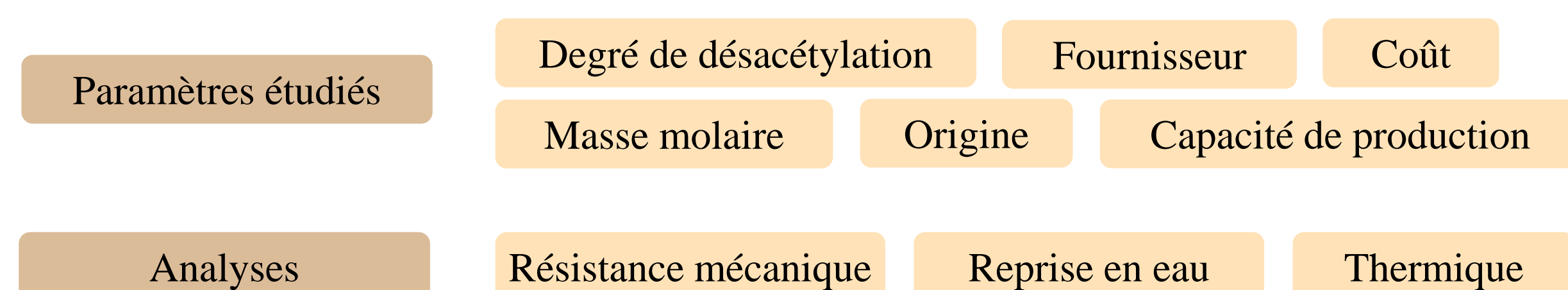
Figure 1 : Molécule de chitosane

$$DD = \frac{\text{nombre d'unités désacétylées}}{\text{nombre total d'unités de monomères}} > 0,6$$

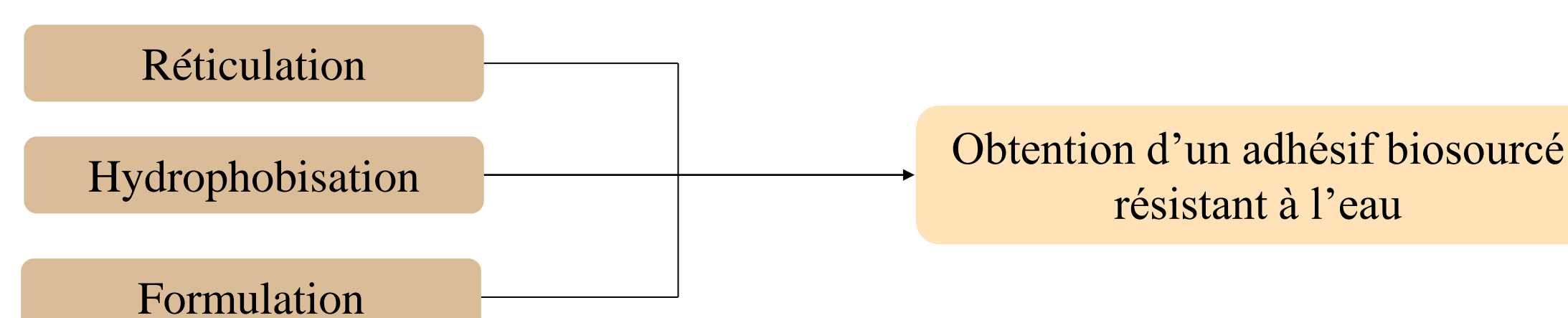
Equation 1 : Définition du degré de désacétylation

Objectifs

✓ Sélection du ou des chitosane(s)



✓ Modification du ou des chitosane(s)



Matières premières

Tableau 1 : Données caractéristiques des 9 chitosanes pré-sélectionnés

Référence	Fournisseur	Masse molaire (g.mol ⁻¹)	Viscosité (cPs)	DD (%)	Origine
CS1	Sigma Aldrich Low molecular weight (MW)	50 000-190 000	20-300	75-85	Animale
CS2	Sigma Aldrich Medium MW	Non connue	200-800	75-85	Animale
CS3	Sigma Aldrich High MW	310 000-375 000	800-2000	>75	Animale
CS4	Sigma Aldrich From shrimp shell	Non connue	Non connue	>75	Animale
CS5	Fisher Scientific	600 000-800 000	50-200	85	Non connue
CS6	France Chitine	98 000	Non connue	90	Non connue
CS7	Glentham Life Sciences	Non connue	22,9	>85	Fongique
CS8	ChiBio Biotech	Non connue	1000	>98	Fongique
CS9	Kitozyme	Non connue	1-15	84	Fongique

Caractérisation du chitosane

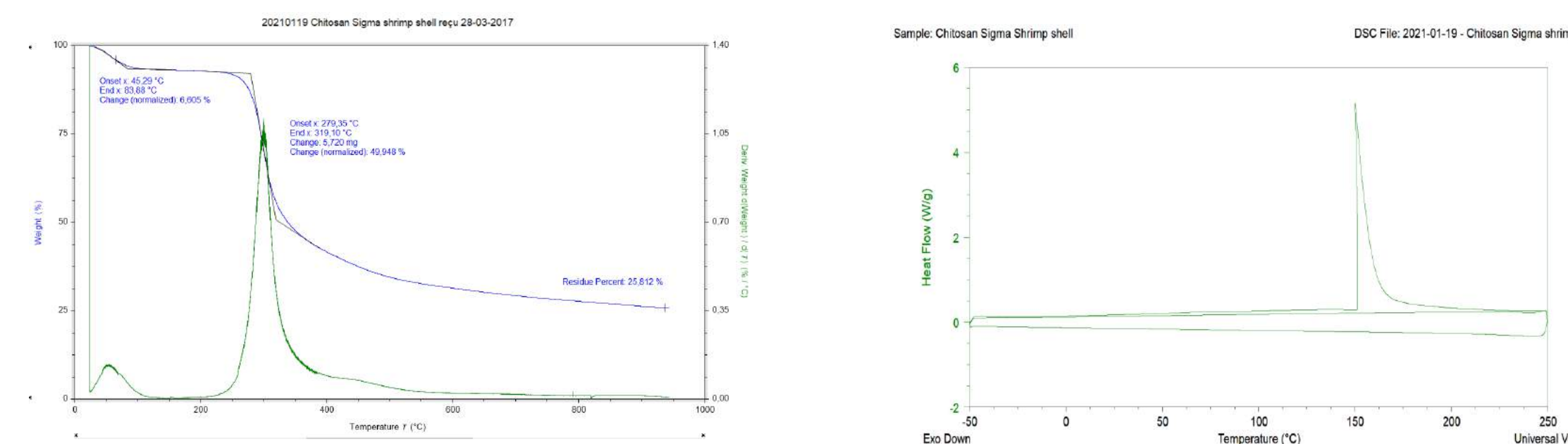
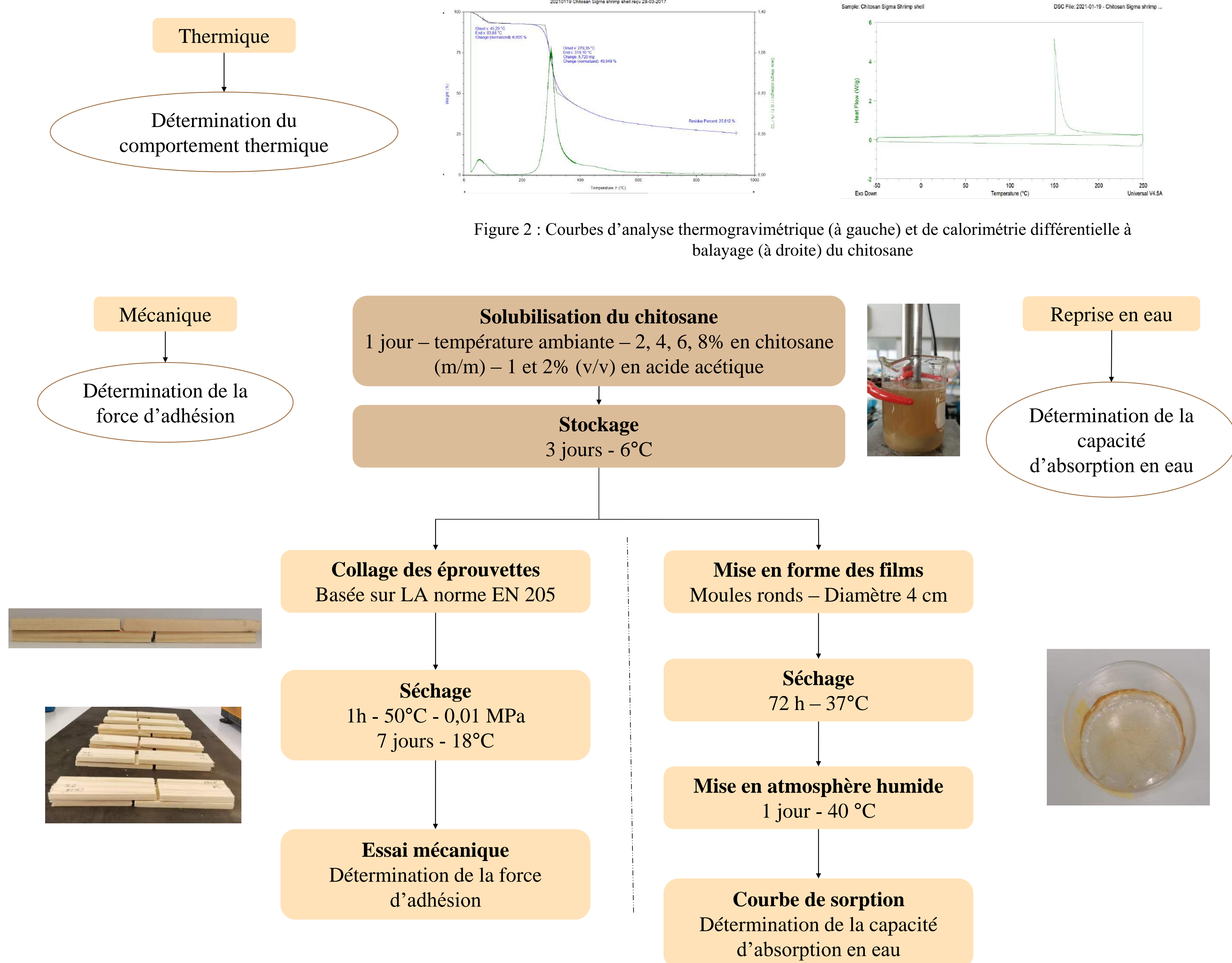


Figure 2 : Courbes d'analyse thermogravimétrique (à gauche) et de calorimétrie différentielle à balayage (à droite) du chitosane

Conclusions et perspectives

- Sélection des **chitosanes aux meilleures propriétés physico-chimiques**
- **Synthèse, formulation et analyses** des solutions adhésives de chitosanes modifiés
- Etude de la **faisabilité des différentes réactions** sur le chitosane : protocoles laboratoires, possibilité d'industrialisation

Bibliographie

- Patel, A.K.; Michaud, P.; Petit, E.; de Baynast, H.; Grédiac, M.; Mathias, J.-D. Development of a Chitosan-Based Adhesive. Application to Wood Bonding. *J. Appl. Polym. Sci.* 2013, 127, 5014–5021, doi:10.1002/app.38097
- Pillai, C.K.S.; Paul, W.; Sharma, C.P. Chitin and Chitosan Polymers: Chemistry, Solubility and Fiber Formation. *Prog. Polym. Sci.* 2009, 34, 641–678, doi:10.1016/j.progpolymsci.2009.04.001.

Un espace complexe pour les personnes déficientes visuelles

Pour une personne en situation de déficience visuelle qui se déplace en ville, les carrefours représentent un défi dont la traversée est rendue complexe par des facteurs spatiaux et d'infrastructure urbaine. Ce sont des espaces ouverts traversés par de multiples flux de circulation qu'il est nécessaire de comprendre pour traverser en sécurité. Les professionnels et usagers sont habitués à schématiser les carrefours selon leur géométrie: carrefour en croix, en X, en T, etc. Ils parlent également de branches pour comprendre la provenance et la direction des flux de circulation [1]. Les cartes tactiles de ces espaces, aujourd'hui réalisées par les professionnels, ne permettent pas à une représentation fine de l'information [2], et peuvent être complétées d'une information textuelle ou sonore.

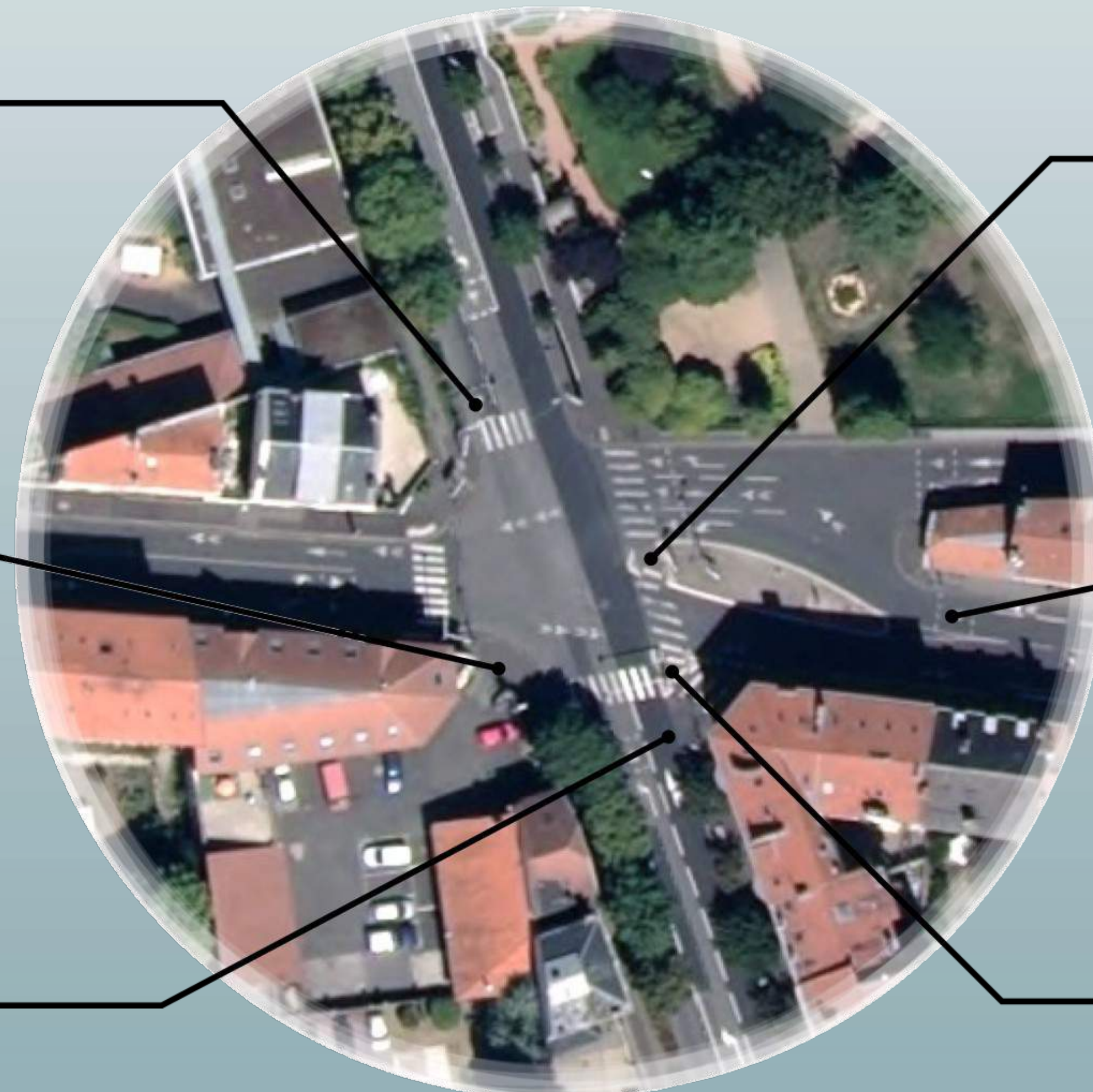
Des zones avancées pour cycliste qui décalent les voitures du feu de circulation.



Des entrées et sorties de garage qui traversent le trottoir.



Des voies de circulation qui ne sont pas soumises à la régulation par feux.

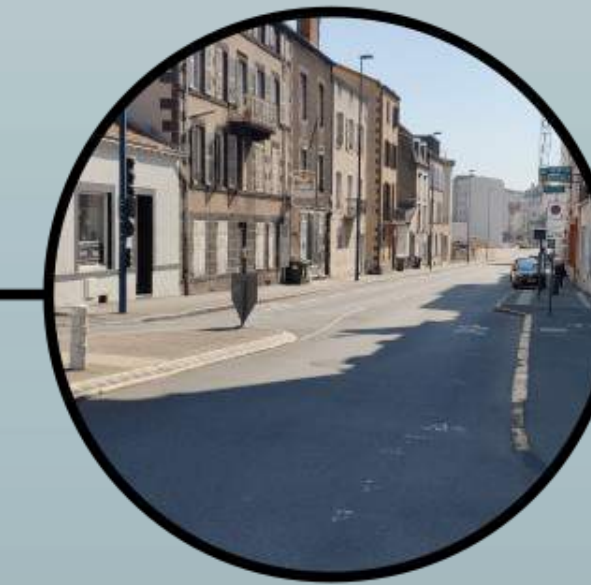


Source : CRAIG - IGN - Feder Auvergne-Rhône-Alpes 2019

Des bandes d'éveil de vigilance présentes d'un seul côté de la traversée.



Des branches qui ne présentent pas de passage piéton.



Des îlots à forme complexe qui nécessitent de se réorienter en leur milieu.

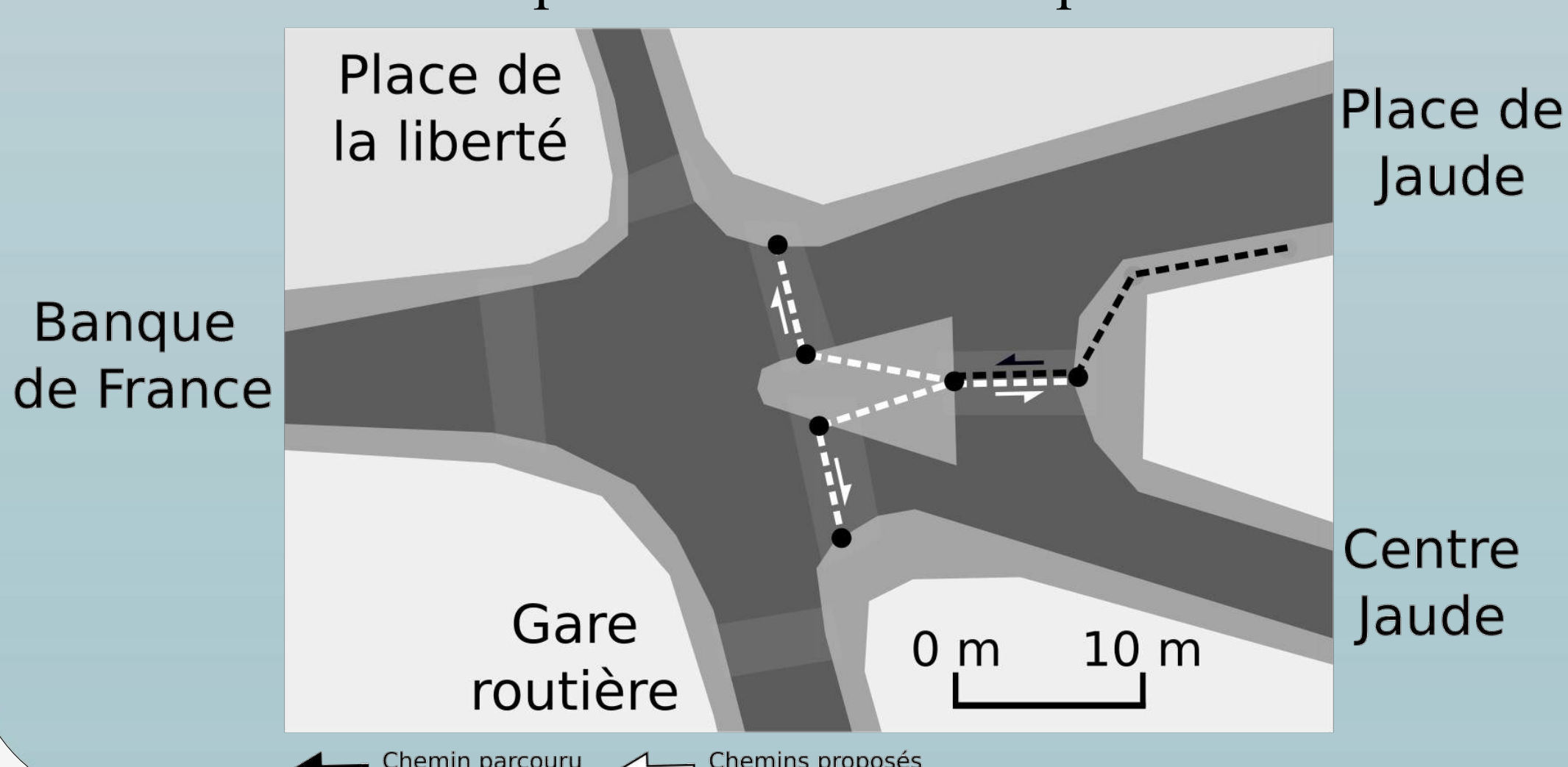


Une description interactive

« Le carrefour dont vous êtes le héros » permet de visiter textuellement un carrefour afin de s'en approprier la configuration. Déroulé d'une session :

- 1 On décrit le carrefour de manière générale, en présentant les branches, les voies, et en indiquant leur direction.
- 2 L'utilisateur choisit sur quel trottoir il souhaite commencer son parcours.
- 3 L'utilisateur est placé à l'entrée du carrefour. L'environnement lui est décrit par rapport à sa position.
- 4 Les passages piétons accessibles en aval de la position de l'utilisateur matérialisent les choix qui lui sont proposés. Il peut les rejoindre un par un pour accéder à un autre trottoir et explorer librement le carrefour.
- 5 Si l'utilisateur sort du carrefour, il peut faire demi-tour pour recommencer son exploration.

Un exemple de cheminement parcouru :

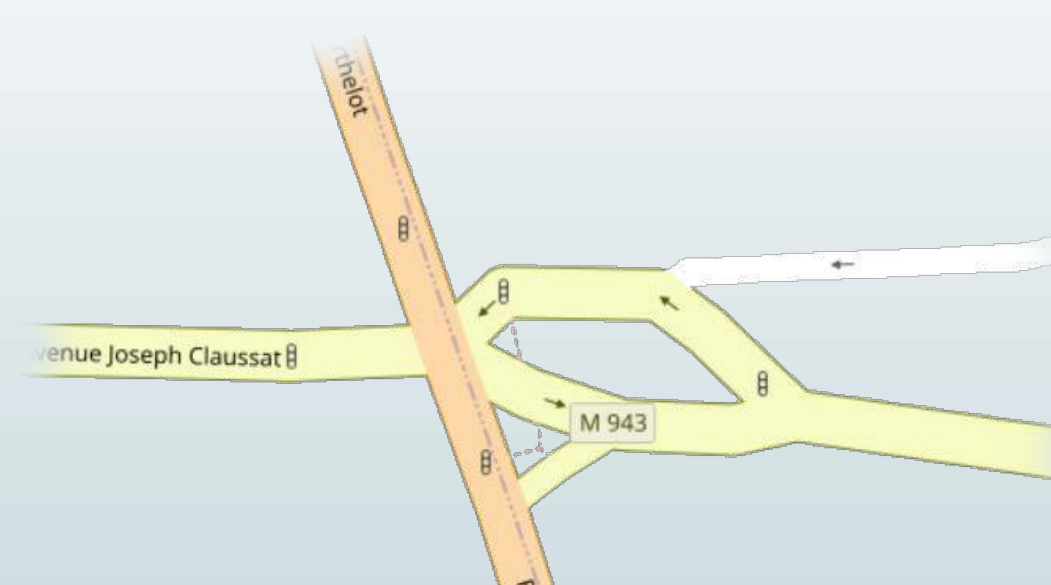


Accéder au démonstrateur :



<https://carrefours.activmap.limos.fr/publications/jdr2021/>

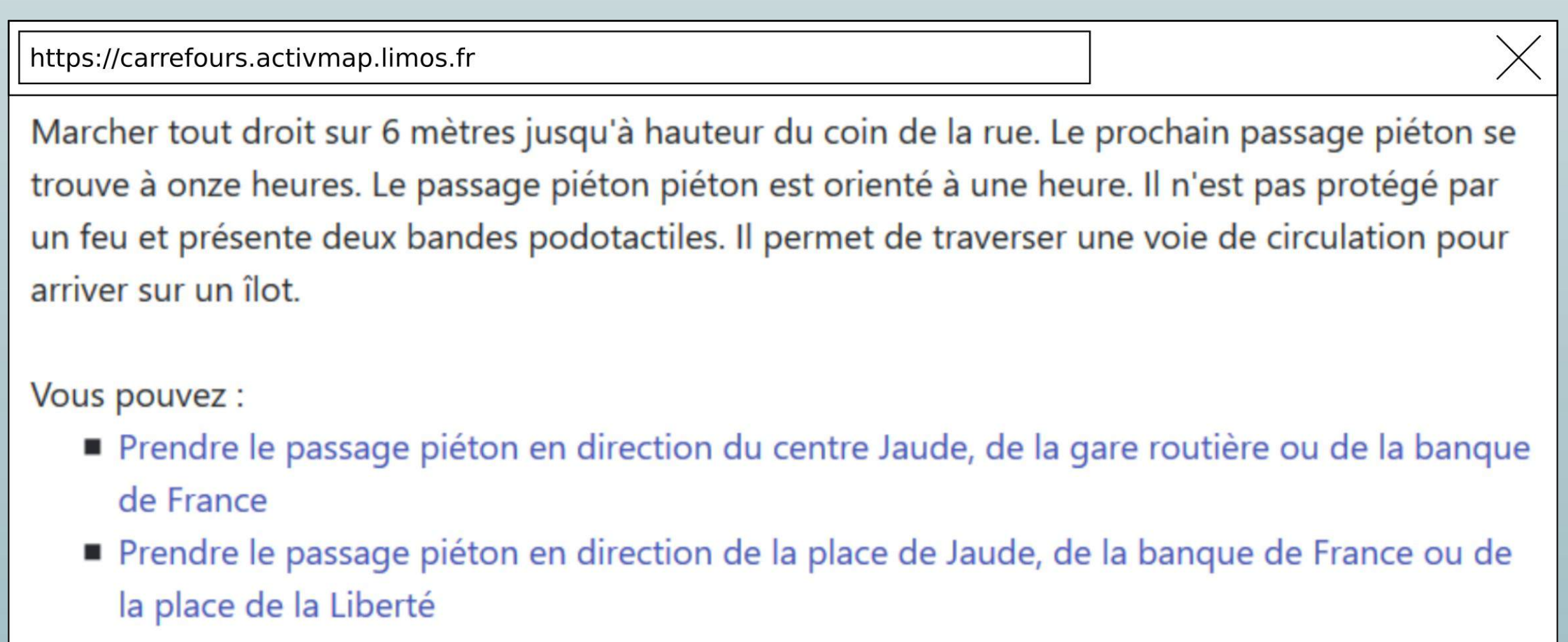
De la donnée à la description



De la donnée...

```
<intersection type="cross">
  <branch fid="1" direction="pla
  <branch fid="2" direction="gar
  <branch fid="3" direction="ja
  <branch fid="4" direction="pla
```

... au modèle...



... au texte structuré.

Contact



ACTIVmap

contact.activmap@isima.fr

Bibliographie

1. Ratelle A., Couturier J.-A., (2018). Manuel d'intervention en orientation et mobilité, Les Presses de l'Université de Montréal.
2. Touya et al., (2019). Automatic derivation of on-demand tactile maps for visually impaired people: first experiments and research agenda, International

Objective

1. Design models and algorithms to guide the efficiency of sustainable processes of production and consumption of hydrogen fuel, particularly those related with transportation.

Introduction

- The process to obtain hydrogen by electrolysis needs a considerable amount of energy. For arriving to produce hydrogen energy only from sustainable energies like solar or wind, it's necessary to develop logistics to harness the overproduction of electricity that could happen in a certain place and time, and send the produced hydrogen to another places where there is a risk that the demand of energy will not be satisfied.

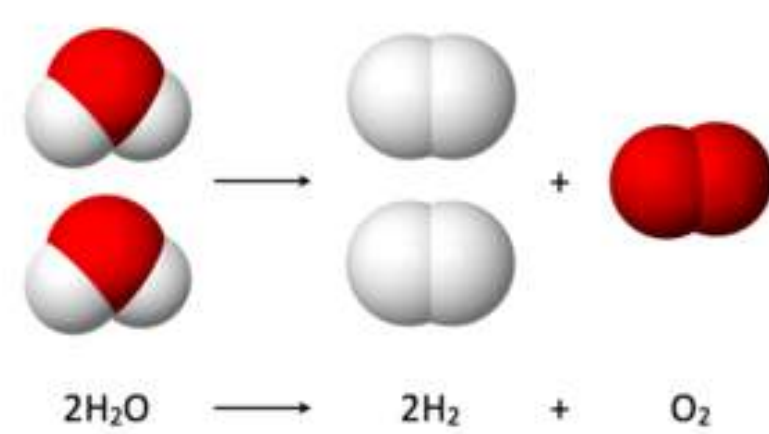


Figure 1: Electrolysis of water

- Here, it's presented a mathematical model that can be used to guide, within a time horizon, the transportation of hydrogen containers from the points with overproduction to the points where the demands are exceeding the expected consumption.

The PDP Transfer Problem

- Consider a fleet of vehicles with capacity CAP , which are scheduled to perform a set of *Pick and Delivery tasks* in a transit network within a time horizon $[0, TMAX]$. This is, every vehicle k follows a route $\Gamma(k)$, starting and ending into some *Depot* location. While going from node $x \in \Gamma(k)$ to its successor y in $\Gamma(k)$, vehicle k will carry some load $L_x^k \leq CAP$.

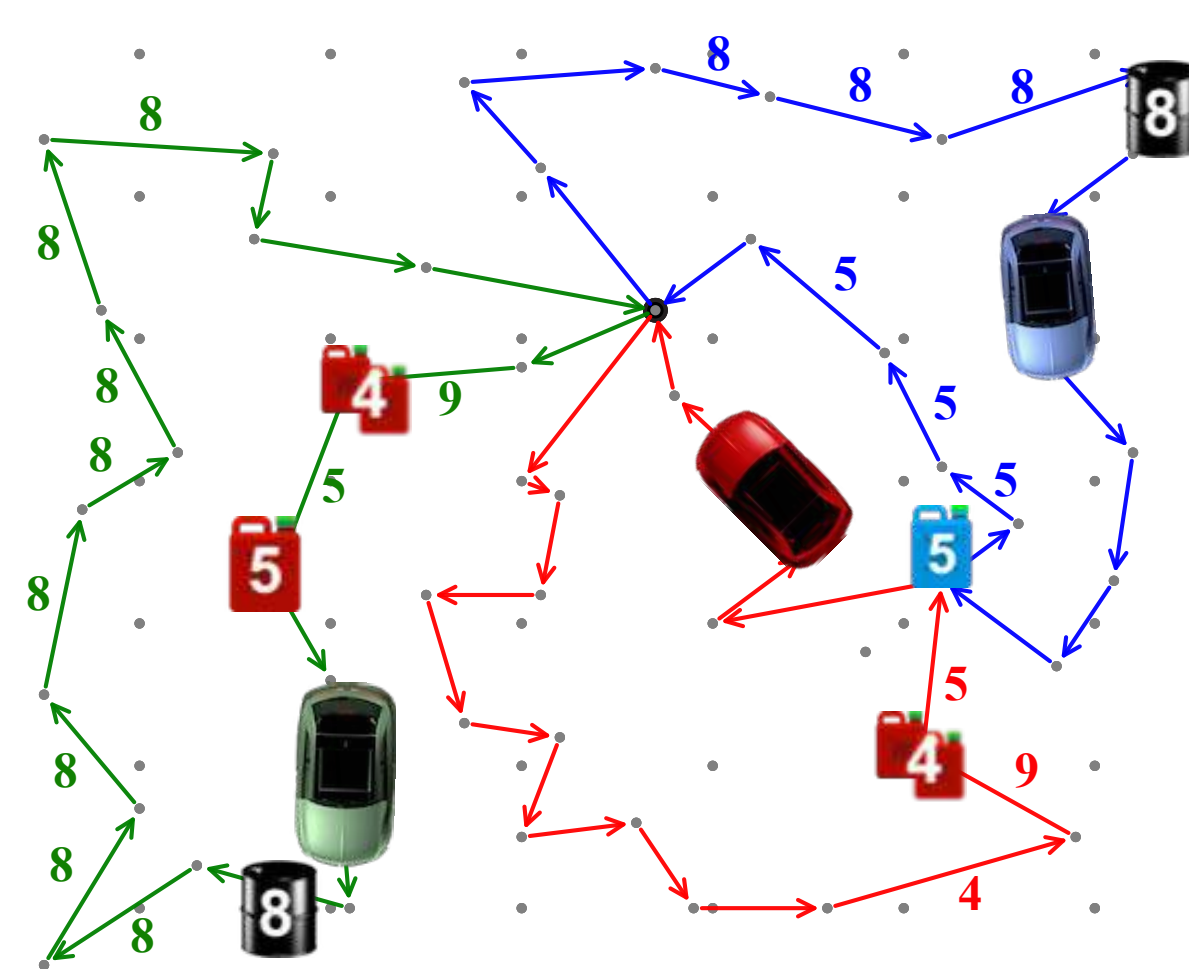


Figure 2: Transportation network

- For saving fuel, vehicles are allowed to transfer loads. In such a case, we impose a *weak synchronization*, which means that the transfer from a vehicle k to a vehicle ℓ takes place at some place z , and that ℓ cannot leave z before k has arrived.
- Then, it's supposed that vehicles are required to deal with a set R of additional requests. A request r means an origin $o(r)$, a destination $d(r)$ and a load $Load(r)$, and we want to update routes $\Gamma(k)$, $k = 1, \dots, K$ in a way which is consistent with both time horizon $TMAX$ and common capacity CAP , and which minimizes the distances run by requests of R .
- The problem described this way is called **PDP_Transfer**, and focuses on the management of additional requests.

Model

- We deal with our **PDP_Transfer** problem treating one request at time.
- For this, we build an graph whose arcs represent tasks that vehicles can perform to transport a request: pickup, deliver, transport the request following an existent tour, transfer the request from one vehicle to another. Completion of a task results in the request changing location and/or vehicle.
- In this graph, a path from the origin of the request to the destination of the request gives a solution for our problem. Then, our problem can be handled as a constrained path on this graph.

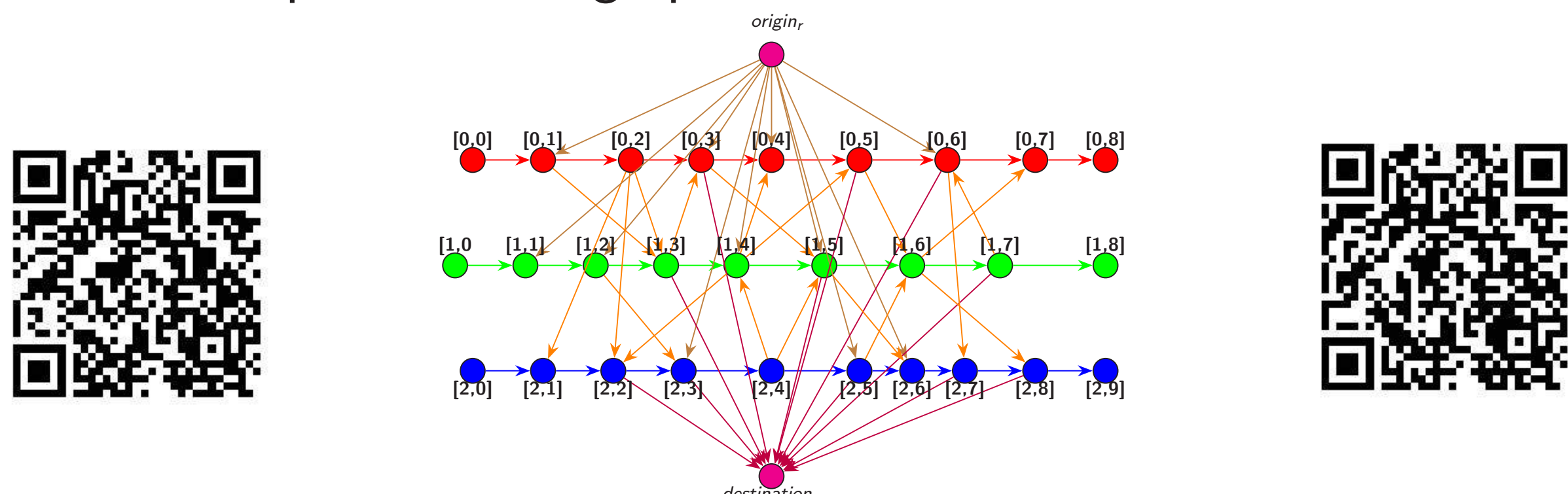


Figure 3: Auxiliary graph

Algorithms

- Time consistence of solutions can be checked by constraint propagation.
- It's proposed:
 - An empirical Dijkstra-based algorithm to search for good quality solutions in a fast way.

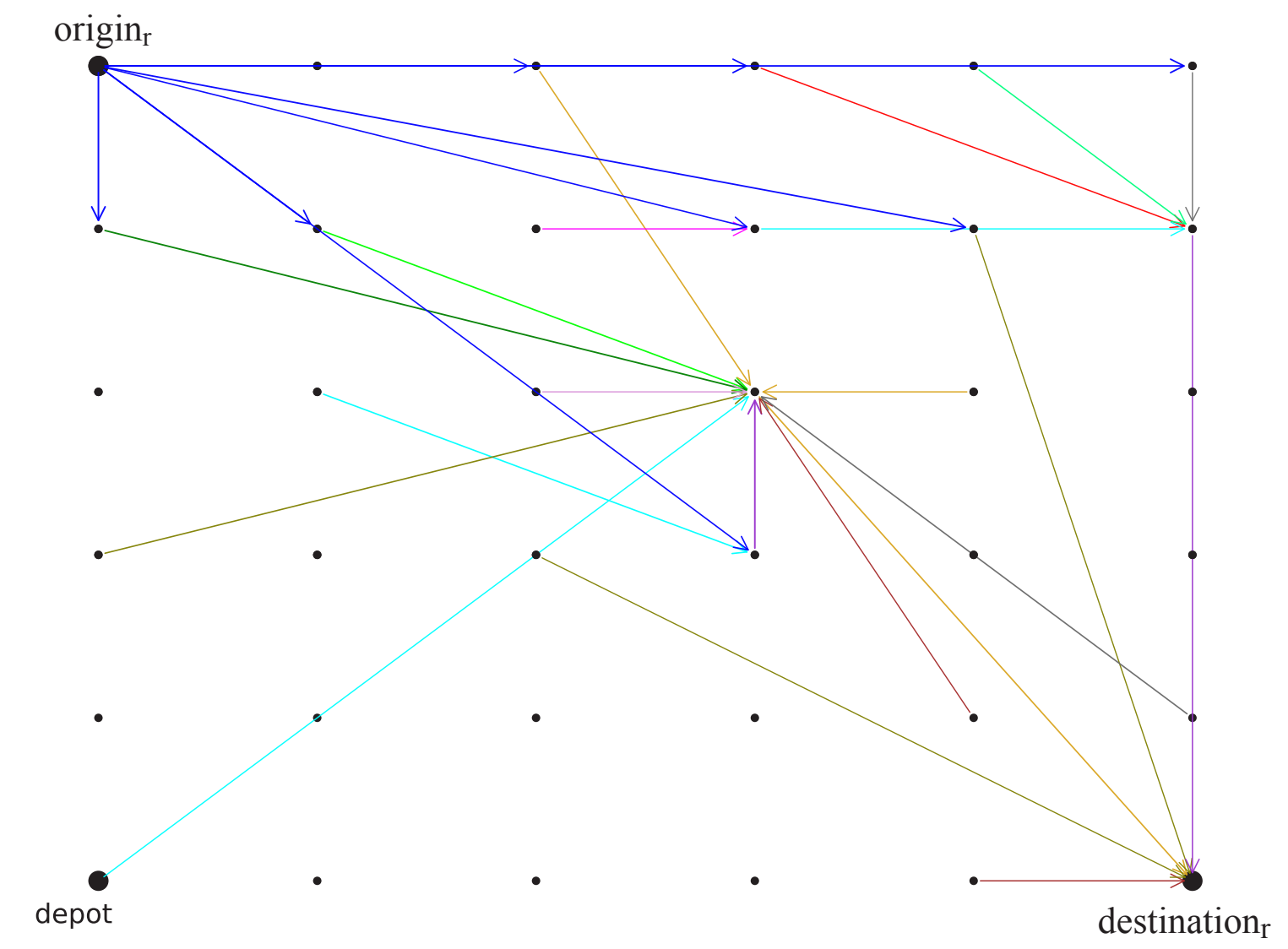


Figure 4: Empirical Dijkstra-based algorithm

- An exact A^* like algorithm that performs a BFS (Breadth First Search) process, driven by some current expansion list LS of *states*.

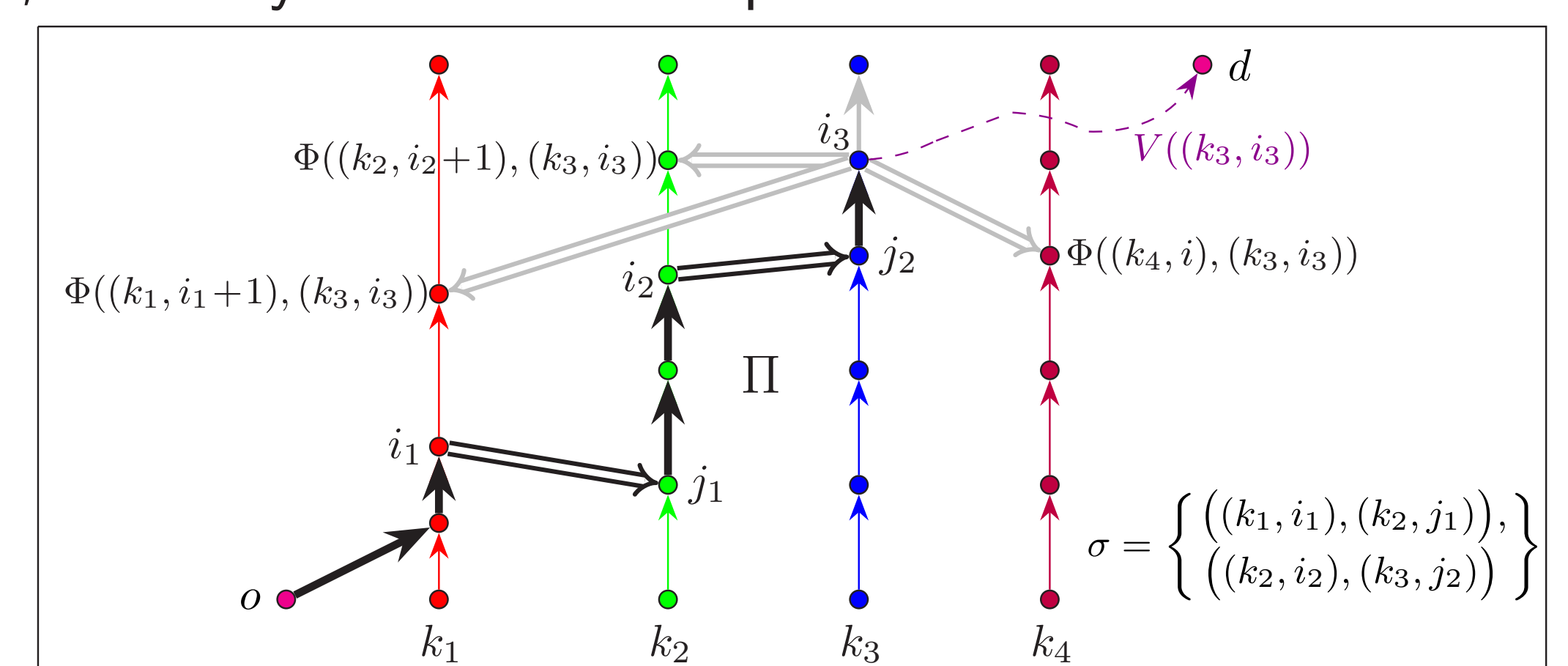


Figure 5: Expansion of a state node in the A^* like algorithm

Results

Algorithms were tested on 300 instances using both Euclidean and Manhattan distance.

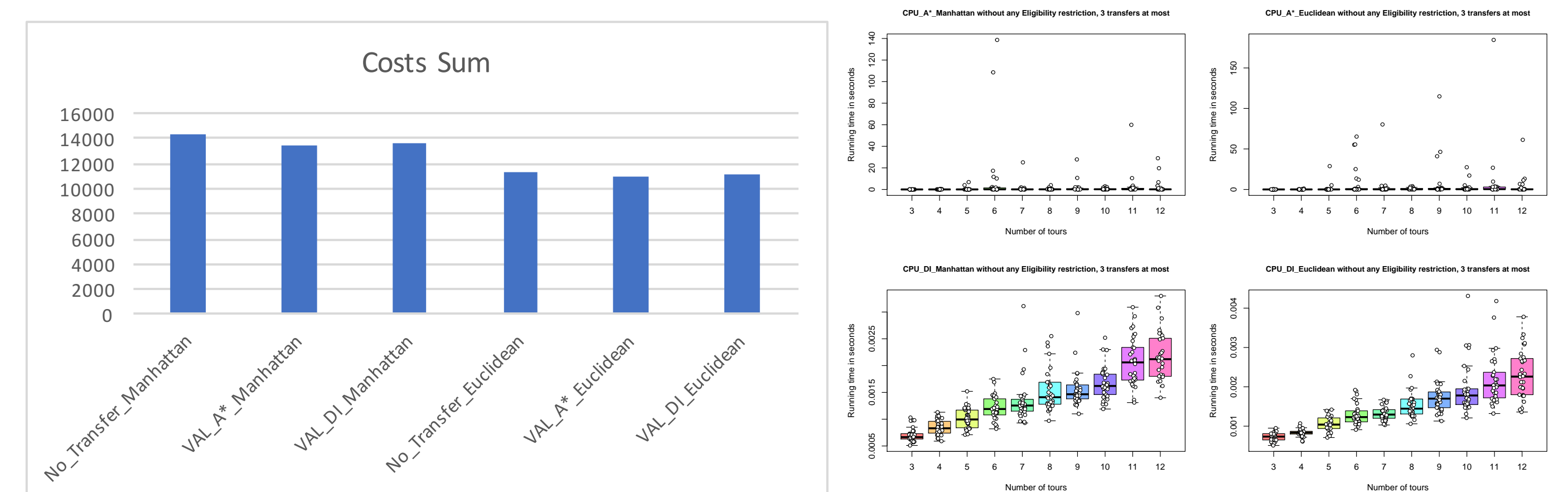


Figure 6: Total costs and running times

Conclusions

- Allowing transfers can reduce the distance traveled by vehicles and the fuel consumption.
- Empirical Dijkstra-based algorithm is practical and has good performance.
- Running times of A^* algorithm are acceptable if we limit the number of allowed transfers in a solution.

References

1. Gerardo Berbeglia, Jean-François Cordeau, and Gilbert Laporte. *Dynamic pickup and delivery problems*. European Journal of Operational Research, 202(1):8–15, 2010. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221709002999>, doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.04.024>.
2. Panagiotis Bours, Dimitris Sacharidis, Theodore Dalamagas, and Timos Sellis. *Dynamic pickup and delivery with transfers*. 08 2011. doi:10.1007/978-3-642-22922-0_8.
3. Cristián Cortés, Martín Matamala, and Claudio Contardo. *The pickup and delivery problem with transfers: Formulation and a branch-and-cut solution method*. European Journal of Operational Research, 200:711–724, 02 2010. doi:10.1016/j.ejor.2009.01.022.
4. Snežana Mitrović-Minić and Gilbert Laporte. *The pickup and delivery problem with time windows and transshipment*. INFOR: Information Systems and Operational Research, 44(3):217–227, 2006. URL: <https://doi.org/10.1080/03155986.2006.11732749>, arXiv:<https://doi.org/10.1080/03155986.2006.11732749>, doi:10.1080/03155986.2006.11732749.

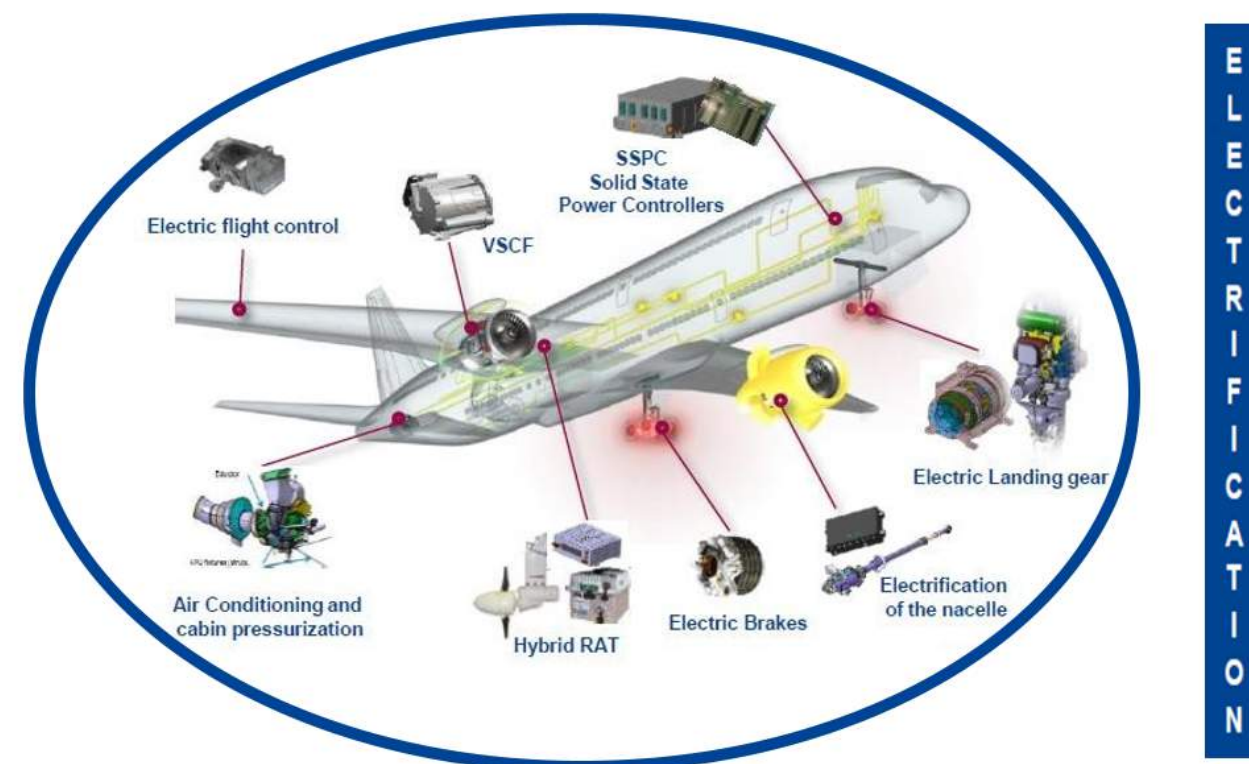
Contact Information

- Email: jofigueroa@isima.com

Context and Introduction

► Electrification of modern aircraft

- Reduce carbon dioxide emissions.
- Use of electrical energy converters guarantees gains in terms of energy management.
- Use of high-speed components with a large gap "SiC, GaN" leads to an increase in the operating frequencies of static converters.
- Multiplication of electromagnetic disturbances in electrical architectures.



Electric aircraft

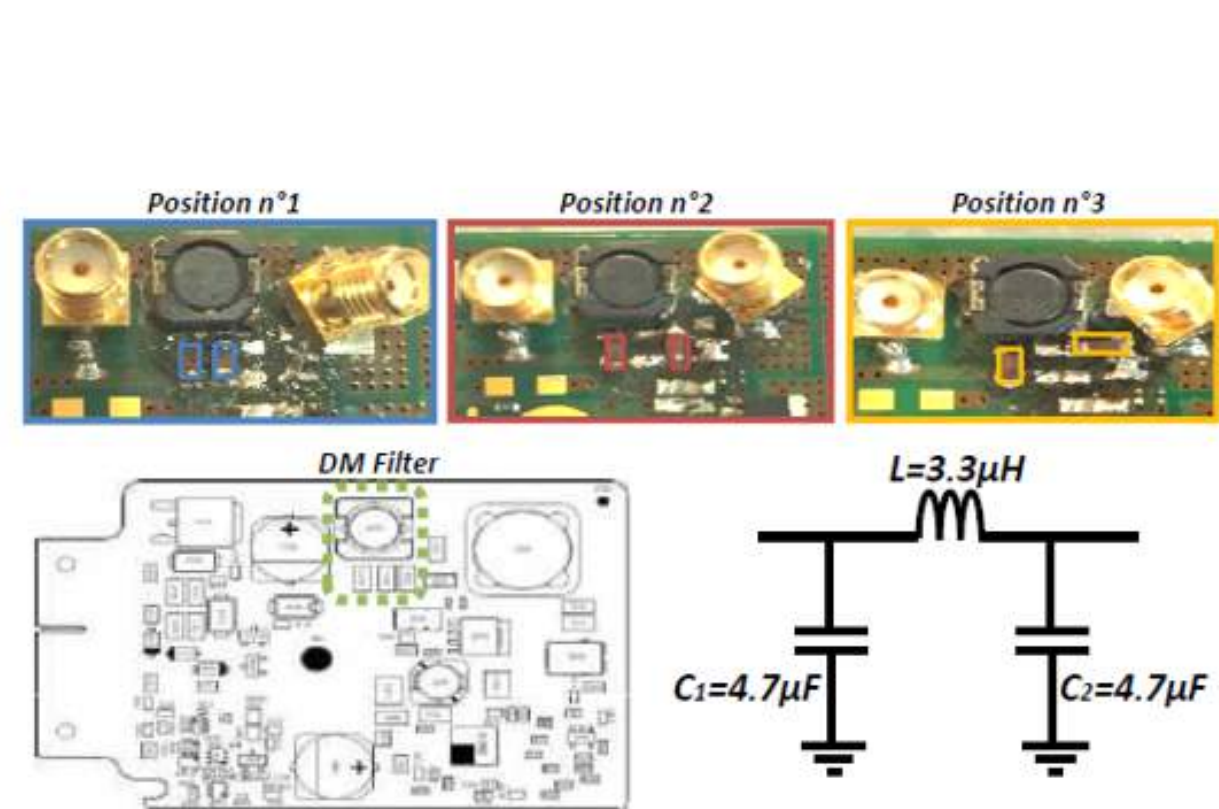
- Use of passive filters to reduce conducted emissions and respect standards.
- Possibility to optimize the performance of EMC filters becomes a major issue that requires the use of advanced design models.

Objectives

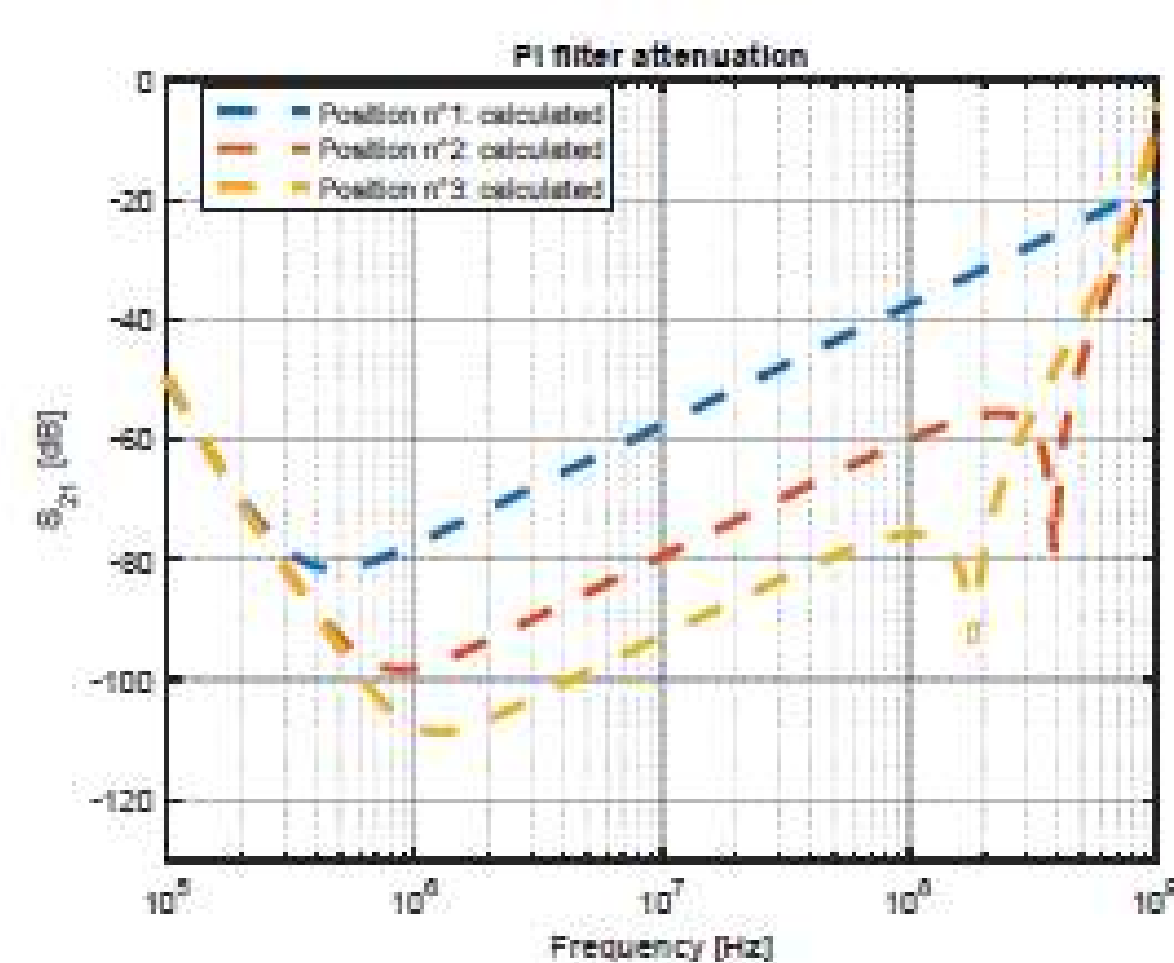
1. Study of the electromagnetic couplings involved in a passive filter and handling mathematical's methods that describe them.
2. Introduction of approaches to describe the different elements of a filter by simple circuit models: development of a methodology to obtain a simplified circuit.
3. Improvement of models by considering a maximum number of electromagnetic phenomena that impact the filter performance:
 - Inter-component couplings
 - Component-track couplings
 - Track-track couplings
4. Implementation of a filters topological optimization method (sensitivity analysis).

State of the Art

- Improving filters performances in terms of electromagnetic couplings is being carried out:
 - Measurement-based methods: development of component models and methodologies for characterizing these components by measurements [1], [2].
 - Numerical methods based on specific software based on laws of calculation that are neither disclosed nor accessible [3], [4].
 - Methods based on approaches for describing the different elements of a filter by simple circuit models [5],[6].
- The performance of a properly sized EMC filter depends on:
 - Parasitic elements of components
 - Components placement
 - Tracks routing ...



CLC filter with different capacitor positions [2]



Filter attenuation for capacitor positions [2]

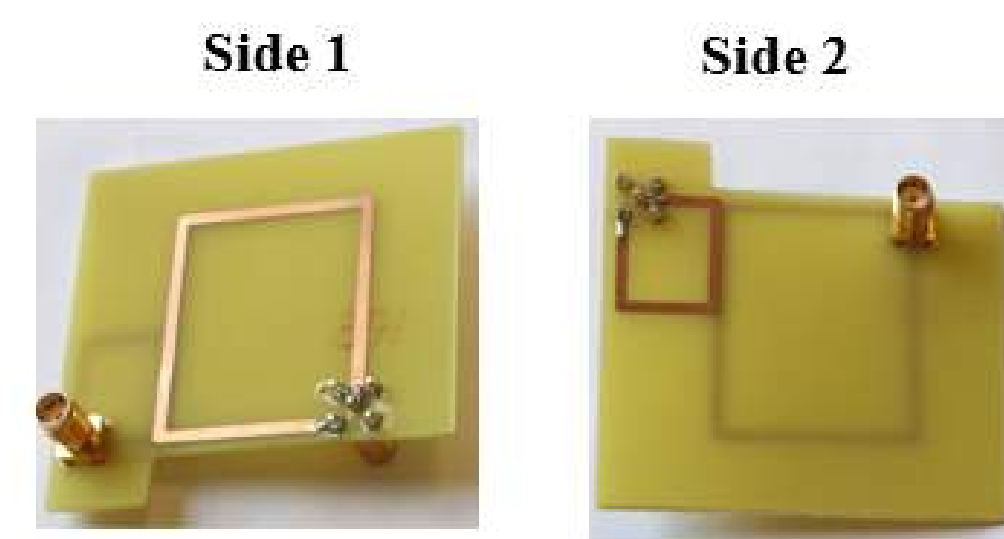
Methodology

- Understanding electromagnetic phenomena is essential in order to optimize EMC filters performance. In this work, effects of tracks and components inductive couplings are taken into account. To facilitate the calculations, equivalent circuit models have been developed.
- PEEC (Partial Element Equivalent Circuit) method [5] was used to model and calculate tracks inductive couplings.
- Due to production imperfections, capacitors have a parasitic inductance that couples with tracks. A test case, "capacitor/tracks" is used to estimate these inductive couplings.
- An EMC filter (capacitor, inductor and tracks) is studied. All inductive couplings are taken into account.
- Filter attenuation is calculated by matrix method. It let us easily distinguish all the filter inductive couplings.

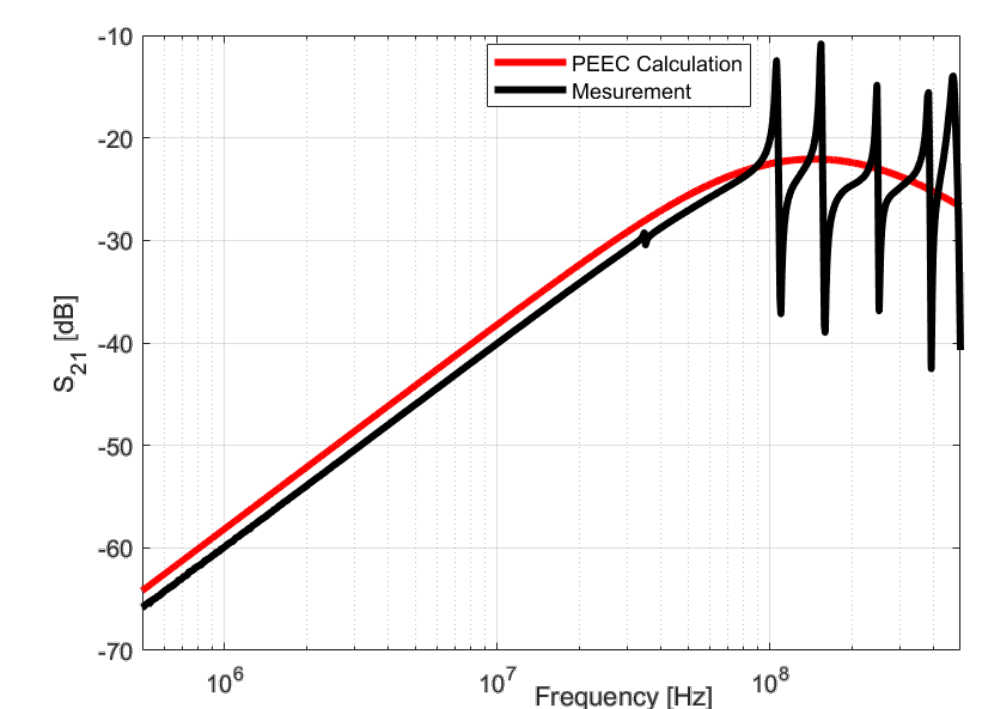
Experimentation and Results

► Track/Track coupling

Case study: Calculation and measurement of coupling between two loops.



PCB formed by two loops

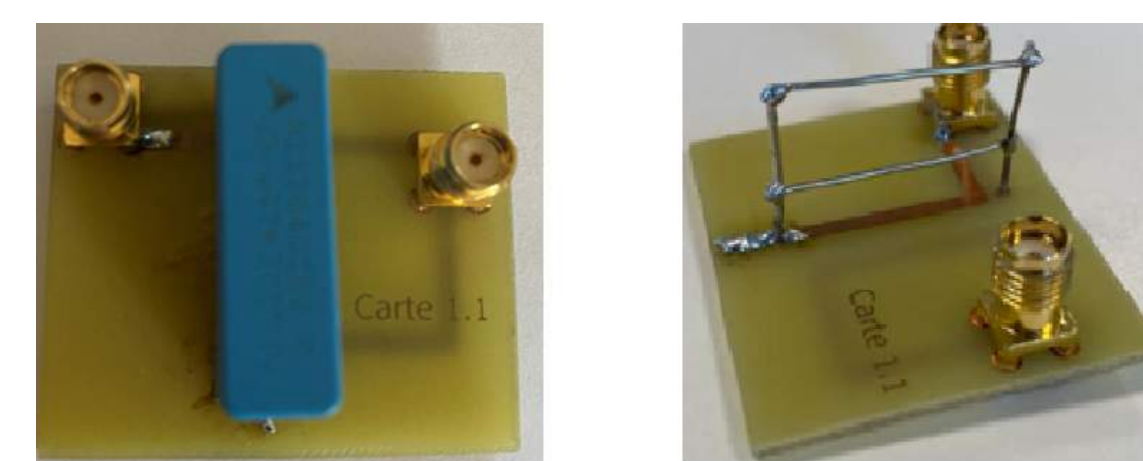


S₂₁ parameters

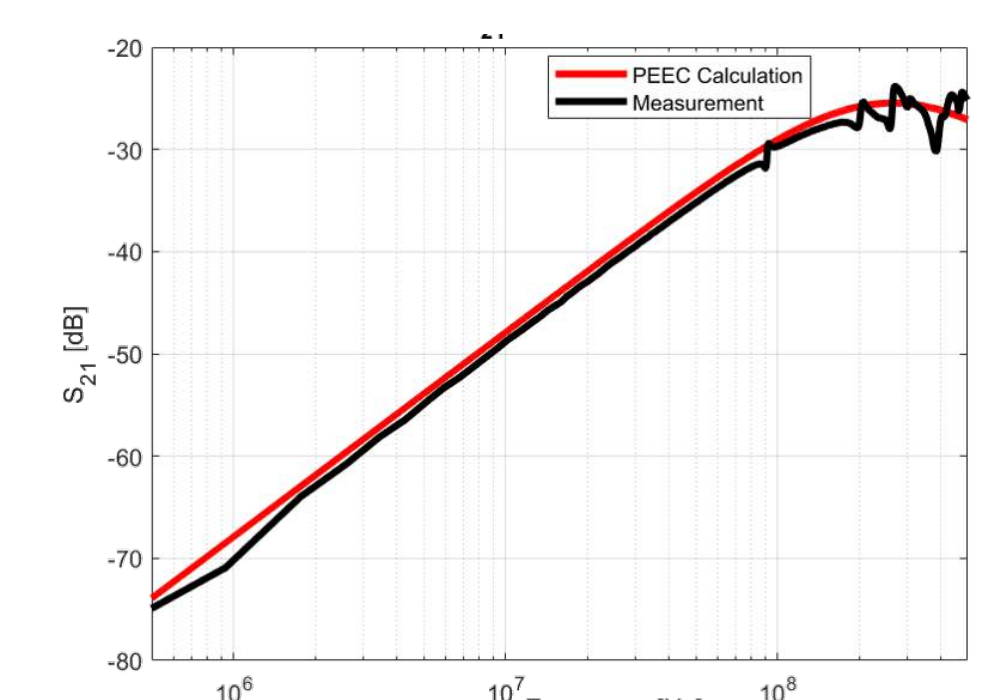
⇒ Measured and simulated mutual inductance are in agreement despite the low value of the coupling (less than 4 % error).

► Capacitor/Track coupling

Case study: Calculation and measurement of the capacitor and tracks couplings using a capacitor inductive model.



PCB formed by a capacitor and tracks

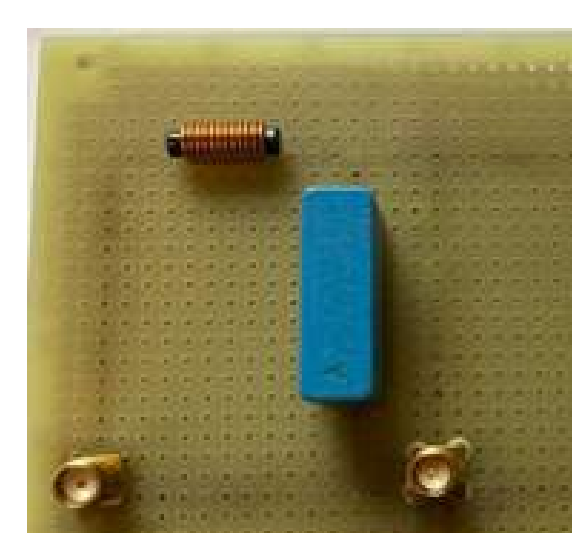


S₂₁ parameters

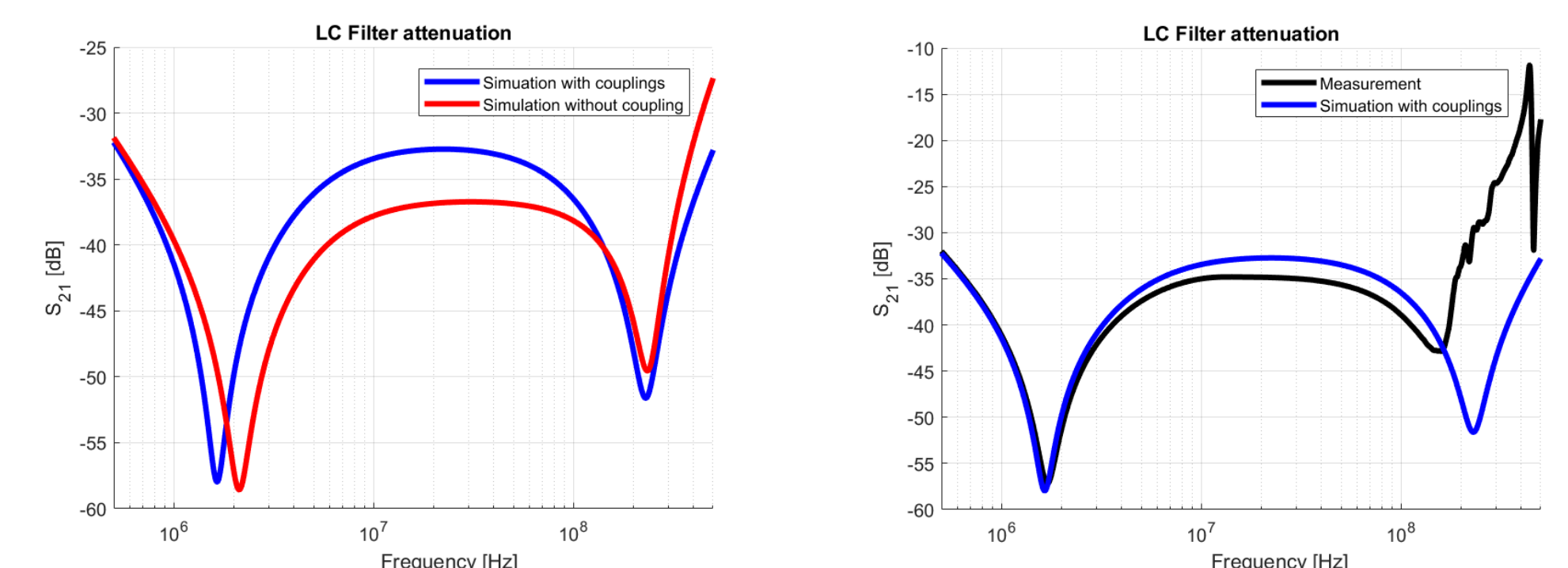
⇒ The estimated mutual inductance agrees with the measurement from 500KHz to 500MHz.

► Calculation of an LC filter attenuation

Case study: An LC filter is made on a perforated board.



LC filter



⇒ Taking into account the effects of tracks, the calculated filter attenuation agrees with measurements up to 100MHz. The discrepancy at the second resonance in HF can be explained by the self and tracks coupling which is not yet taken into account.

Conclusion

- Capacitor/tracks couplings and track/track couplings are well estimated using the PEEC method. These results have been validated conducting experimental measurements on printed boards.
- To obtain the filter structure, the inductor and tracks couplings must be integrated into the calculation of the filter attenuation.
- A filters topological optimization method will be implemented based on a sensitivity study of the parameters that have the most impact on filters performance.

References

- [1] S. Wang, F. Lee, and W. Odendaal. "Controlling the parasitic parameters to improve EMI filter performance". In: 2004.
- [2] M. Stojanovic et al. "Determination of Equivalent Coupling Surface of Passive Components Using the TEM Cell". In: (2018).
- [3] T. De-Oliveira et al. "Optimal Stray Magnetic Couplings for EMC Filters". In: (2013).
- [4] A. Zhou et al. "Study and modeling of inter-component coupling to optimize EMC filter". In: 2011.
- [5] A. Ruehli. "Equivalent Circuit Models for Three-Dimensional Multiconductor Systems". In: (1974).
- [6] T. Makharashvili et al. "Inductance model of decoupling capacitors including the local environment". In: 2017.

Contact Information

- Email: asma.khelifi@safrangroup.com

Introduction

□ **Contexte** : ces dernières années, le revêtement en béton perméable est apparu comme une nouvelle technologie de revêtement qui attire beaucoup d'intérêt parmi les académiciens en raison de ses capacités dans la gestion des eaux pluviales et d'atténuation de l'îlot de chaleur urbain. Cette technologie de revêtement consiste en des types spéciaux de béton qui présentent peu ou pas de fines et des vides interconnectés qui permettent la pénétration de l'eau.

□ **Problématiques** :



Fig. 1 – Problématique de la gestion des eaux pluviales

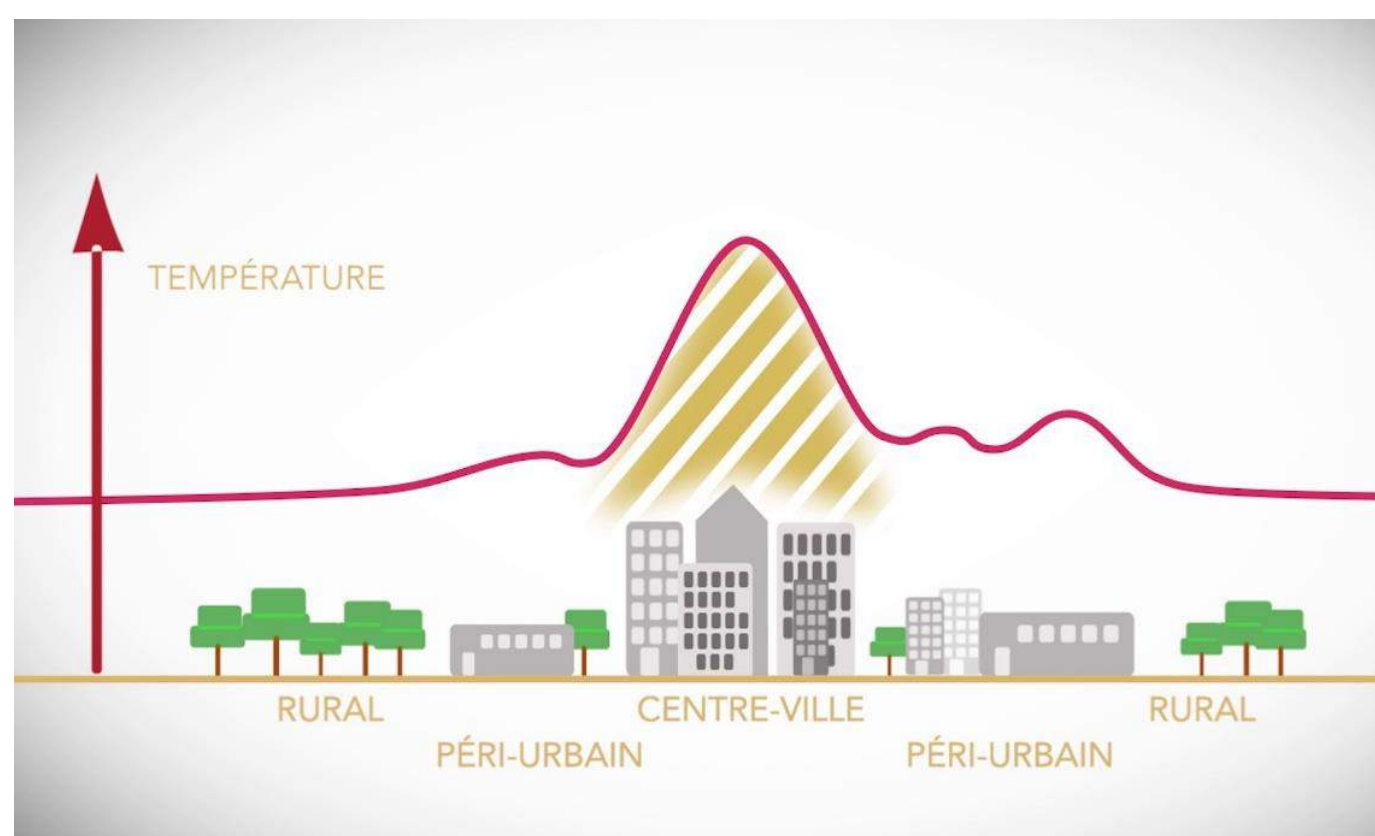


Fig. 2 – Problématique des îlots de chaleur urbain

□ **Objectifs de la thèse** :

- Etudier les propriétés mécaniques et hydrauliques du béton drainant.
- Mesurer l'effet rafraichissant du béton drainant.
- Identifier les différents facteurs qui influent sur le pouvoir de refroidissement par évaporation du béton drainant et d'étudier leurs influences sur ses propriétés mécaniques et hydrauliques.

Propriétés du béton drainant

□ **Porosités du béton drainant**

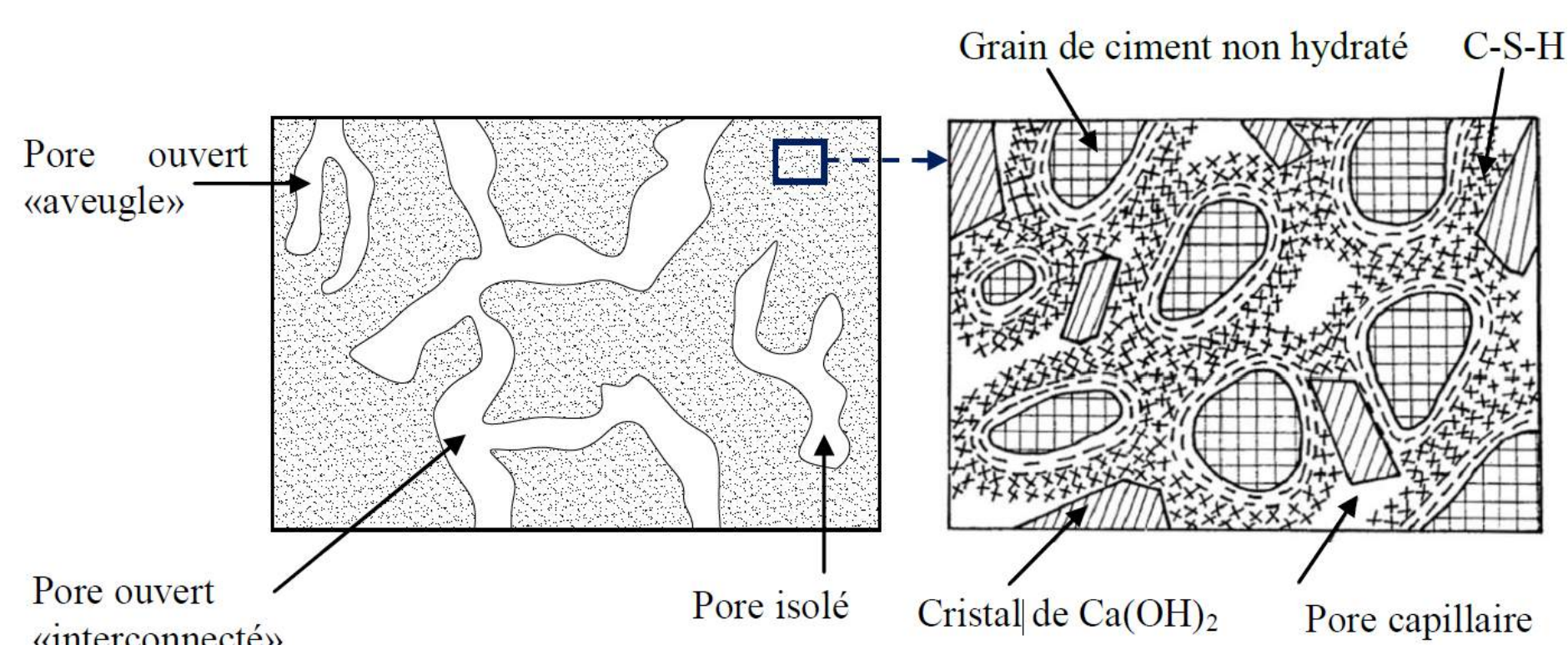


Fig. 4 – Distinction des différents pores des bétons drainants : pores au niveau macroscopique et pores capillaires dans la structure de la pâte de ciment

□ **Propriétés hydrauliques et mécaniques** :

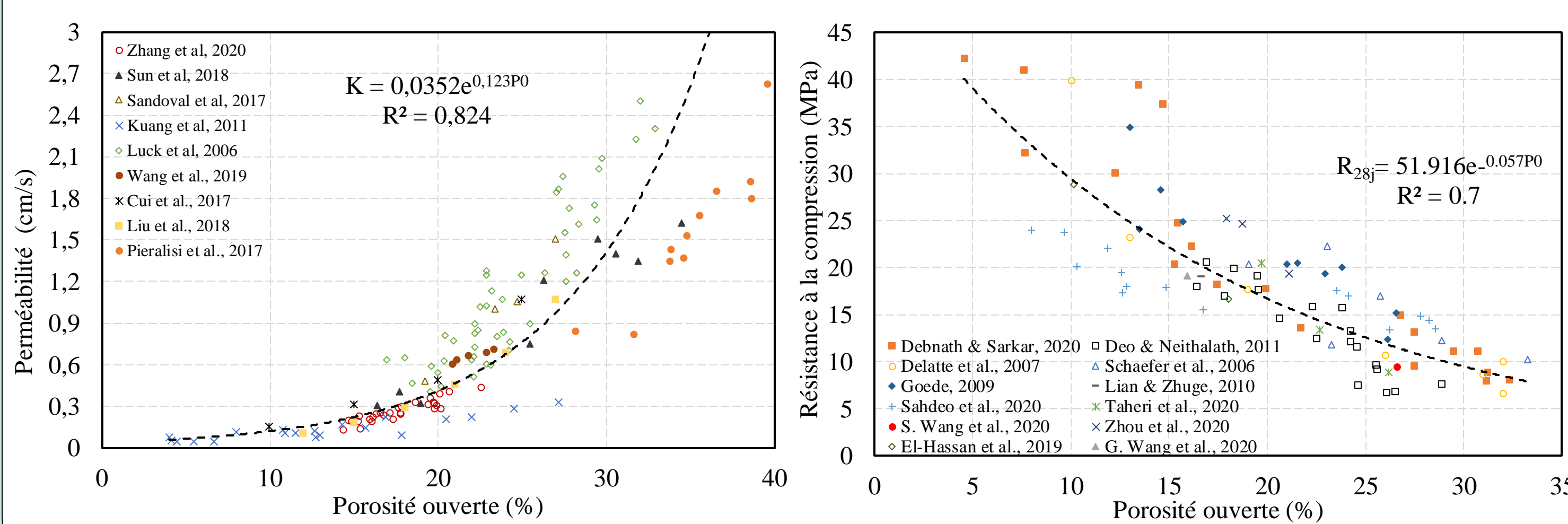


Fig.5 – Variation de la perméabilité et de la résistance mécanique à la compression en fonction de la porosité

Méthodologie

□ **Bilan énergétique à la surface d'une chaussée – Modèle analytique**

Le bilan d'énergie à la surface du revêtement est exprimé par l'Eq.1 et 2.

$$Q_{S\downarrow} + Q_{L\downarrow} = Q_{L\uparrow} + (1 - \epsilon_s) Q_{L\downarrow} + \alpha Q_{S\downarrow} + Q_E + Q_H + Q_G \quad \text{Eq.1}$$

$$Q_{S\downarrow} + Q_{L\downarrow} = \sigma \epsilon_s (T_s + 273.15)^4 + (1 - \epsilon_s) Q_{L\downarrow} + \alpha Q_{S\downarrow} + h_c (T_s - T_a) - \lambda \left(\frac{\partial T_z}{\partial z} \right)_{z=0} \quad \text{Eq.2}$$

Avec

- $Q_{S\downarrow}$: la radiation solaire directe incidente ;
- $Q_{L\downarrow}$: la radiation infrarouge incidente ;
- $\alpha Q_{S\downarrow}$: le rayonnement solaire réfléchi ;
- Q_G : le flux de chaleur conductif ;
- Q_H : le flux de chaleur convectif ;
- Q_E : le flux d'évaporation.
- α : l'albédo ;
- ϵ_s : l'émissivité de la surface ;
- λ : le coefficient de conduction thermique ;
- σ : la constante de Stefan-Boltzmann ;
- h_c : le coefficient de convection thermique.

La prédiction de la température de surface analytique consiste à résoudre l'Eq. 2 de degré 4 en utilisant le logiciel MATLAB.

□ **Validation expérimentale en laboratoire**

Banc expérimental pour étudier le comportement thermique du béton drainant à l'état sec et humide par rapport à celle du béton ordinaire dans des conditions contrôlées :

- Lampes infrarouges
- Peignes thermocouples
- Capteurs de température optiques
- Balance électrique
- Pyrogéomètre
- Pyranomètre
- Centrales d'acquisition



Fig.6 – Banc expérimentale pour évaluer le comportement thermique des revêtements

Résultats

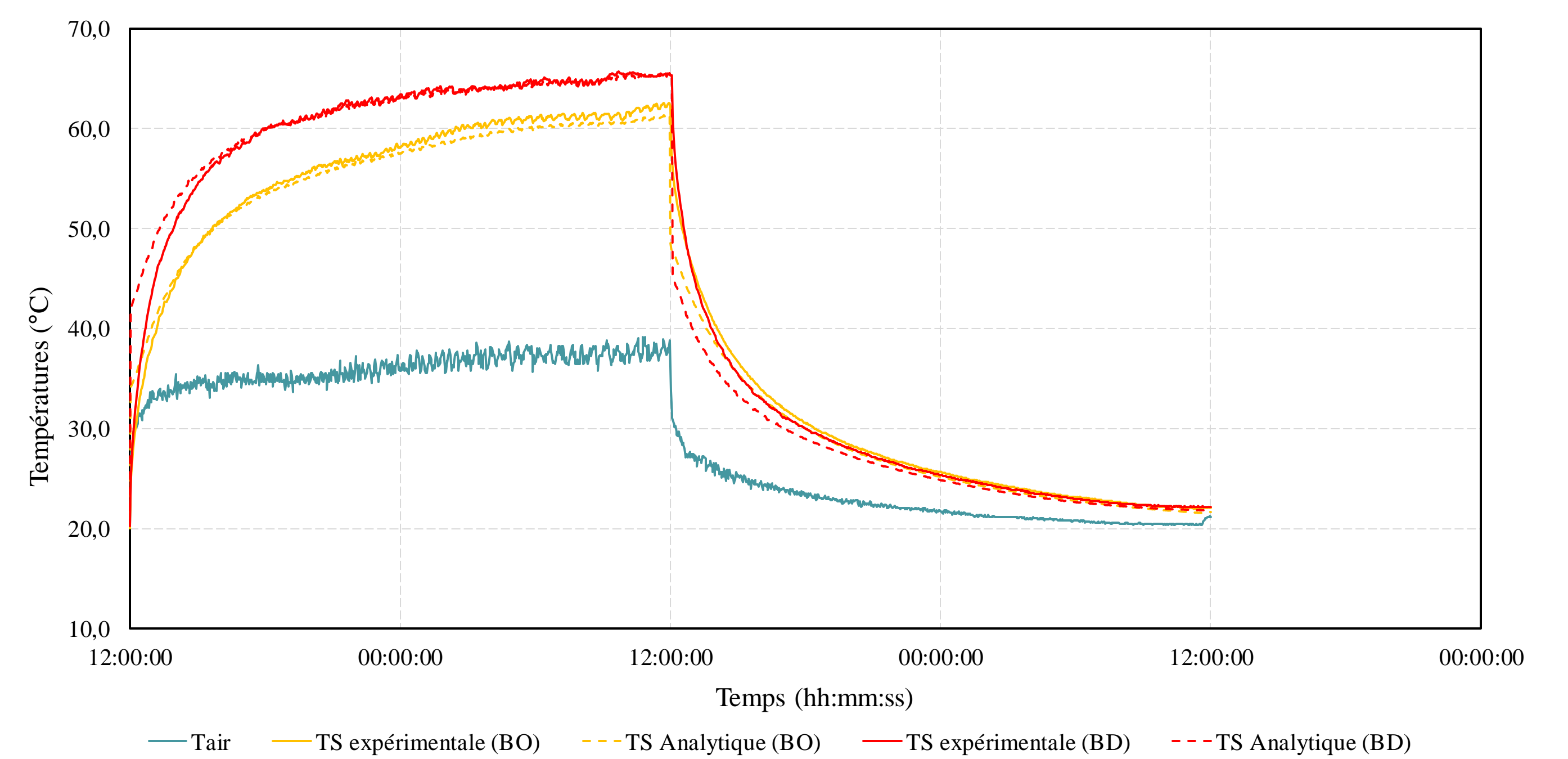


Fig.7 – Variation de température de surface expérimentale et analytique du béton drainant (BD) et du béton ordinaire (BO) à l'état sec en fonction du temps à l'état sec.

Conclusions et travaux futurs

□ **Conclusions** :

- La température de surface du béton drainant est supérieure à celle du béton ordinaire en condition sec durant la période diurne.
- La vitesse de refroidissement du béton drainant est supérieure que celle du béton ordinaire durant la période diurne en raison de sa faible conductivité thermique.
- L'albédo du béton drainant à un impact plus important sur la température de surface du béton drainant par rapport à l'impact de sa conductivité thermique.

□ **travaux futurs** :

- Les étapes suivantes consistent à évaluer le comportement thermique du béton drainant à l'état humide et d'étudier l'influence du taux d'évaporation sur la température de surface : écart de température et durée de refroidissement. Par la suite, les différents facteurs qui influent sur l'effet de refroidissement seront identifiés via une étude de sensibilité.

Bibliographie

- D. P. Bentz, "A computer model to predict the surface temperature and time-of-wetness of concrete pavements and bridge decks," 2000.
- W. M. Rohsenow, J. P. Hartnett, and Y. I. Cho, *Handbook of heat transfer*, vol. 3. McGraw-Hill New York, 1998.
- J. R. et al. . J. Ramachandran et al., "Spatial Estimation of Net Radiation by Surface Energy Balance Algorithm for Land in Lagudi Block," *Int. J. Agric. Sci. Res.*, vol. 9, no. 3, pp. 277–282, 2019, doi: 10.24247/ijasrjun201940.
- Y. Qin and J. E. Hiller, "Ways of formulating wind speed in heat convection significantly influencing pavement temperature prediction," *Heat Mass Transf. und Stoffuebertragung*, vol. 49, no. 5, pp. 745–752, 2013, doi: 10.1007/s00231-013-1116-0.

Introduction

Secure messaging applications are deployed on devices that can be compromised, lost, stolen, or corrupted in many ways. Thus, recovering from attacks to get back to a clean state is essential and known as *healing*. Signal is a widely-known, privacy-friendly messaging application, that uses key-ratcheting mechanism updates keys at each stage to provide end-to-end channel security and post-compromise security. We strengthen this last property, by providing a faster healing. Signal needs up to two full chains of messages before recovering, our protocol enables recovery after the equivalent of a chain of only one message. We do so, while building on the pre-existing Signal backbone, without weakening its other security assumptions, and still being compatible with Signal's out-of-order message handling feature.

SIGNAL [1]



Chain 1

- Hello
- How are you?



Chain 2

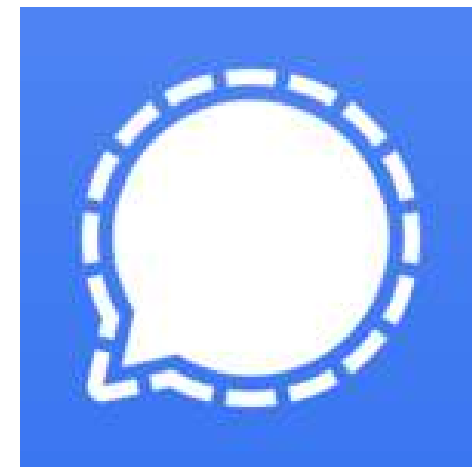
- Good, and you?



Chain 3

- Great!

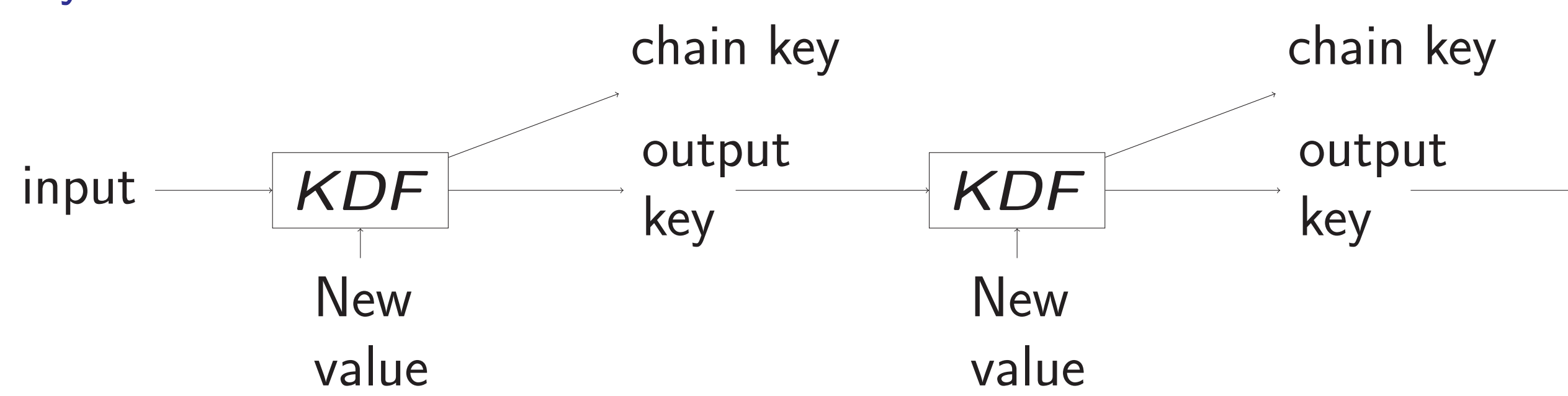
- Stage (1, 1): "Hello"
 Stage (2, 1): "How are you?"
 Stage (1, 2): "Good, and you?"
 Stage (x, y): x^{th} message of chain y



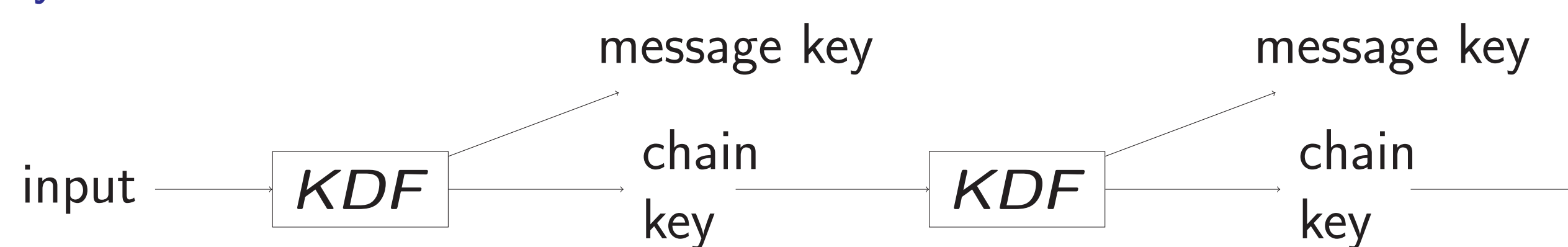
Key ratcheting [2]

KDF: Key Derivation Function (used to change the keys)

Asymmetric



Symmetric



Toy example

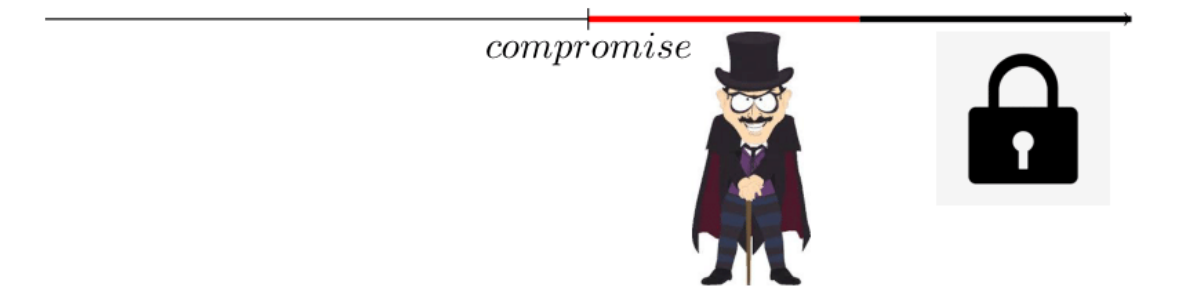
Toy example for Signal and **MARSHAL**. Messages are encrypted with the keys in the second column (indexed by the stage) and have the associated data (AD) in the third column. The labels [A] and [S] indicate asymmetric and symmetric ratcheting respectively. The security (✓) and insecurity (✗) of messages is given, assuming Alice is compromised at message 2. Italics show that several messages are sent in the same chain.

Sender	Key(s)	AD	Message	MARSHAL	Signal
Annie	$mk^{1,1}$	(1, Rchpk _A ¹)	Hi Butters	✓	✓
	[S] $mk^{2,1}$	(2, Rchpk _A ¹)	How are you ?	✗	✗
	[S] $mk^{3,1}$ - $mk^{17,1}$	(3, Rchpk _A ¹)-(17, Rchpk _A ¹) (... 15 messages)	Cinema tonight ?	✓	✗
	[S] $mk^{18,1}$	(18, Rchpk _A ¹)	Cinema tonight ?	✓	✗
Butters	[A] $mk^{1,2}$	(1, Rchpk _B ²)	Hi Annie	✓	✗
	[S] $mk^{2,2}$	(2, Rchpk _B ²)	I'm good, thanks	✓	✗
	[S] $mk^{3,2}$ - $mk^{12,2}$	(3, Rchpk _B ²)-(12, Rchpk _B ²) (... 10 messages)		✓	✗
Annie	[A] $mk^{1,3}$	(1, Rchpk _A ³)	Great	✓	✓

Post-Compromise Security [3]

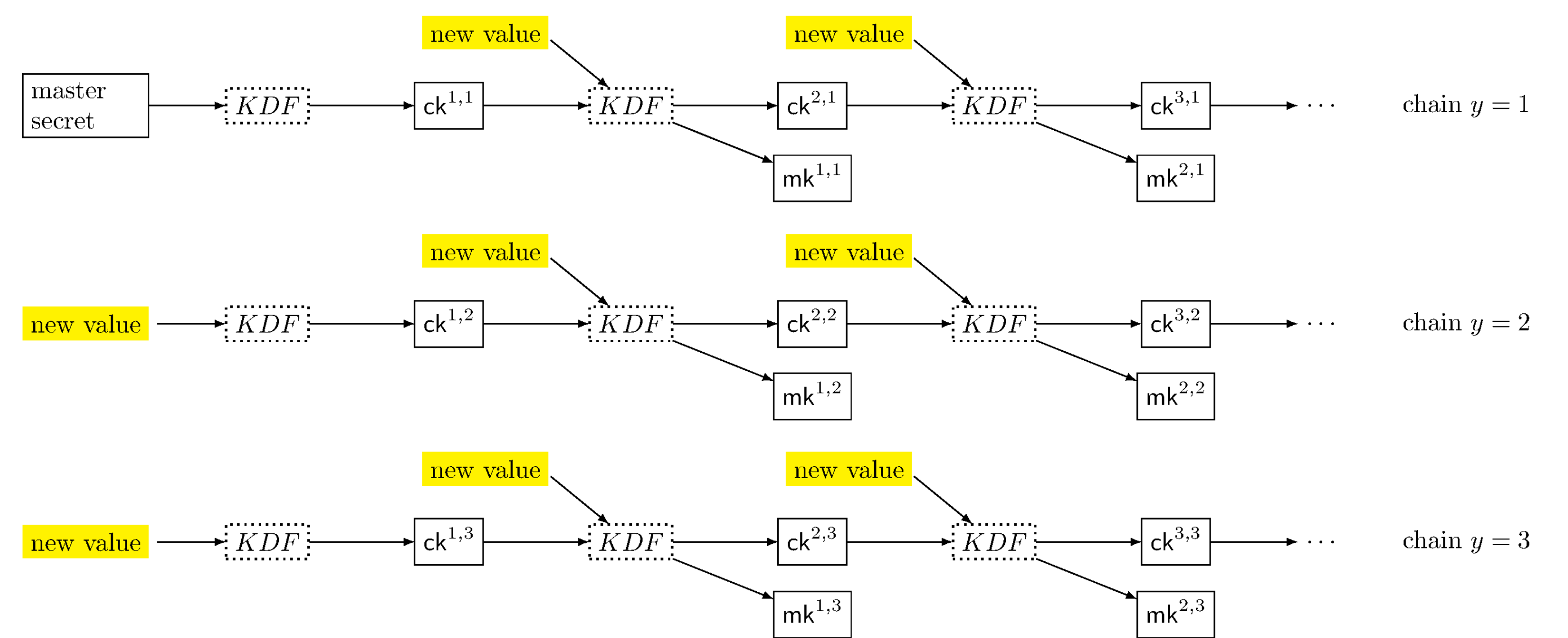
Security property:

- Protects communication between users.
- An attacker can have access to some messages.
- After several messages exchanged, the attacker is out.
- We call it **healing**.



The idea is to update the keys used to encrypt the messages.

MARSHAL [4]



Implementation

All the results indicated are the mean result (in ms) over 1000 executions of each given test. We compare the protocols for steps:

- Session-setup: generation of the keys needed for the communication.
- Message (1, y): computations for sending the first message of a chain.
- Message (l, y): computations for sending a message inside a chain.

Test	Signal	MARSHAL
Session Setup	3.856	6.924
Message (1, y)	1.284	5.082
Message (l, y)	0.06	1.512

The protocols are tested on a machine running Ubuntu 20.04.1 (Linux kernel version 5.4.0-58), with an Intel i5-10210U processor and 8GB of RAM.

Conclusion

Our main contribution is providing an alternative design to Signal, which achieves much stronger security properties at comparatively little cost. Unlike alternative approaches to designing ratcheted key-exchange we try to stick close to Signal's original structure, thus showing how that protocol could be modified to achieve better post-compromise security (PCS).

References

- Katriel Cohn-Gordon, Cas Cremers, Benjamin Dowling, Luke Garratt, and Douglas Stebila. A Formal Security Analysis of the Signal Messaging Protocol. *Proceedings - 2nd IEEE European Symposium on Security and Privacy, EuroS and P 2017*, (July):451–466, 2017.
- M. Marlinspike and T. Perrin. The double ratchet algorithm, 2016. <https://whispersystems.org/docs/specifications/doubleratchet/doubleratchet.pdf>.
- Katriel Cohn-Gordon, Cas J. F. Cremers, and Luke Garratt. On post-compromise security. In *IEEE 29th Computer Security Foundations Symposium, CSF 2016, Lisbon, Portugal, June 27 - July 1, 2016*, pages 164–178, 2016.
- Olivier Blazy, Pierre-Alain Fouque, Thibaut Jacques, Cristina Onete, Pascal Lafourcade, and Robert Léo. Full version, 2021. https://drive.google.com/file/d/1fw5bJf_M492dBjgygbFyNL1AdgWcE011/view?usp=sharing.

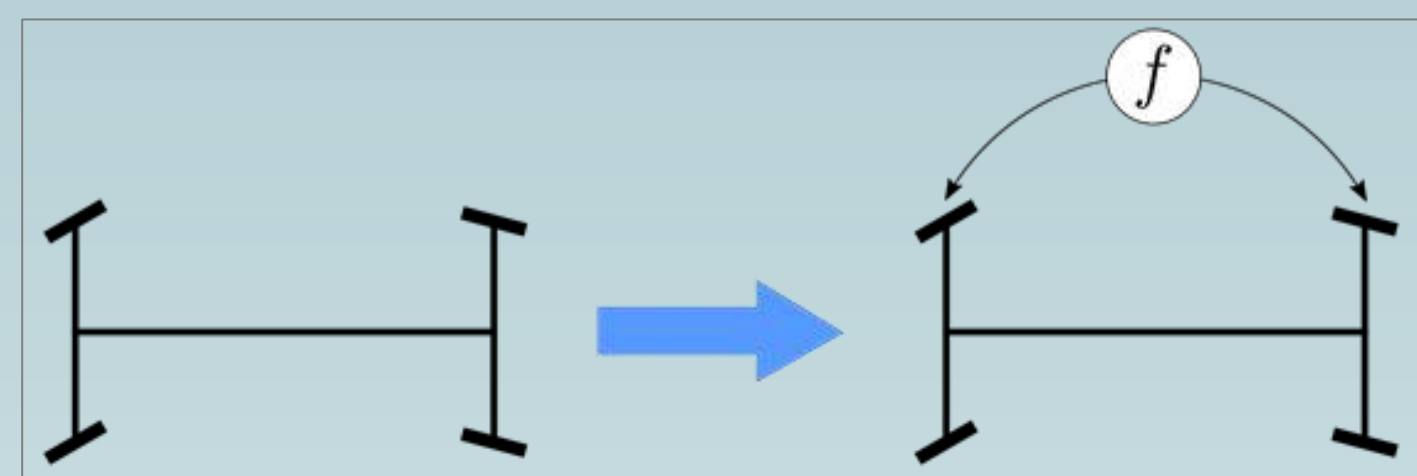
Introduction

Le secteur des véhicules à 4 roues directrices (4RD) est en regain d'intérêt depuis l'amélioration de l'électronique embarquée dans les véhicules. Des constructeurs de véhicules dits « haut de gamme » l'intègrent sur certains de leurs modèles dans le but d'améliorer le confort, l'agilité et la sécurité de la voiture.

Le système de pilotage de véhicules 4RD développé lors de cette thèse s'inscrit dans le domaine plus vaste de la dynamique des véhicules terrestres assistés.

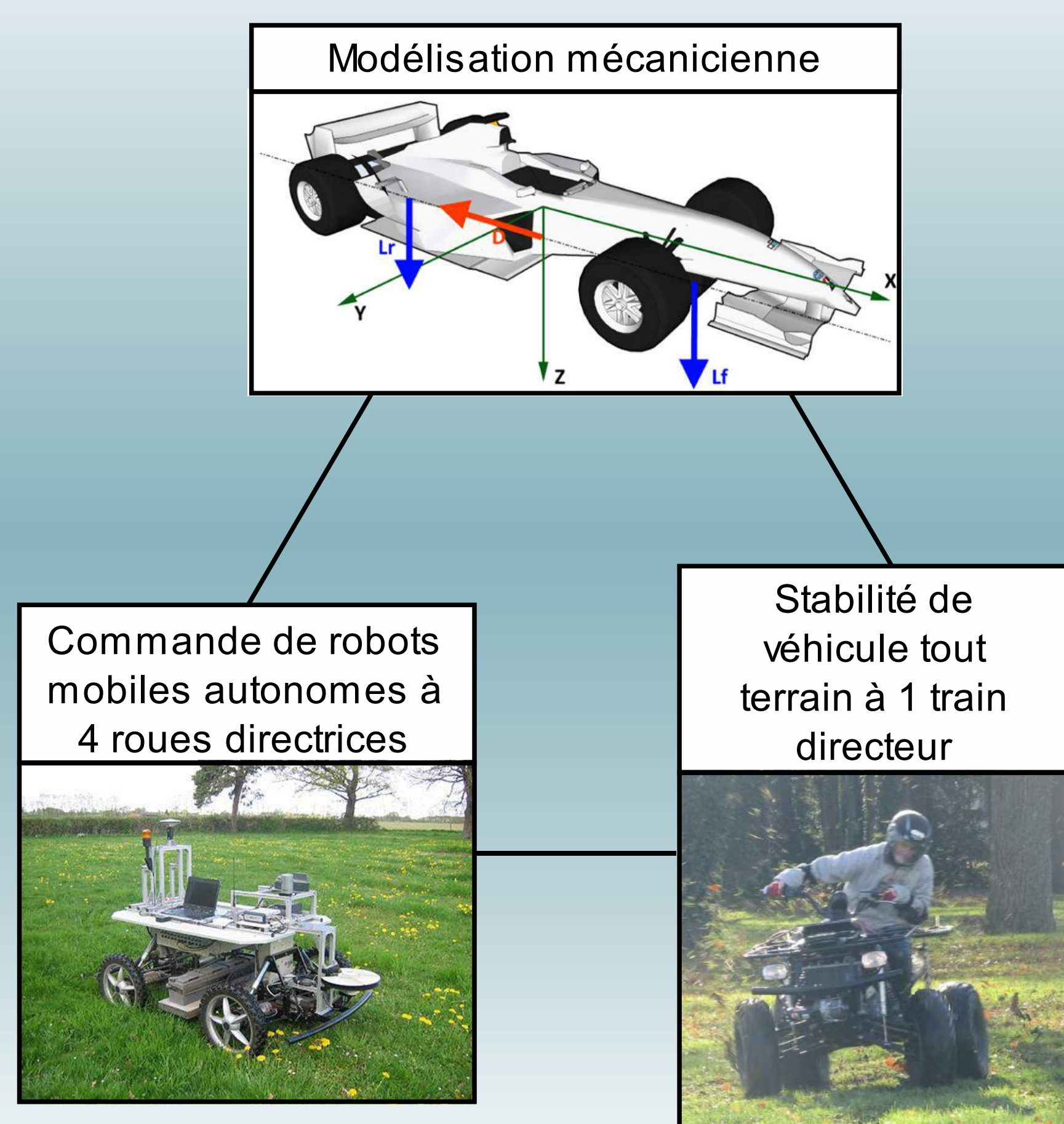
La problématique de ce sujet est articulée autour de deux grands volets :

- La mise au point de la commande du véhicule 4RD avec des lois de pilotage innovantes, qui doivent :
 - Tout d'abord, permettre au conducteur d'utiliser ce véhicule sans se mettre en danger. En effet, sans assistance, à partir d'une certaine vitesse, un véhicule 4RD, devient vite ingérable. C'est le cas du prototype de buggy 4RD au cœur du sujet :

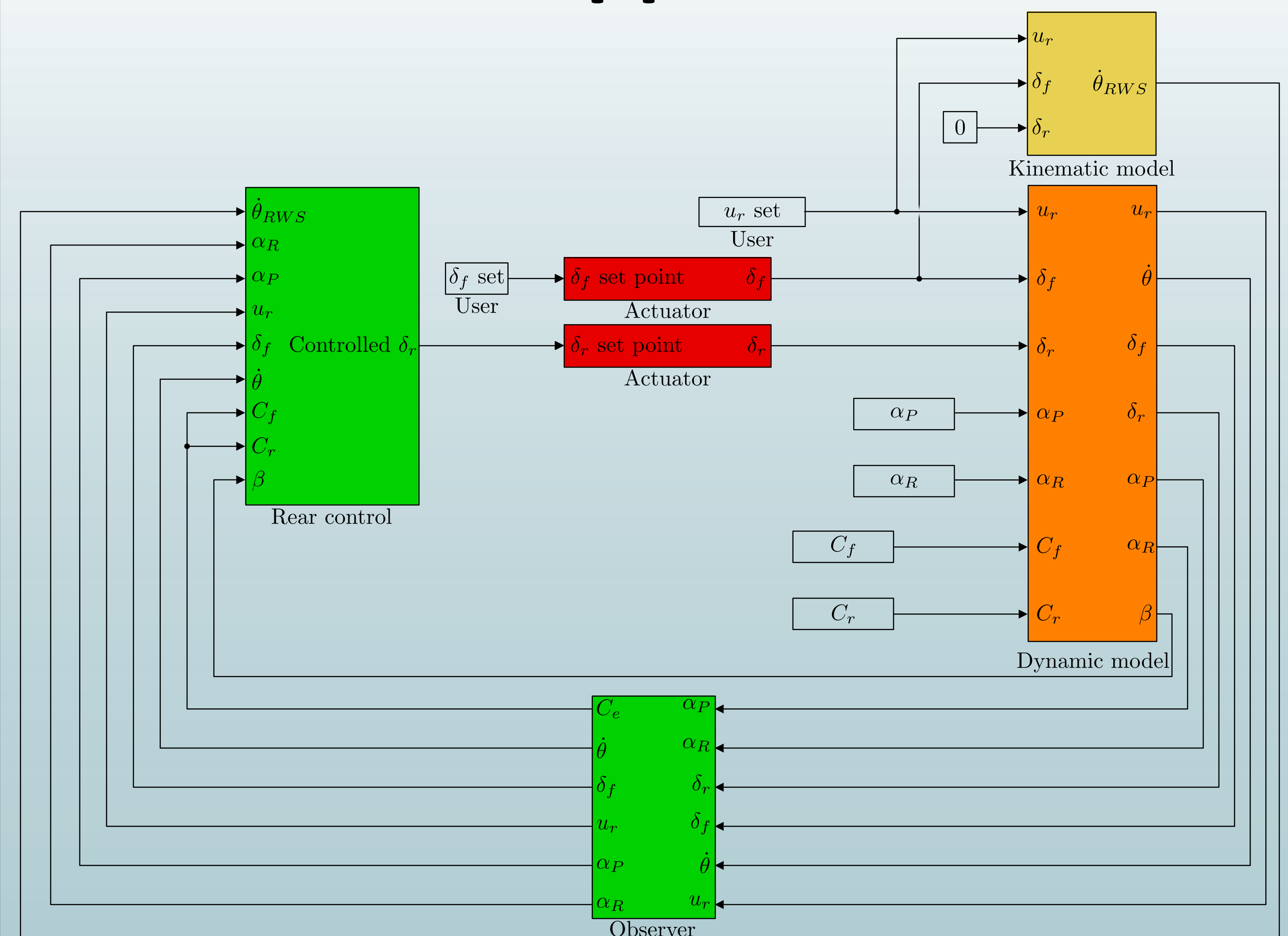


- Optimiser la trajectoire, la stabilité, et l'usure des pneus sur terrains difficiles.
- Le développement d'outils de simulation qui permettent de quantifier :
 - Les performances dynamiques du véhicule 4RD.
 - Les pertes énergétiques, notamment au niveau des pneumatiques, du véhicule 4RD.

Travaux antérieurs

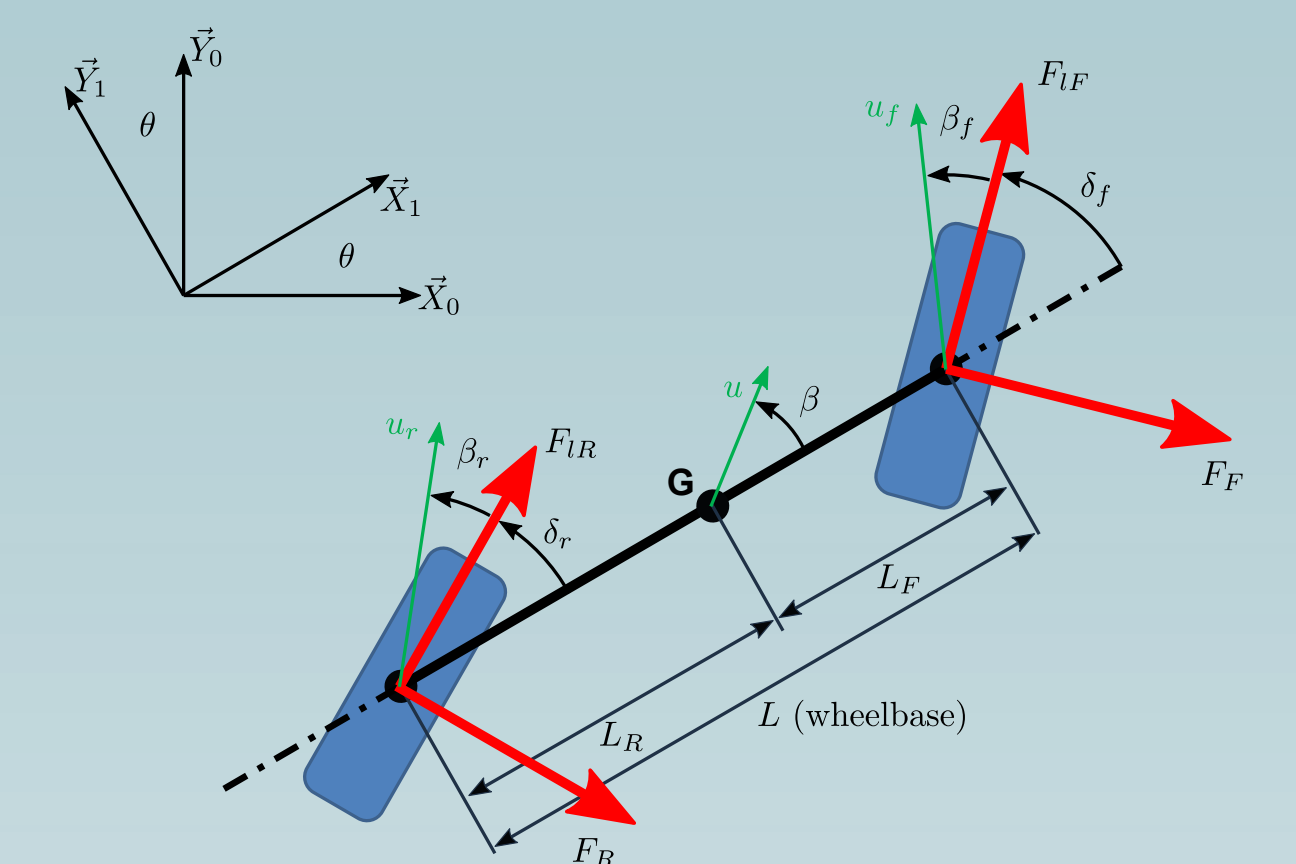


Développements



L'outil développé pour tester les différentes lois de commandes, en vue de l'implémentation sur véhicule, est un simulateur MATLAB/Simulink. Il est composé de plusieurs blocs principaux :

- Bloc « Dynamic model » : Les équations d'évolution du modèle dynamique adapté à la commande y sont implémentées. La seule inertie prise en compte est celle du châssis du véhicule et les glissements latéraux sont modélisés simplement.
- Bloc « Kinematic model » : Les équations d'évolution du modèle géométrique modélisé grâce à une relation de roulement sans glissement pneus/sol y sont implémentées.
- Bloc « Rear control » : La loi de pilotage agissant sur le train directeur (arrière, dans ce cas) y est implémentée. Cette dernière a pour but de limiter l'impact du terrain glissant sur la conduite à haute vitesse de l'utilisateur.
- Bloc « Observer » : La rigidité de dérive (paramètre définissant le glissement pneu-sol) est reconstruite dans ce bloc à partir de la mesure de la vitesse de lacet du véhicule.



Conclusion et perspectives

La première loi de commande développée a été testée dans le cadre de l'aide à la conduite à haute vitesse et a livré des premiers bons résultats. Les voies d'amélioration résident dans l'observation plus fine de la rigidité de dérive et le développement de modèles mécaniques plus précis.

La phase de simulation validée, la loi de commande sera testée d'abord sur ROS (environnement de simulation avancée), puis sur les prototypes réels.

D'autres lois de commande vont être développées pour notamment améliorer la maniabilité du véhicule à basse vitesse, en exploitant deux effecteurs contrôlés par le conducteur.

Introduction

❖ L'acier est couramment utilisé dans le domaine de la construction car il offre de nombreux avantages liés à la rapidité de construction et à son bon rapport performance poids. Cependant, en cas d'incendie, l'acier perd rapidement ses propriétés mécaniques au-delà d'une température de l'ordre de 550 °C [1] (Fig. 1).

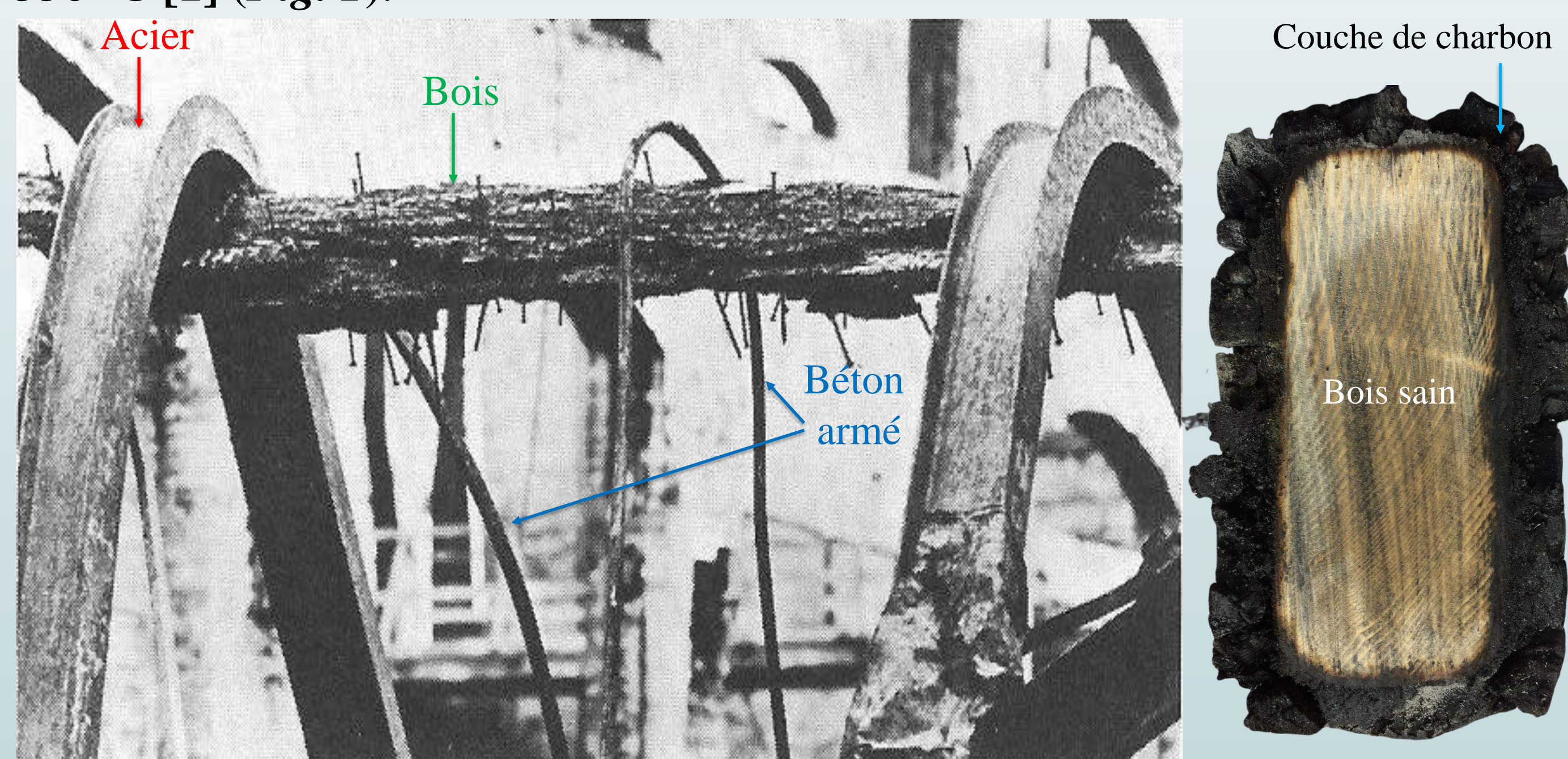


Fig. 1: Scène d'incendie (Softwood Export Council) et section transversale du bois

Dans la présente étude, les essais ont été menés sur des poutres acier de type IPE partiellement ou totalement protégées par du bois massif à hautes températures.

Méthodes

❖ Le four d'essai électrique est conçu selon la norme européenne EN 1363-1 [2] pour réaliser des essais à haute température sur les poutres en acier seul et hybride bois acier pendant une heure à la condition de feu normalisé ISO-834 [3].

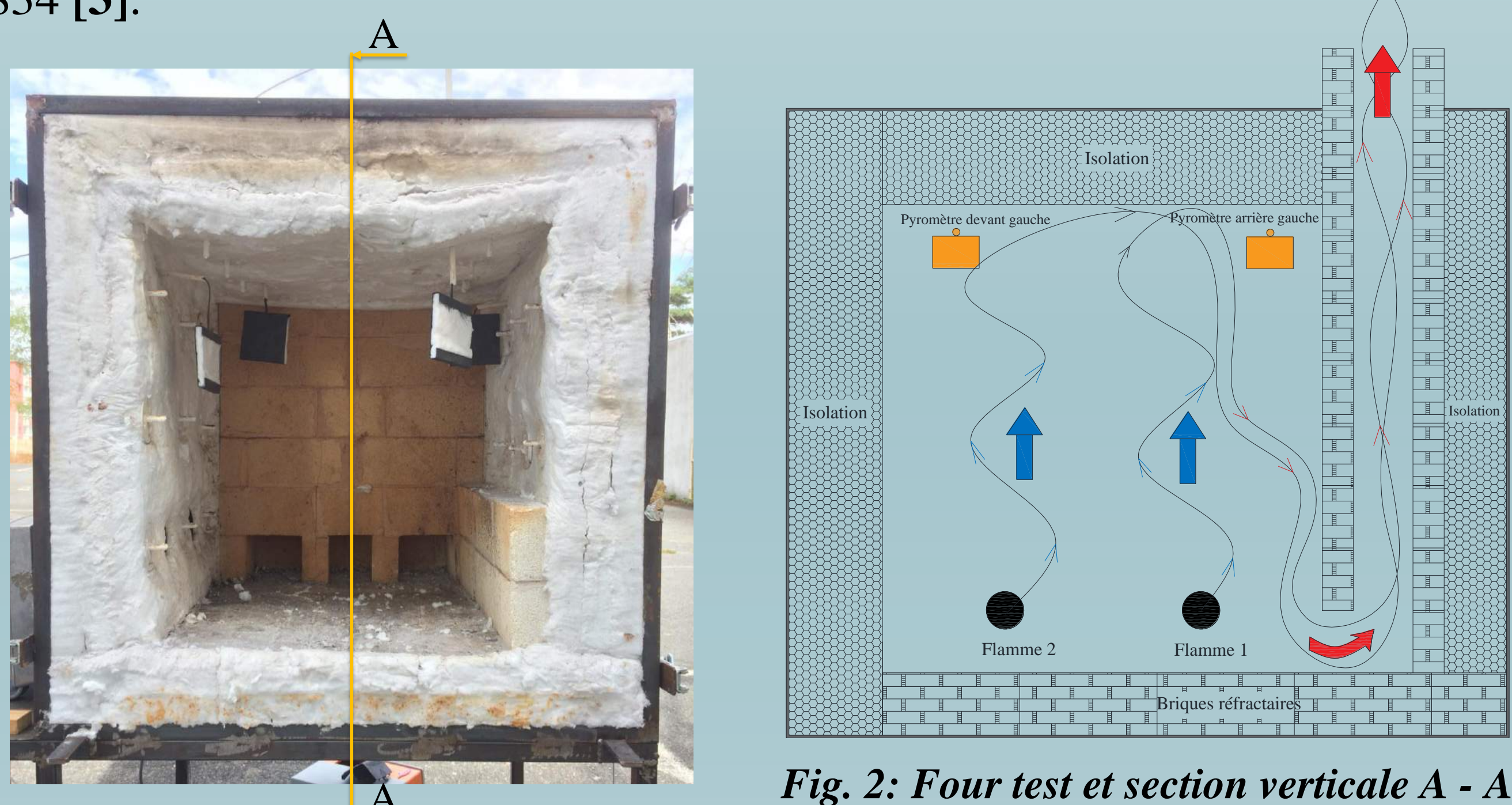


Fig. 2: Four test et section verticale A-A

❖ La courbe de l'échauffement théorique de l'acier selon Eurocode 3 :

$$\Delta\theta_{a,t} = \frac{A_m/V}{C_a \rho_a} h_{net,d} \Delta t$$

- A_m est la surface du profilé exposée au feu par mètre de longueur (m)
- $h_{net,d}$ est le flux de chaleur (W/m^2) ;
- V est le volume de profilé par mètre de longueur (m^3) ;
- C_a chaleur spécifique ($J/kg \cdot ^\circ C$) ; ρ_a masse volumique (kg/m^3)

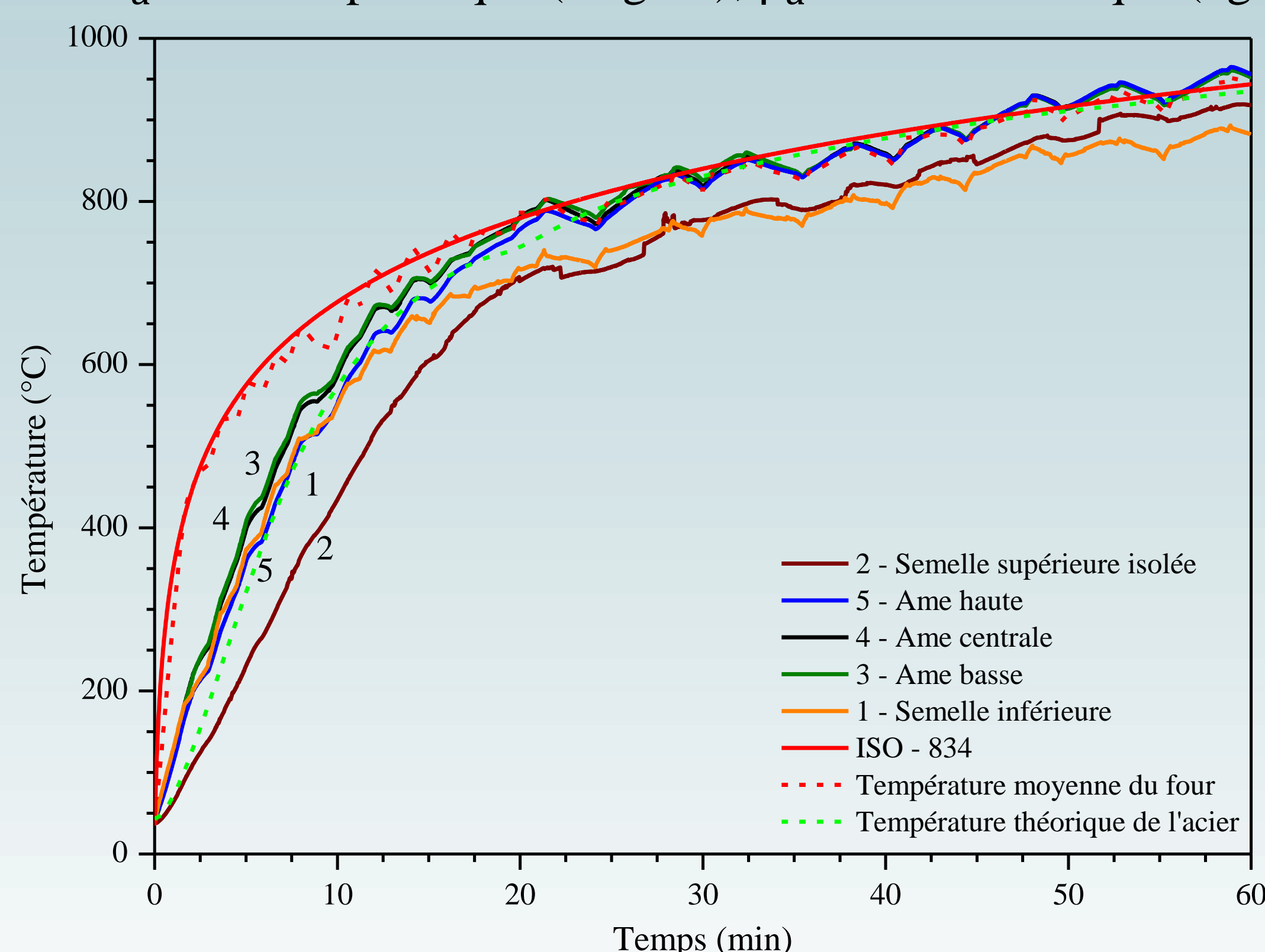


Fig. 3: Evolution de la température sur l'IPE-200 non protégée en fonction de temps

Résultats

❖ La Figure 4 montre l'évolution de la température sur deux poutres hybrides acier-bois. La poutre IPE 240 partiellement enrobée est exposée au feu sur 3 faces. Au niveau de la mesure des températures du profilé en acier, on observe une augmentation des délais d'échauffement sur la face exposée (semelle inférieure) (Fig. 4.a) mais les autres mesures ont été ralenties par la protection du bois contre une très nette augmentation des cinq mesures correspond à la température théorique de l'acier sans protection (Fig. 3).

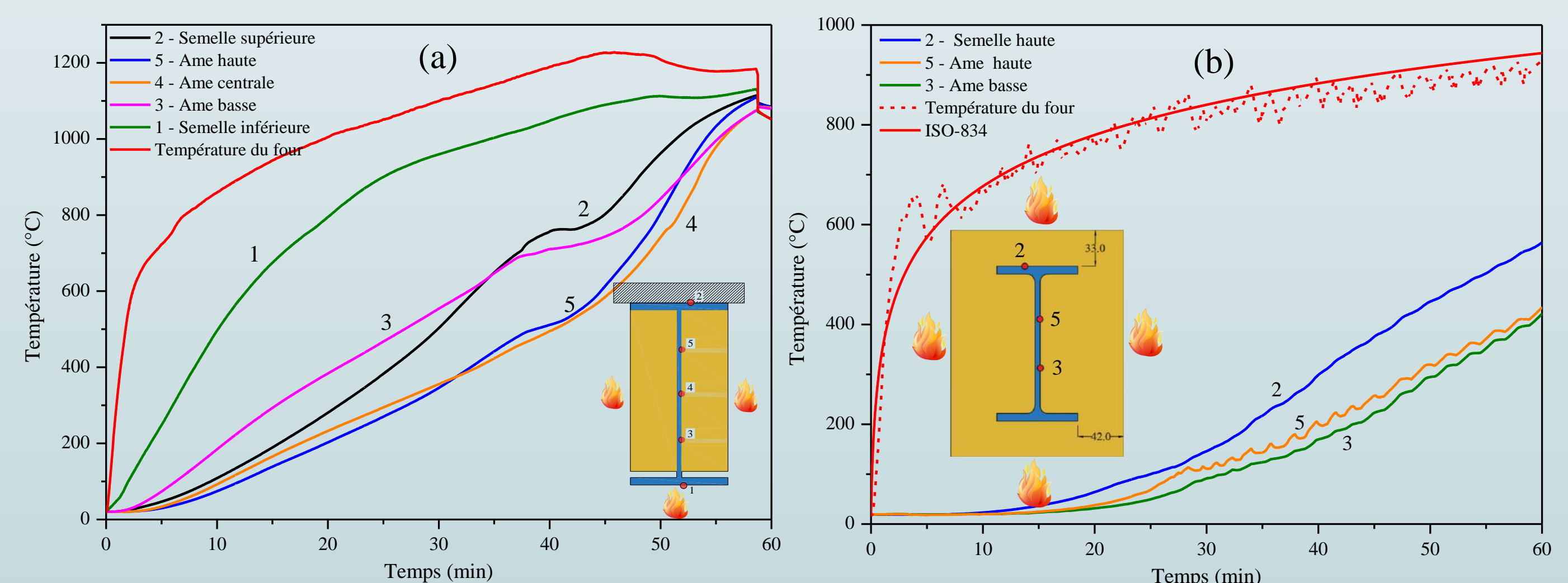


Fig. 4: Evolution de la température sur l'acier selon deux configurations différentes (Test)

❖ La poutre IPE 140 exposée au feu sur 4 faces est protégée totalement par le bois Douglas avec une épaisseur de 33 mm autour des semelles d'IPE comme le montre la Fig. 4.b.

❖ La semelle haute est plus chaude que la semelle basse à cause de l'ouverture entre deux morceaux de bois en haut de la poutre. Les autres mesures sur l'âme de l'acier 3 et 5 sont bien protégées par la protection du bois et elles ne dépassent pas la température critique de 550°C.

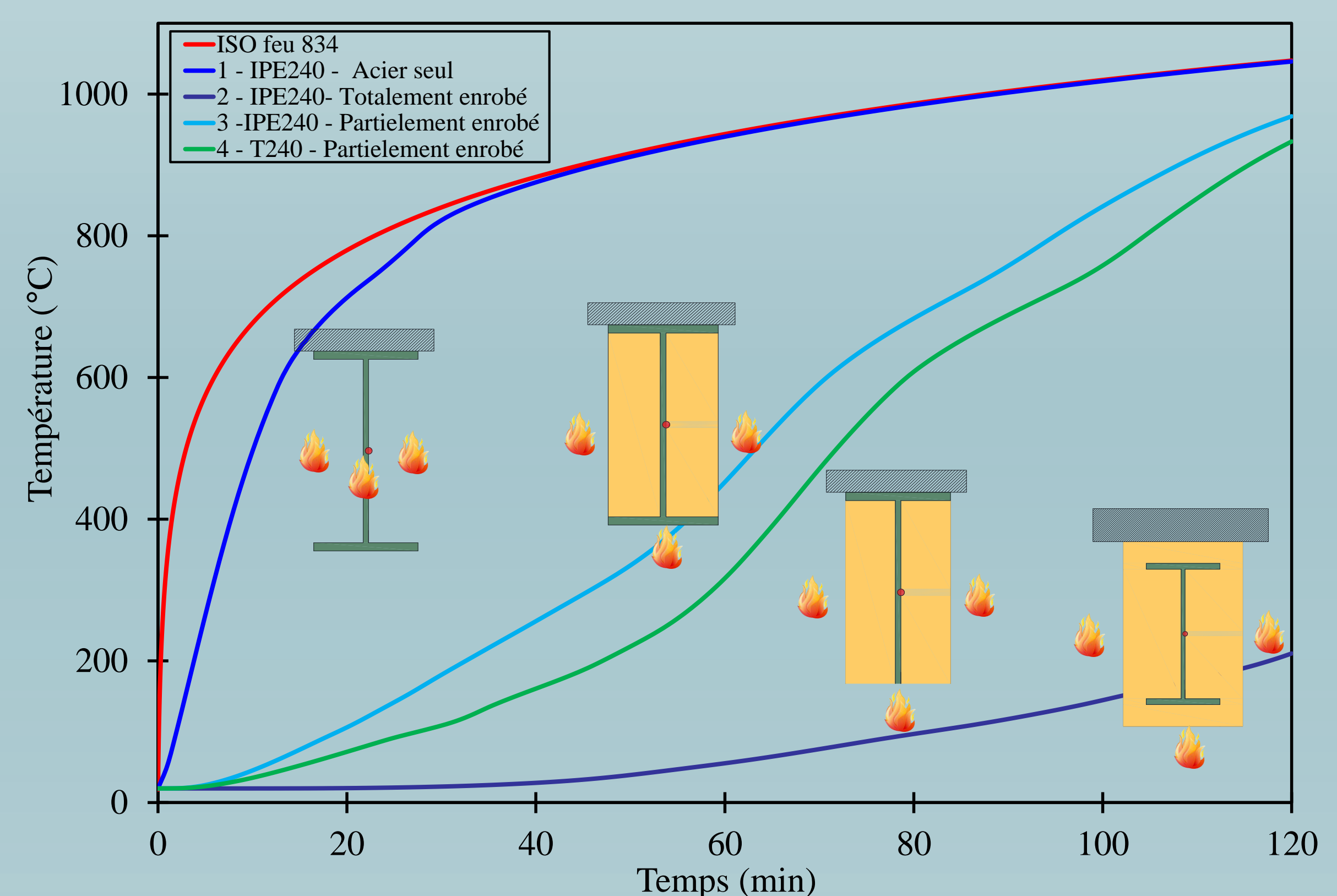


Fig. 5: Comparaison de la température sur l'âme des poutres (Simulation Abaqus)

❖ Les résultats de la simulation numérique selon EC3 et EC5 [4] sur l'âme de la poutre pour chaque configuration sont montrés dans la Fig. 5. Ces poutres hybrides ont été exposées 3 faces au feu à la condition normalisée ISO-834 pendant 120 minutes. Il y a une grande différence entre ces configurations de mêmes sections en acier grâce à la protection du bois (partiellement ou totalement enrobé).

Conclusions

- ❖ Les expériences de cette étude ont montré que la montée en température sur l'acier en fonction de temps a été ralenti beaucoup grâce à la protection en bois par rapport au test de l'acier non protégé.
- ❖ Grâce aux résultats obtenus, qui permettent de déterminer l'épaisseur du bois nécessaire pour protéger les poutres en acier à différents intervalles de 30, 60 ou 90 minutes en cas d'incendie. L'objectif est la conception d'une poutre hybride bois-acier économique et structurelle performante.

Bibliographie

- [1] Eurocode 3, "Design of steel structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design," 2011, vol. 1, no. 2005.
- [2] Afnor, "EN 1363-1 Fire resistance tests -Part 1: General Requirements."
- [3] ISO-834, "ISO - 834: Fire resistance tests-elements of building construction," vol. 1999, 1999.
- [4] Eurocode 5, "Design of timber structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design," vol. 1, no. 2005, 2011.

Objectif

- Identifier les avantages de l'utilisation de robots coopératifs à l'échelle d'un site industriel ou logistique.
- Déterminer le nombre de robots nécessaires pour transporter un ensemble de n charges sur un horizon de temps à coût minimum dans un entrepôt.

Introduction

- Le coût du transport des charges est fonction du nombre de robots et de la distance parcourue par les robots.
- Le cycle de temps d'un robot est divisé en plusieurs phases : chargement, déplacement chargé, déchargement, déplacement à vide et chargement de la batterie.
- Nous considérons d'abord le cas de robots non coopératifs, généralisant [1] à une capacité non unitaire. Ensuite nous envisagerons le cas de robots coopératifs où les charges peuvent être transportées soit par un seul robot (m-bot), soit par plusieurs mêmes robots qui coopèrent (p-bot) [2].

Modèle

- Hypothèses :
 1. Robots stockés à Zone A
 2. Charges disponibles immédiatement
 3. Embouteillages non pris en compte
 4. Temps d'assemblage du p-bot pris en compte
 5. Pas de reconfiguration

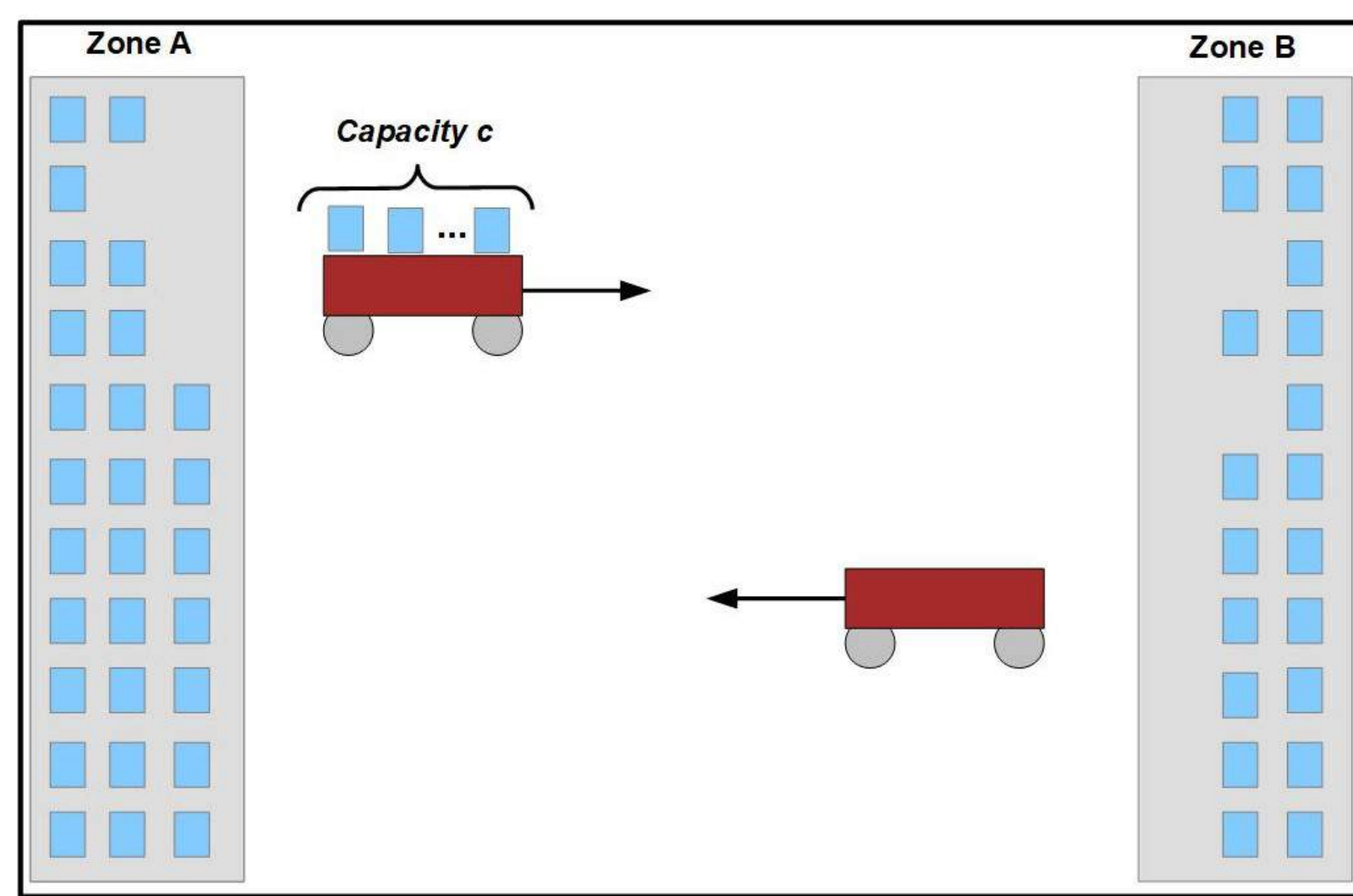


Figure 1: Transport de charges identiques

- Coût f d'une flotte de robots :

$$f(N,D) = \alpha N + \frac{\beta D}{T} + \gamma$$

- N : Nombre total de robots
- D : Distance parcourue par les robots
- T : Horizon de planification
- α : Coût fixe d'un m-bot par unité de temps
- β : Coût par mètre parcouru d'un m-bot
- γ : Coût par unité de temps indépendant du nombre de robots

PLNE (Charges identiques)

- Variables de décision entières positives: $N_m, N_p, n_m, n_p, r_m, r_p$.

Fonction objectif :

$$\alpha(N_m + pN_p) + \frac{\beta d}{T}(r_m + pr_p) + \gamma \rightarrow \text{minimiser}$$

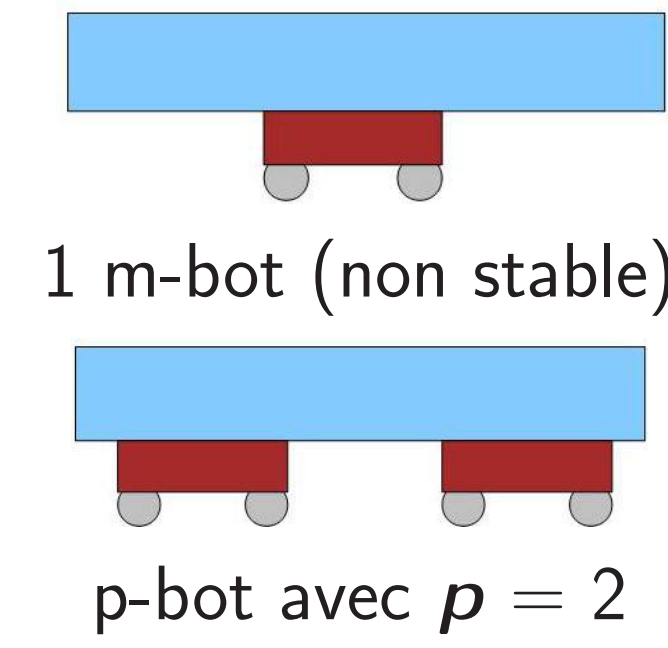
- Contraintes :

$$\begin{aligned} 1) \quad n_m &\leq N_m c_m \left[\frac{T - t_b}{\tau_m} \right] \\ 2) \quad n_p &\leq N_p c_p \left[\frac{T - t_b}{\tau_p} \right] \\ 3) \quad \frac{n_m}{c_m} &\leq r_m \text{ et } \frac{n_p}{c_p} \leq r_p \\ 4) \quad n_m + n_p &= n \end{aligned}$$

- $N_{m/p}$: Nombre de m/p-bots
- $n_{m/p}$: Nombre de charges à transporter par les m/p-bots
- $r_{m/p}$: Nombre d'aller-retours effectués par les m/p-bots
- p : Nombre de m-bots constituant un p-bot
- d : Distance aller-retour de A à B
- $\tau_{m/p}$: Temps de cycle d'un m/p-bot
- t_b : Temps où le robot est immobilisé
- $c_{m/p}$: Capacité d'un m/p-bot
- $c'_m = \frac{c_p}{p}$: Capacité théorique d'un m-bot

Cas particuliers

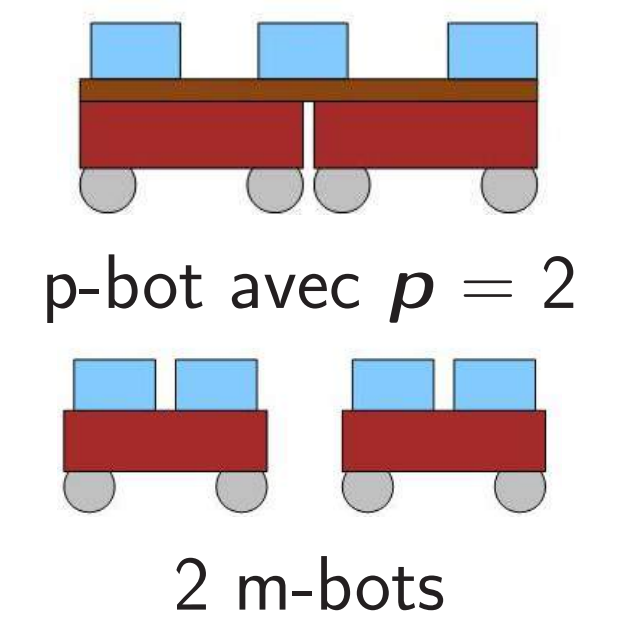
$$c_m = 0$$



$$N_p^* = \left\lceil \frac{n}{c_p \left[\frac{T - t_b}{\tau_p} \right]} \right\rceil$$

$$N_m^* = 0$$

$$c_m \geq c'_m$$



$$N_p^* = 0$$

$$N_m^* = \left\lceil \frac{n}{c_m \left[\frac{T - t_b}{\tau_m} \right]} \right\rceil$$

Exemple avec reconfiguration

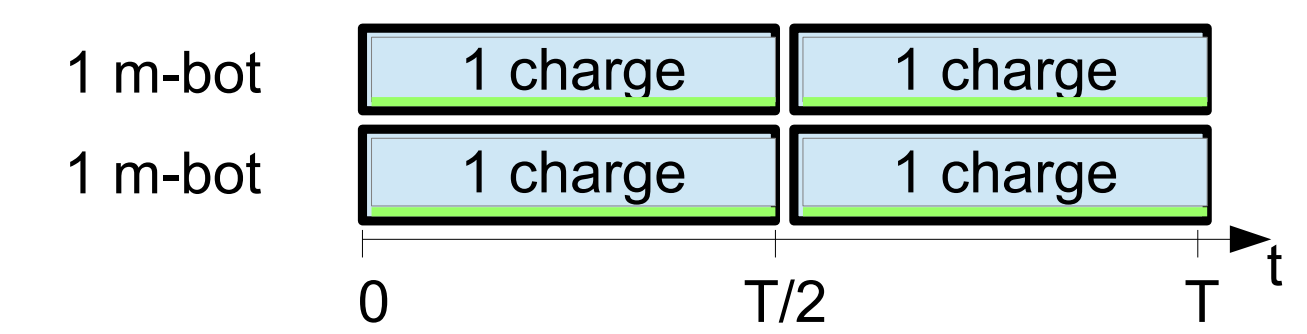
- Données :

- $n=4$
- $p=2$
- $c_m=1$
- $c_p=3$
- $\tau_m = T/2$
- $\tau_p = T/2$
- $t_b=0$
- $\alpha = 1$
- $\frac{\beta d}{T} = 10$
- $\gamma = 0$

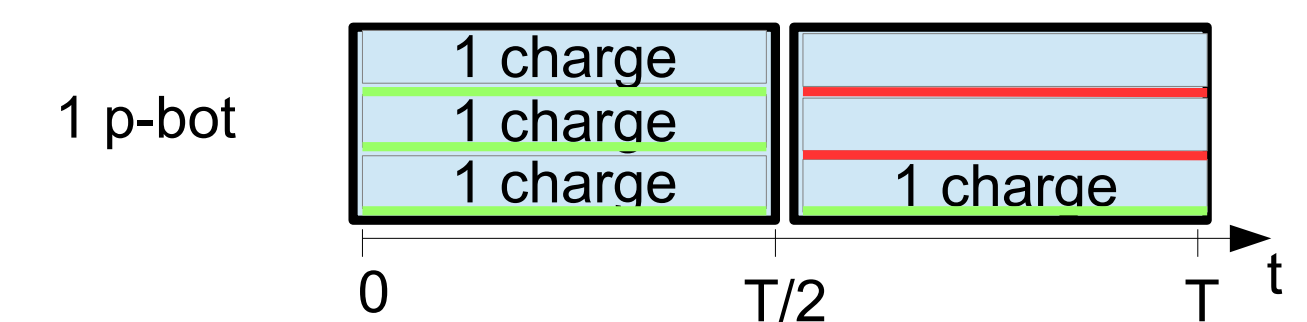
- Coût :

- cas 1 : $f = 42$
- cas 2 : $f = 42$
- cas 3 : $f = 33$
- cas 4 : $f = 32$

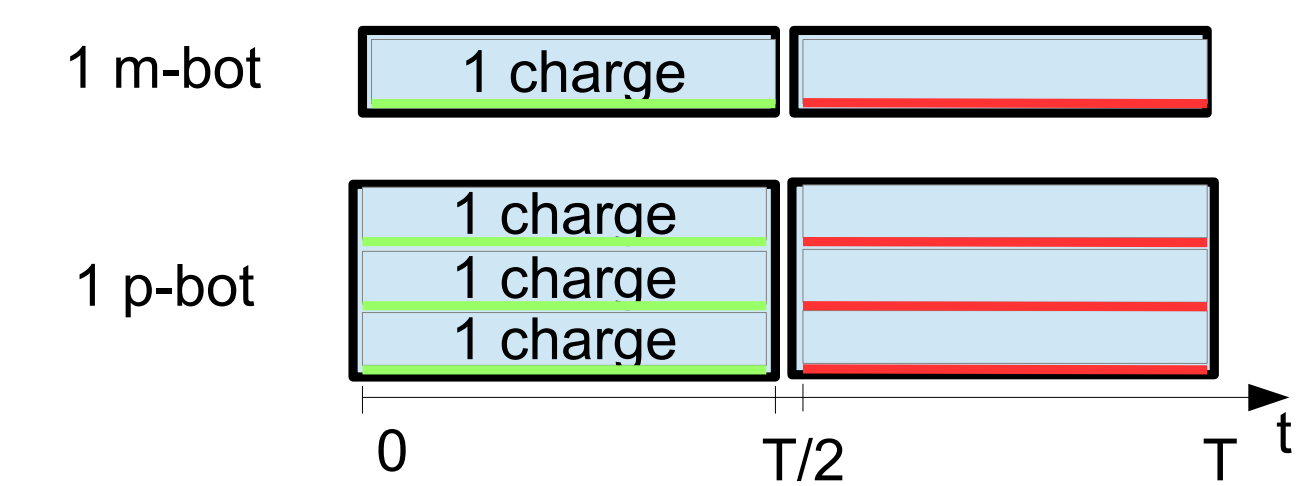
1. Uniquement m-bots



2. Uniquement p-bots



3. Mix de m-bots et p-bots



4. Avec Reconfiguration

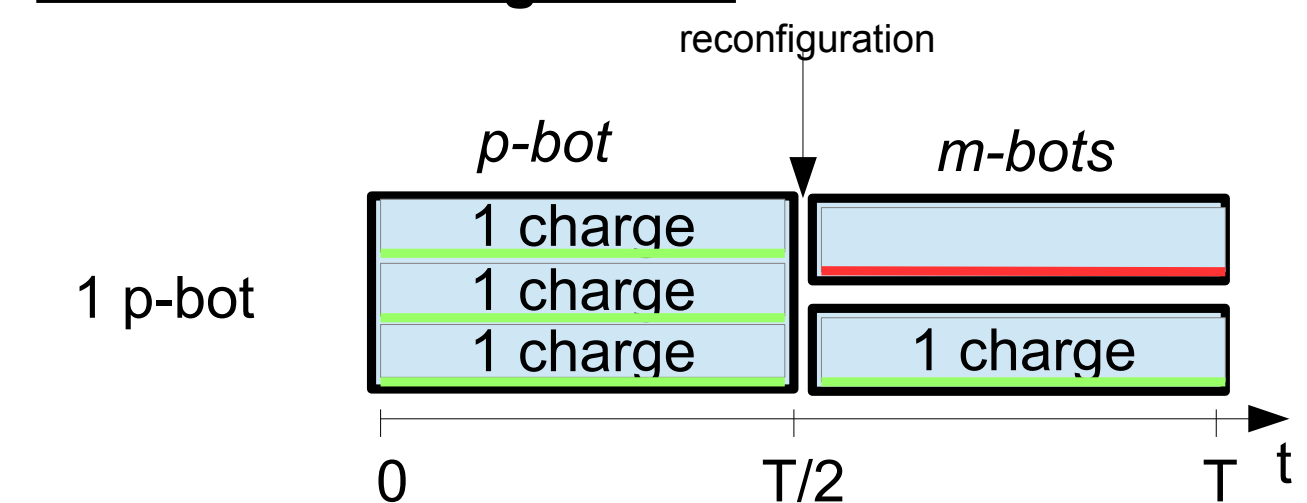


Figure 2: Diagramme de Gantt pour 4 charges à transporter

Conclusions et perspectives

- Le modèle mathématique permet de déterminer le nombre de robots qui devraient coopérer pour minimiser le coût d'une flotte de robots transportant des charges homogènes. Si la capacité de p m-bots est inférieure à la capacité d'un seul p-bot, l'utilisation exclusive de p-bots ou d'un mélange avec des m-bots peut entraîner une diminution des coûts. Sinon, il est optimal d'utiliser exclusivement des m-bots.
- Perspectives :
 - Charges hétérogènes (masse ou dimensions);
 - Prise en compte de la structure de l'entrepôt.

Références

- [1] A. Rjeb, J.-P. Gayon, and S. Norre. Fleet-sizing of robots in a logistics warehouse - transport operation between reception area and storage area. February 2021. working paper or preprint.
- [2] Z. E. Chebab. Conception et commande collaborative de manipulateurs mobiles modulaires (C3M3). PhD thesis, 2018.

Remerciements

- Ce travail est soutenu par "Le conseil régional Auvergne-Rhône-Alpes" dans le cadre du Pack Ambition Recherche "RoMoCo" : Robotique Modulaire Coopérative

Objectives

To propose an application to determine when and which robot and equipment will attend the demands for activities in the plots of a farm. It will manage the utilization of the robots and the equipments, as well as the energy of the robot batteries, in order to attend all demands for activities respecting their time windows.

Introduction

The advances in robotics provide autonomous, small and light robots to work in agriculture [1]. The introduction of such robots will provide an improvement in the agriculture work efficiency and reduce the environmental impacts [2].

Planning, scheduling and coordination are fundamental to the control of multi-robot systems in the farm, and more generally for increasing the level of automation in agriculture and farming.[3].

The FMIS (Farm Management Information Systems) are sophisticated and complex systems to support production management in the farms [4]. To deal with all management aspects in the farm to incorporate the use of these robots is not a simple task, thus this work limits the focus on the management of the robots and equipments to perform activities in the farm only.

Problem

Farm

- ▷ The farms have several plots on which the robots will operate.
- ▷ Each plot has demands for activities to perform in given time windows.
- ▷ The demands can possibly be ordered, meaning that it is possible to express that a given demand must be fulfilled before starting another specific demand.
- ▷ The demands have an attendance priority level between them.
- ▷ Each demand has to be achieved by an appropriate equipment to supply it.
- ▷ Each demand has a preference time to be started to be attended.
- ▷ Demands are emitted by farmers on the fly.

Robots and equipments

- ▷ The number of robots is limited, as the number of equipments.
- ▷ Necessity to manage their use.
- ▷ There will be different kinds of equipments and robots.
- ▷ Not every equipment kind works on any robot kind.
- ▷ To change an equipment in a robot, it is necessary for the robot to be in the warehouse.
- ▷ The times to install and to uninstall an equipment on a robot depend both on the robot kind and on the equipment kind.
- ▷ We consider here only electrical robots, where batteries are their only source of energy.
- ▷ These batteries have to be recharged to avoid the robots to be out of energy, which means that the energy consumed by any work of the robot (travel, working on a plot with a specific equipment, ...) must be known to evaluate at any time the level of battery of any robot. **One challenge of the problem is to manage the recharge of the robot batteries.**
- ▷ The robots and equipments are stored at the warehouse.
- ▷ The robots are recharged in the warehouse.

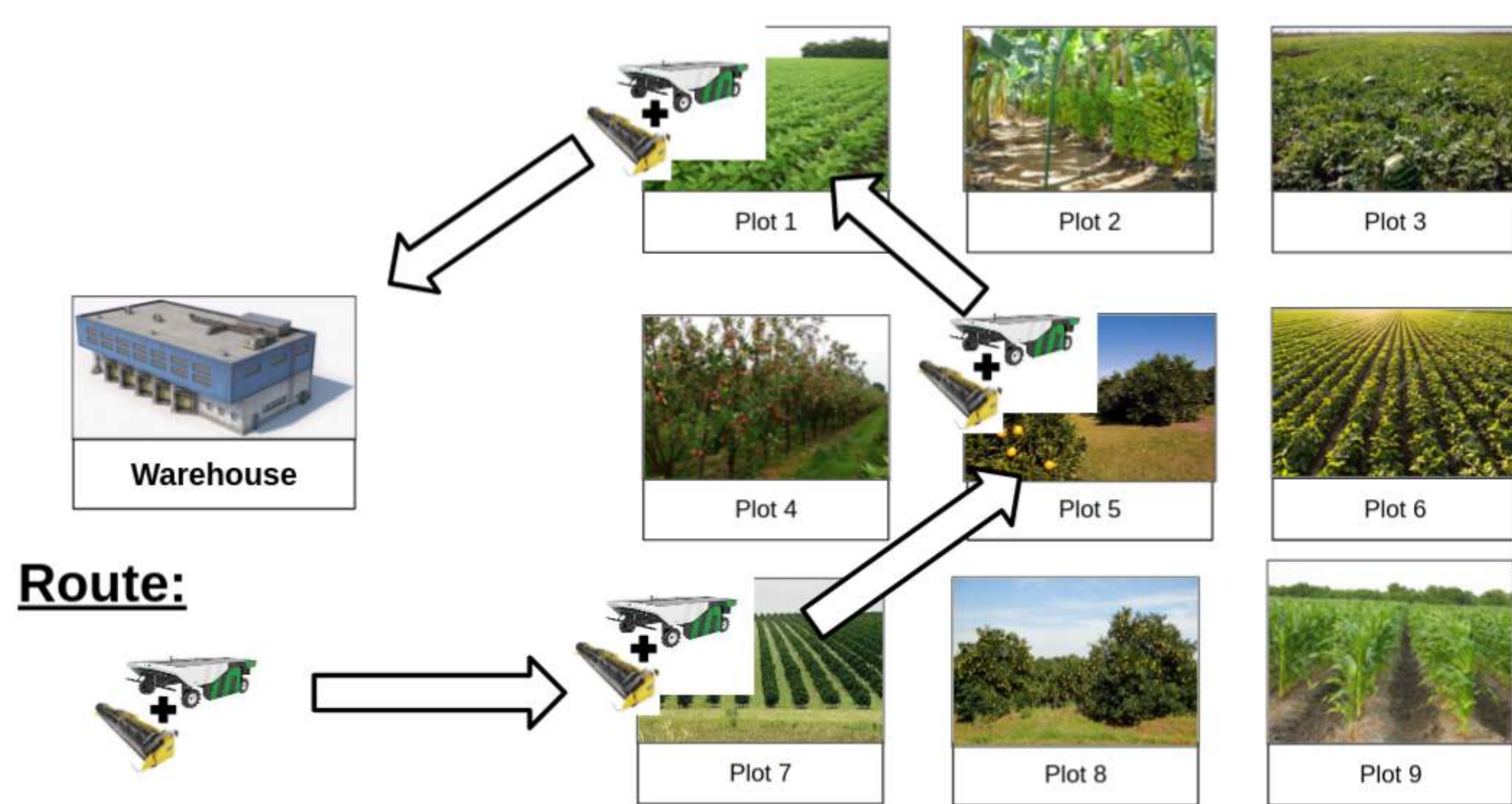


Figure 1:Route

Acknowledgments

- ▷ This work was sponsored by a public grant overseen by the French National Research Agency as part of the "Investissements d'Avenir" through the IDEX/I-SITE initiative CAP 20-25 (16-IDEX-0001).

Contact Information

- ▷ Web: <https://limos.fr/detailperson/346>
- ▷ Email: Mateus.VILELA_SOUZA@uca.fr
- ▷ Phone: +33 783653262

The Prize-Collecting Robot Scheduling Problem with Time Window and Precedence Constraints

The Prize-collecting Robot Scheduling Problem with Time Window and Precedence constraints (PC-RSP) was developed based on the prize-collecting concept [5] to generate routes that maximize the sum of prizes based on the demands attendance for these routes.

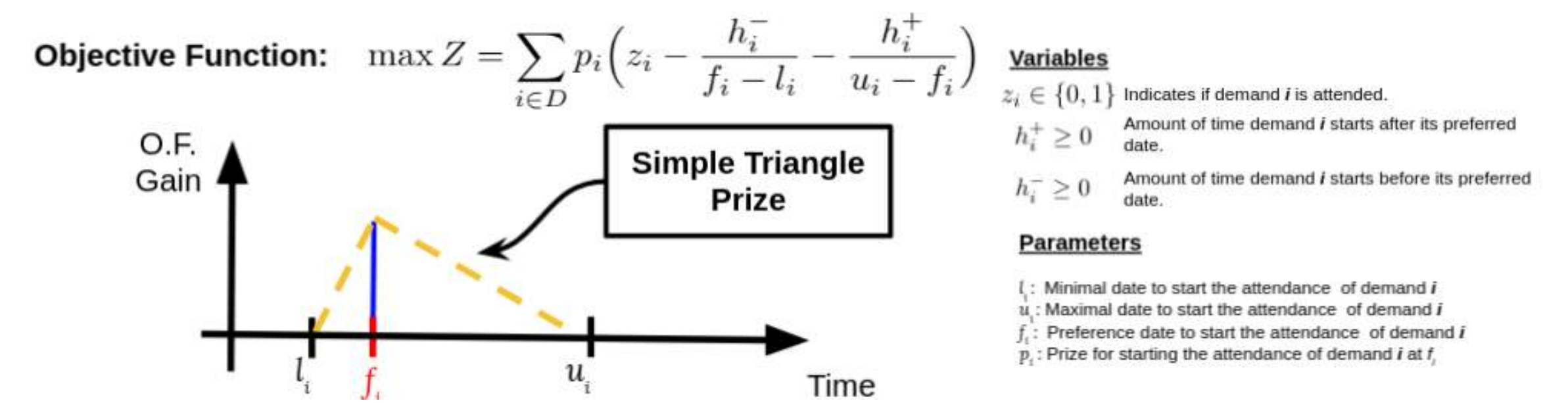


Figure 2:Objective Function

Online Algorithm

- ▷ In order to attend all the demands was developed the Online Algorithm that utilizes the PC-RSP iteratively.
- ▷ The PC-RSP is utilized in:
 - ▷ Route Generator (RG¹) to generate routes for the robots at the warehouse.
 - ▷ Long Time Solution Viability Checker (LTSVC²) to check if the routes generated by the RG¹ will avoid other demands to be attended in the future.

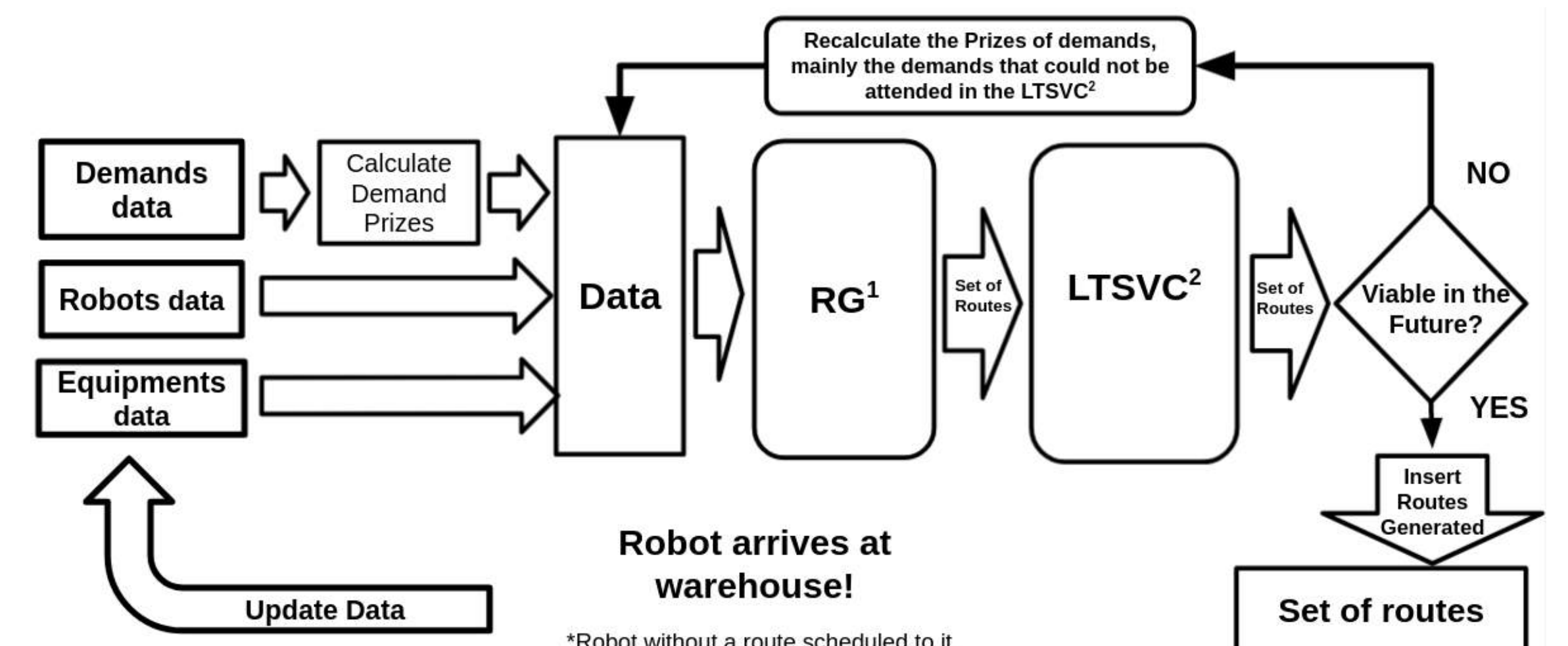


Figure 3:Online Algorithm

Achievements

- ▷ Prototype created in C++ utilizing the solver CPLEX
- ▷ The program can handle unpredictable events:
 - ▷ New demand, robot or equipment
 - ▷ Delay
 - ▷ Breakage of robot or equipment
 - ▷ Meteorological event

Next Steps

- ▷ Generation of a big set of instances.
- ▷ Prototype integration into a real supervising system.

References

- [1] Tom Duckett, Simon Pearson, Simon Blackmore, Bruce Grieve, Wen-Hua Chen, Grzegorz Cielniak, Jason Cleaversmith, Jian Dai, Steve Davis, Charles Fox, et al. Agricultural robotics: the future of robotic agriculture. *arXiv preprint arXiv:1806.06762*, 2018.
- [2] Dionysis D Bochtis, Claus GC Sørensen, and Patrizia Busato. Advances in agricultural machinery management: A review. *Biosystems engineering*, 126:69–81, 2014.
- [3] B. Blackmore, Bill Stout, Maohua Wang, and Boris Runov. Robotic agriculture - the future of agricultural mechanisation? In *European Conference on Precision Agriculture 2005*, 06 2005.
- [4] S. Fountas, G. Carli, C.G. Sørensen, Z. Tsiropoulos, C. Cavalaris, A. Vatsanidou, B. Liakos, M. Canavari, J. Wiebensohn, and B. Tisserye. Farm management information systems: Current situation and future perspectives. *Computers and Electronics in Agriculture*, 115:40–50, 2015.
- [5] Egon Balas. The prize collecting traveling salesman problem. *Networks*, 19(6):621–636, 1989.

Introduction

Les avancées récentes en robotique sont aujourd'hui capables de résoudre des tâches simples de manière complètement autonome (suivie de trajectoire, exploration de zones élémentaires, ...).

Cependant, les tâches demandant de l'interaction avec son environnement sont plus délicates à traiter via les méthodes classiques, elles nécessitent généralement de les décomposer en sous-tâches et ne sont pas très robustes au changement d'environnement.

Récemment, les méthodes basées sur l'**apprentissage par renforcement** ont montré des résultats prometteurs dans la **résolution de tâches visuo-motrices**. Une telle stratégie pourrait apporter des solutions quant à l'exploration des interactions possibles au sein du milieu d'un robot.

Etat de l'art

Navigation visuelle : Multiples approches d'apprentissage par renforcement pour résoudre des tâches telles que : (re)-localisation, ralliement de points, ralliement vers objets, exploration de l'espace,

Utilisation d'environnements simulés réalistes (Habitat, Matterpot3D, Gibson, AVD, ...) avec focus sur le **transfert simulation vers robot réel**. Exploitation d'une **carte d'occupation** parfois sémantique pour accomplir la mission [1][2].

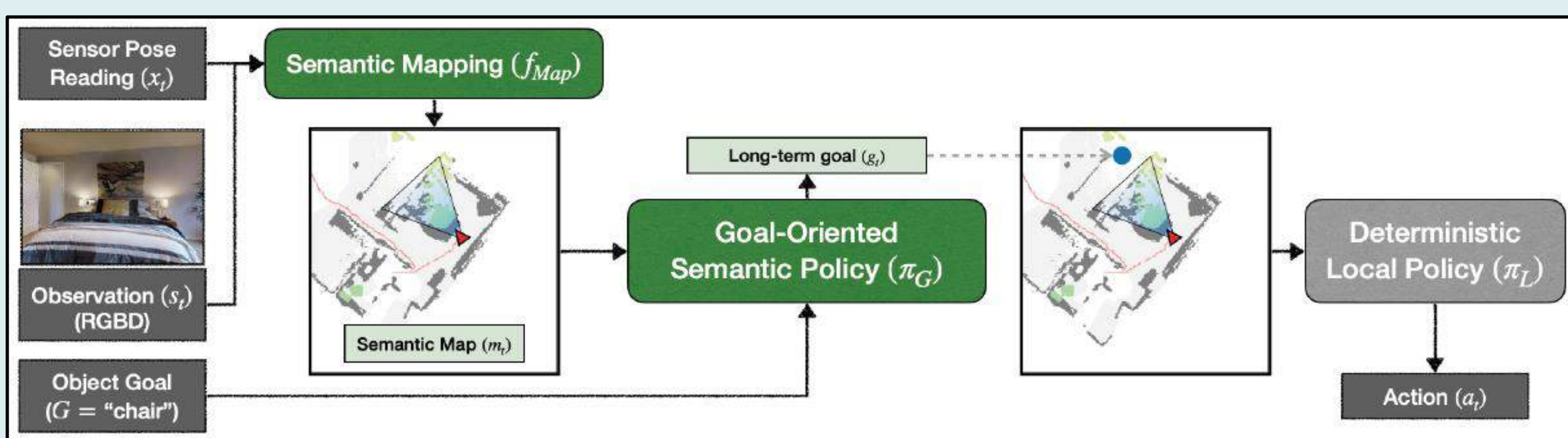


FIGURE 1 - Modèle d'exploration sémantique pour une tâche de ralliement d'objets [1].

Les simulateurs (iGibson [3], TDW, Isaac Sim) offrent la possibilité de développer un **agent capable d'interagir** avec son environnement. Nouveaux types de challenges : **réarrangement** et **navigation interactive**.

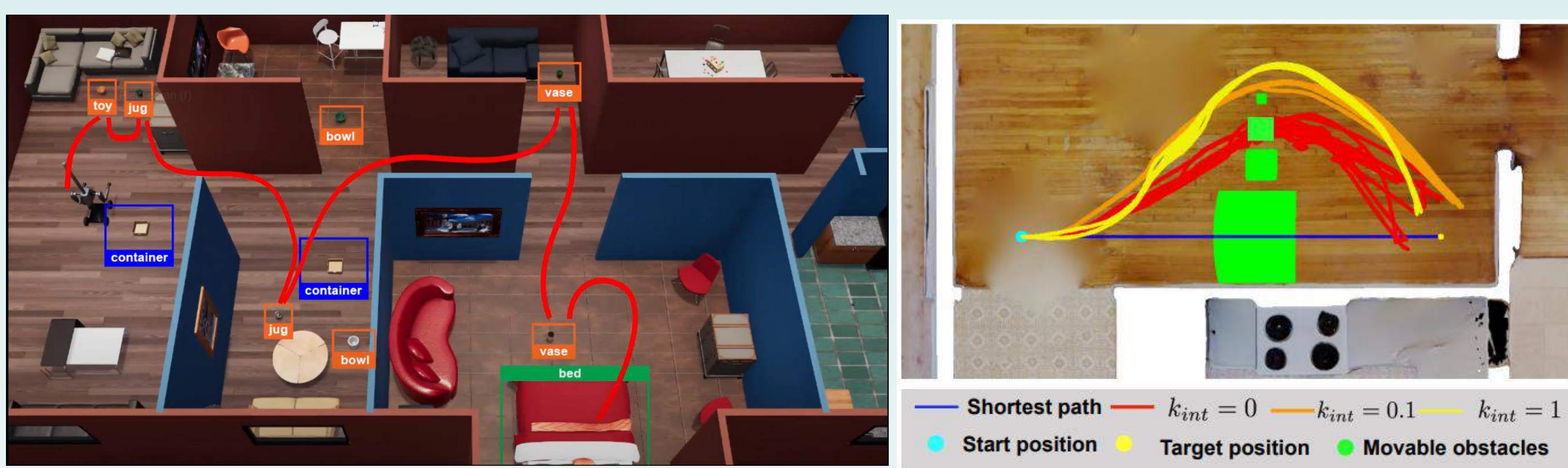


FIGURE 2 – Tâches dites de réarrangement (à gauche) et de navigation interactive [3] (à droite).

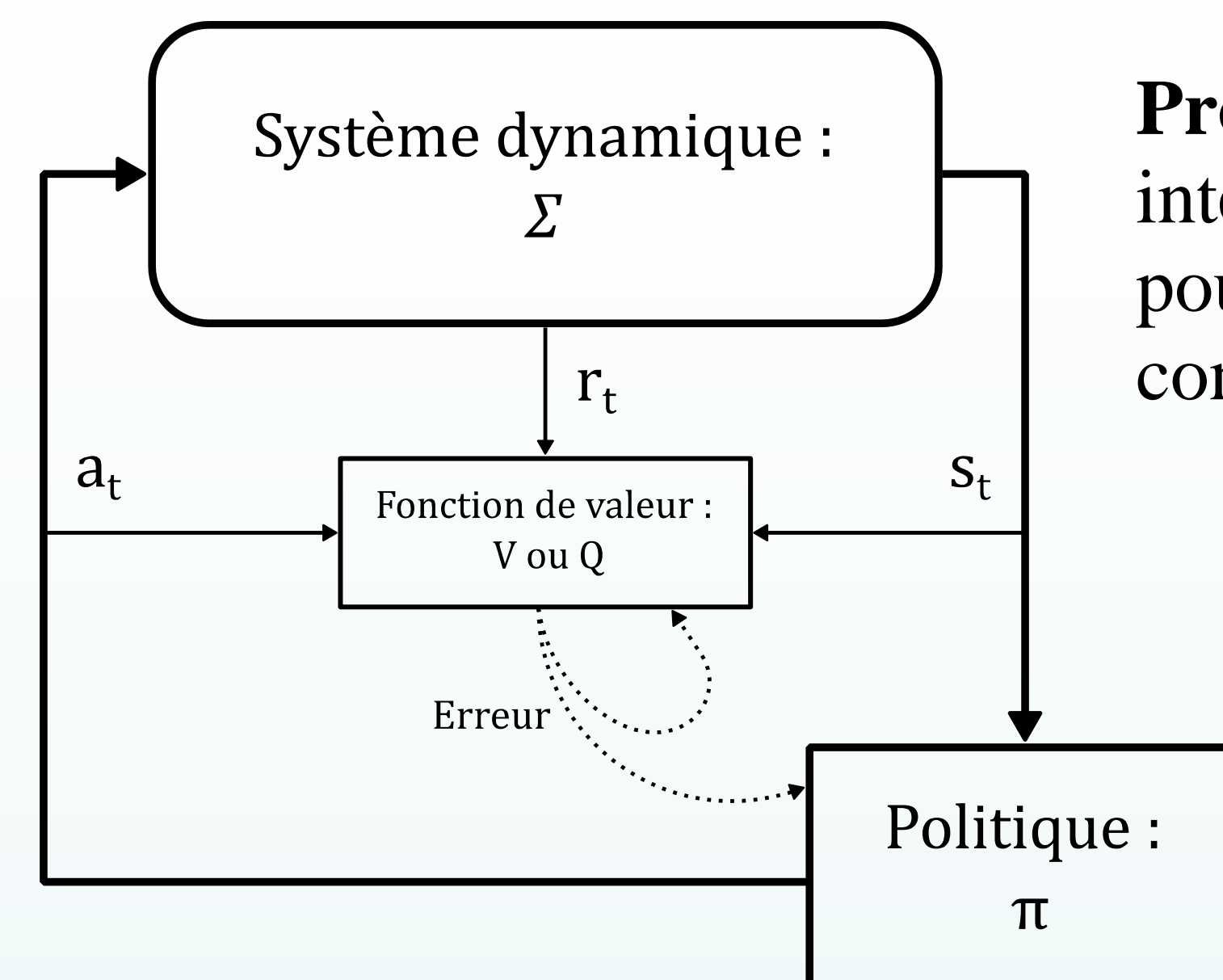
Plutôt que considérer des interactions précises, le but est de découvrir les interactions possibles avec étude de l'**affordance des objets** (caractéristique qui suggère le mode d'usage) dans un espace à échelle humaine [4].

Objectifs

- Développer une **stratégie d'exploration** de l'environnement reposant sur l'apprentissage par renforcement.
- En particulier, **explorer les interactions** possibles entre un agent et les objets qui l'entourent.
- Rechercher activement d'éventuelles **affordances** via ces interactions exploratoires.
- Evaluer les performances des solutions proposées en simulation puis en **conditions réelles**.

Méthode

L'apprentissage par renforcement



Processus itératif où un agent interagit avec son environnement pour apprendre une fonction de contrôle appelée **politique pi** [5].

A chaque instant t , l'agent décide d'une **action a_t** depuis l'**état courant s_t** qui conduit à un nouvel **état s_{t+1}** et une **récompense r_t** .

FIGURE 3 – Interaction agent-environnement dans un processus de RL.

Une **fonction de valeur V ou Q** est modélisée à partir des échantillons (s_t, a_t, r_t, s_{t+1}) et sert à déterminer la politique.

Exploration robotique et interactions

L'apprentissage des politiques s'effectue sur **PyBullet** [6]. L'agent doit **explorer les interactions** de son milieu pour effectuer 2 tâches :

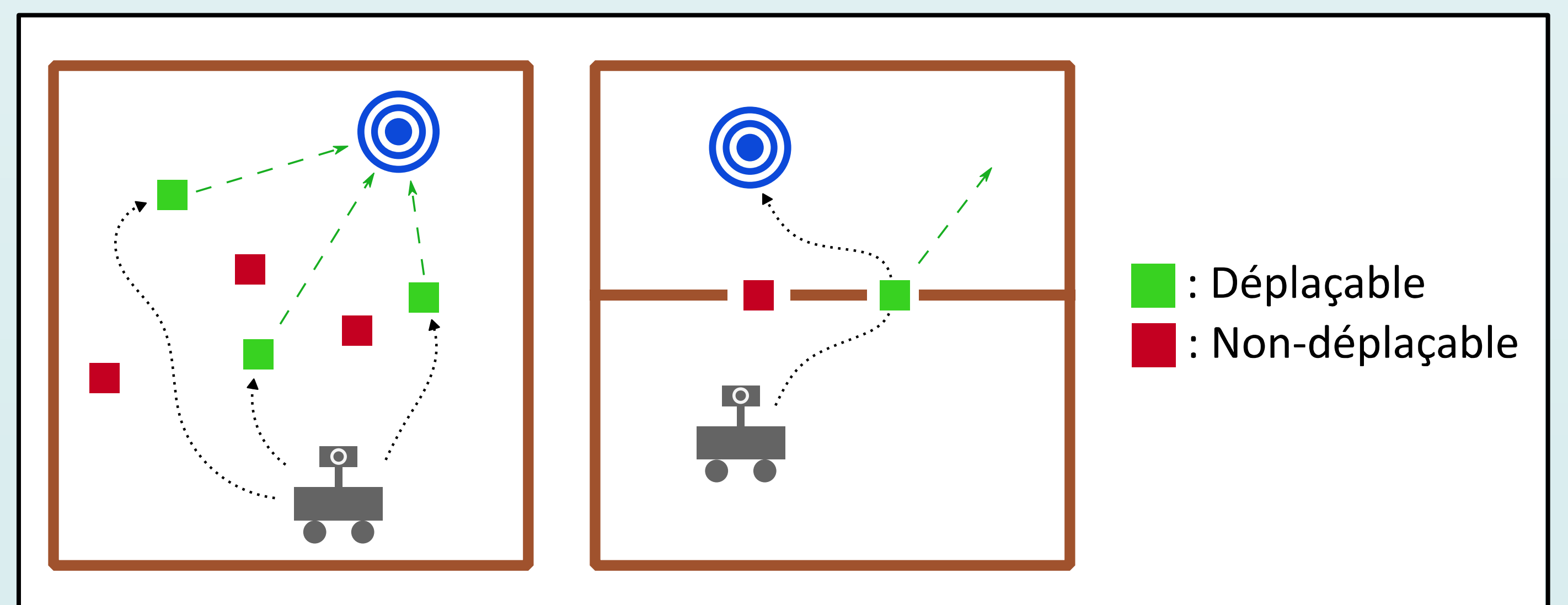


FIGURE 4 – Tâches imaginées pour étudier l'exploration des interactions.

Espace d'action : discret pouvant évoluer vers continu.

Données capteurs : position, orientation, vitesse de l'agent, image RGB, carte de profondeur, carte de segmentation sémantique.

L'agent simulé est un **WifiBot** et sera également la plateforme d'accueil lors d'un transfert Sim2Real.

Perspectives

- Changement de la forme, taille et masse des éléments pour **étudier l'affordance**.
- Exporter le modèle vers un environnement texturé et réaliste : iGibson [3], TDW, ...
- Transfert vers d'autres types de robots : hexapode PhantomX, ...

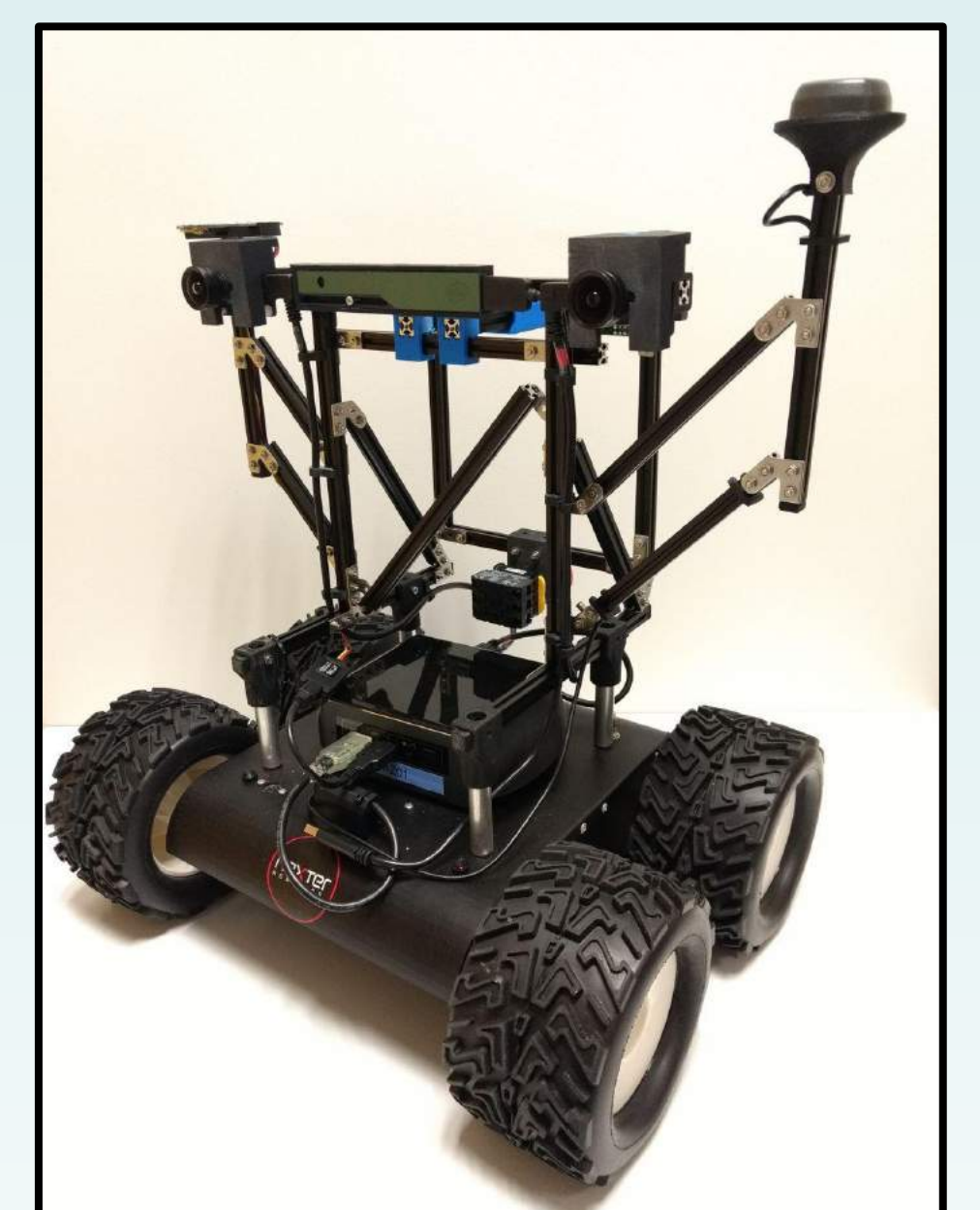


FIGURE 5 – Première plateforme d'étude (WifiBot).

Références

1. Chaplot, D. S., Gandhi, D., Gupta, A., and Salakhutdinov, R. Object goal navigation using goal-oriented semantic exploration. CoRR abs/2007.00643 (2020).
2. Ramakrishnan, S. K., Al-Halah, Z., and Grauman, K. Occupancy anticipation for efficient exploration and navigation, 2020.
3. Xia, F., Shen, W. B., Li, C., Kasimbeg, P., Tchappmi, M. E., Toshev, A., Martín-Martín, R., and Savarese, S. Interactive gibbon benchmark : A benchmark for interactive navigation in cluttered environments. *IEEE Robotics and Automation Letters* 5, 2 (2020), 713–720.
4. Nagarajan, T., and Grauman, K. Learning affordance landscapes for interaction exploration in 3d environments, 2020.
5. Sutton, R. S., and Barto, A. G. *Reinforcement Learning : An Introduction*, second ed. The MIT Press, 2018.
6. Coumans, E., and Bai, Y. Pybullet, a python module for physics simulation for games, robotics and machine learning. <http://pybullet.org>, 2016–2020.

Développement, caractérisation et optimisation des propriétés barrière d'un polymère biosourcé et biodégradable pour le packaging

Mélanie Dabertrand, Fabrice Audonnet, Hélène de Baynast

Institut Pascal, Université Clermont Auvergne, CNRS, Clermont Auvergne INP, F-63000 Clermont-Ferrand, France

Contexte

- Le secteur des emballages génère une quantité massive de déchets plastiques (23 millions de tonnes de plastique produites en Europe en 2017) [1]
- Le secteur de l'agroalimentaire produit 2/3 de ces emballages
- Le plastique est un matériau controversé car il est considéré comme fortement polluant : il est pétrosourcé et non biodégradable [2]
- Les emballages sont essentiels à la conservation des denrées (augmentation de la durée de conservation et donc limitation du gaspillage alimentaire)
- Il est aujourd'hui urgent de trouver des alternatives plus écologiques, comme la conception de films d'emballages fonctionnels, biosourcés et biodégradables

Choix des matrices polymères biodégradables

1. Sélection des matières premières

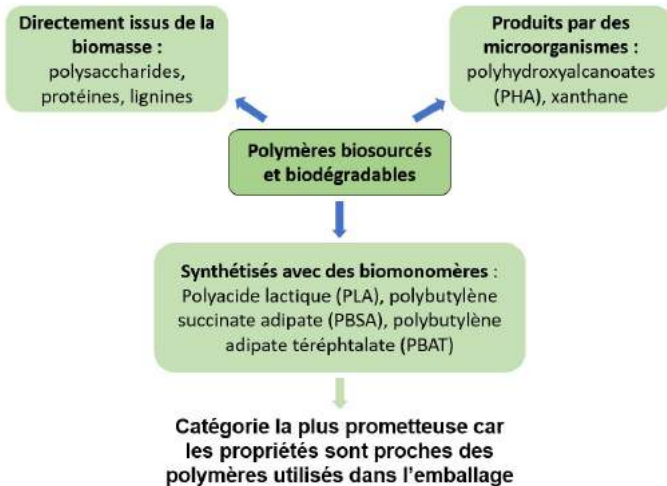


Figure 1 : Classification des polymères biosourcés et biodégradables

2. Caractérisation des matières premières

Tableau 1 : Propriétés thermiques du PLA, PBSA et PBAT obtenues par ATG et DSC

	PLA	PBSA	PBAT
Température de début de dégradation (°C)	449	370	381
Température de transition vitreuse (°C)	61	- 48	- 33
Température de fusion (°C)	144	86	120

- Les trois polymères sélectionnés présentent des propriétés différentes : le PLA est vitreux ; le PBSA et le PBAT sont caoutchouteux à température ambiante
- Ces propriétés sont complémentaires : le mélange de ces polymères permettrait l'obtention des propriétés optimales
- L'association de ces polymères passent par leur formulation et leur compatibilisation

Objectifs

Les objectifs de la thèse sont la conception de films d'emballage pouvant être utilisés dans l'alimentaire ; ils devront donc posséder toutes les propriétés leur permettant d'assurer ce rôle :

- ✓ Propriétés barrière
- ✓ Biodégradation
- ✓ Propriétés mécaniques
- ✓ Propriétés thermiques
- ✓ Transparence
- ✓ Propriétés chimiques
- ✓ Migration
- ✓ Etc.

Stratégies d'amélioration des propriétés barrière

1. Propriétés barrière des emballages

- Certaines molécules limitent ou améliorent la durée de conservation des denrées (O_2 , H_2O , CO_2)
- Les propriétés barrière sont l'ensemble des phénomènes qui s'opposent à la perméation de ces molécules à travers le film d'emballage [4]

2. Comment améliorer les propriétés barrière ?

- Les polymères ont généralement de faibles propriétés barrière
- Il est nécessaire de trouver des stratégies pour les améliorer sans altérer les autres propriétés (transparence, biodégradation)
- L'amélioration des propriétés barrière passe par l'augmentation du chemin de diffusion des molécules. Il existe deux méthodes [5] :

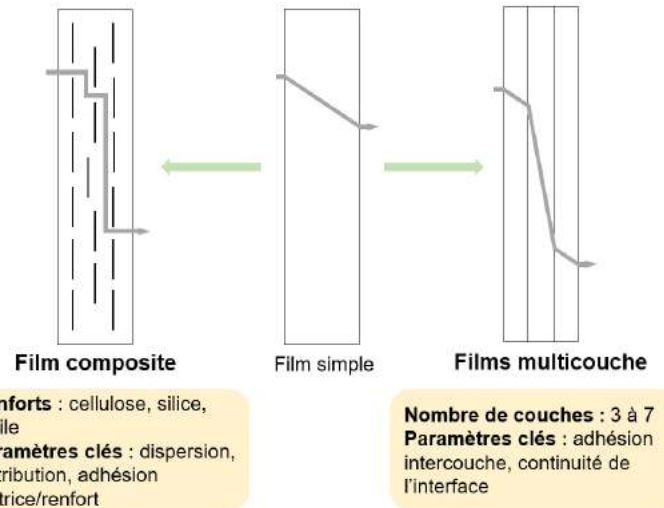


Figure 2 : Schéma du chemin de diffusion pour différentes configurations de films d'emballage [5]

- Les deux méthodes peuvent être associées pour accroître d'avantage les propriétés barrière
- La réticulation partielle de la matrice peut également participer à l'amélioration des propriétés barrière

Références

- Guillard V. et al. « The next generation of sustainable food packaging to preserve our environment in a circular economy context ». *Frontiers in nutrition*, 2018, Vol. 5, p. 121.
- Mangaraj S. et al. « Application of Biodegradable Polymers in Food Packaging Industry: A Comprehensive Review ». *J Package Technol Res*. 2019. Vol. 3, n°1, p. 77-96.
- Helanto K. et al. « Biobased polymers for sustainable packaging and biobarrière : a critical review ». *BioResources*. 2019. Vol. 14, n°2, p. 4902-4951.
- McKeen L. W. « Introduction to Permeation of Plastics and Elastomers ». In : *Permeability Properties of Plastics and Elastomers*. Elsevier, 2017, p. 1-19.
- Anukiruthika T. et al. « Multilayer packaging: Advances in preparation techniques and emerging food applications ». *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2020. Vol. 19, n°3, p. 1156-1186.

Conclusion et perspectives

- Les recherches bibliographiques ont permis d'identifier les polymères les plus prometteurs : le PLA, le PBSA et le PBAT
- Les caractérisations de ces polymères (ATG, DSC) ont permis d'analyser les propriétés de chaque polymère et d'identifier des voies de formulation
- Différentes stratégies d'amélioration des propriétés barrière ont été recensées et seront étudiées prochainement

Context

This thesis is funded by the ATTRIHUM project, which includes four laboratories all depending on the Université Clermont Auvergne (UCA): Institut Pascal, LAPSCO, LIMOS, and PHIER. This project aims to evaluate the influence that robots have on humans during interaction. At the Institut Pascal, we take care of the part concerning the decision-making for the Human-Robot collaboration (HRC).

Introduction

Decision-making techniques are used to make robots able to adapt themselves to humans while accomplishing a task in collaboration. A decision-making process is made of:

- A **decision-making method**: which represents the relationship between agents, actions, the environment, and the task.
- A **decision-making strategy**: which defines how to choose the optimal action profile (the best actions each agent can choose) to maximize the agent's reward calculated by the reward function.
- A **reward function**: which calculates a reward for each action.

State of the art

Most previous works of the literature have not considered anything else than the task accomplishment in their utility functions, and only a few of them include performance metrics. However, the included metrics are just one or two, and they are unchangeable.

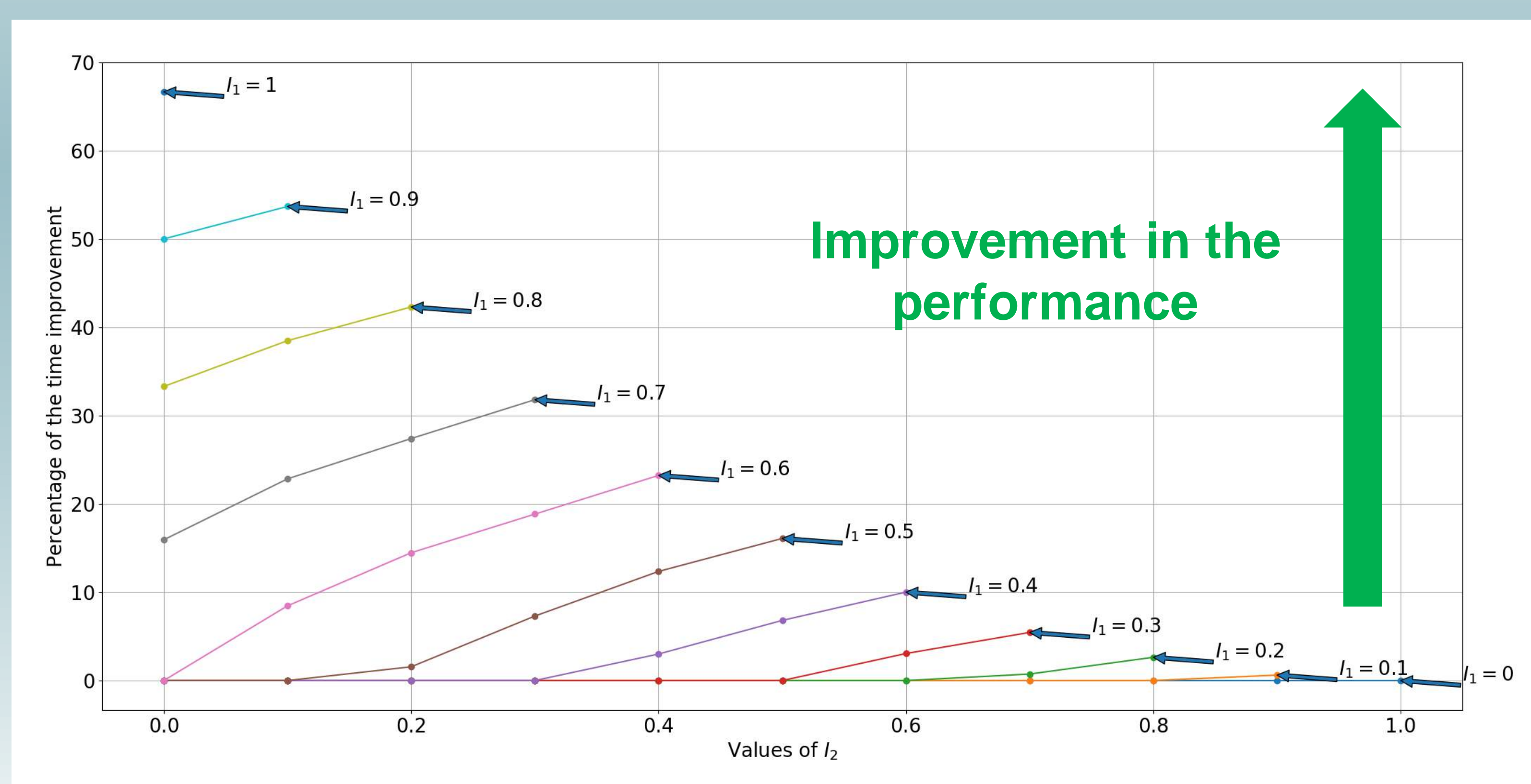
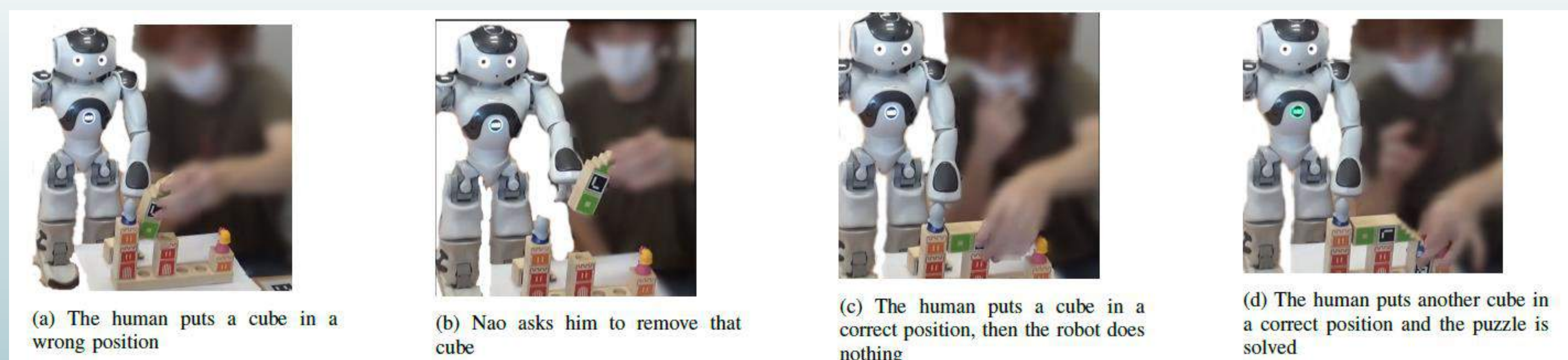
Contribution

Our contribution is to optimize the performance of HRC based on some changeable metrics. Contrary to previous works, our framework allows us to easily change the performance metrics without changing the whole way the task is formalized, since we isolate the impact of the metrics in the reward function.

Methods

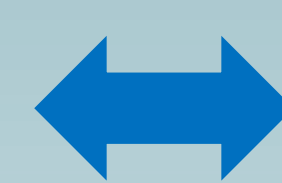
As the decision-making method, we exploit the Perfect-Information Extensive Form of the game theory in which the full flow of the game is displayed in the form of a tree. Using Nash Equilibrium as the strategy of the decision-making process ensures optimality which is what we seek to guarantee.

Results



Parameters:

1) performance metrics: the global time and the number of human errors.



2)

I_1 : Probability of a right action chosen by human.

I_2 : Probability of the action "passing" chosen by human.

$I_3 = 1 - (I_1 + I_2)$: Probability of a wrong action chosen by human.

3) Human is 5 times faster than the robot.

Future work

We will next focus on increasing the robot's abilities to have a higher collaboration performance. We are planning to use reinforcement learning to make the robot learn the best way to adapt itself to the human.

Bibliography

1. S. Nikolaidis, S. Nath, A. D. Procaccia, and S. Srinivasa, "Game theoretic modeling of human adaptation in human-robot collaboration," in Proceedings of the 2017 ACM/IEEE International Conference in Human-Robot Interaction - HRI '17, ACM Press, 2017.
2. XV. Gabler, T. Stahl, G. Huber, O. Oguz, and D. Wollherr, "A game theoretic approach for adaptive action selection in close proximity human-robot-collaboration," in 2017 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp. 2897–2903, IEEE, 2017.
3. K. Leyton-Brown and Y. Shoham, "Essentials of game theory: A concise multidisciplinary introduction," Synthesis Lectures on Artificial Intelligence and Machine Learning, vol. 2, pp. 1–88, Jan. 2008.

Abstract

Time series classification using phase-independent subsequences called shapelets is one of the best approaches in the state of the art. This approach is especially characterized by its interpretable property and its fast prediction time. However, given a dataset of n time series of length at most m , learning shapelets requires a computation time of $O(n^2m^4)$ which is too high for practical datasets. In this paper, we exploit the fact that shapelets are shared by the members of the same class to propose the SAST (Scalable and Accurate Subsequence Transform) algorithm which has a time complexity of $O(nm^3)$. SAST is accurate, interpretable and does not learn redundant shapelets. The experiments we conducted on the UCR archive datasets shown that SAST is more accurate than the state of the art Shapelet Transform algorithm while being significantly more scalable.

Basic concepts

- ▶ **Time series:** $T = (t_1, t_2, \dots, t_m), t_i \in \mathbb{R}$
- ▶ **Subsequence:** Set of consecutive values of a time series,
- ▶ **Separator:** Given a dataset of time series, it is a subsequence that can separate the dataset in two groups such that, one group is composed of times series that contain the subsequence and the other one is composed of times series that do not contain the subsequence.
- ▶ **Shapelet:** It is a separator that maximize the information

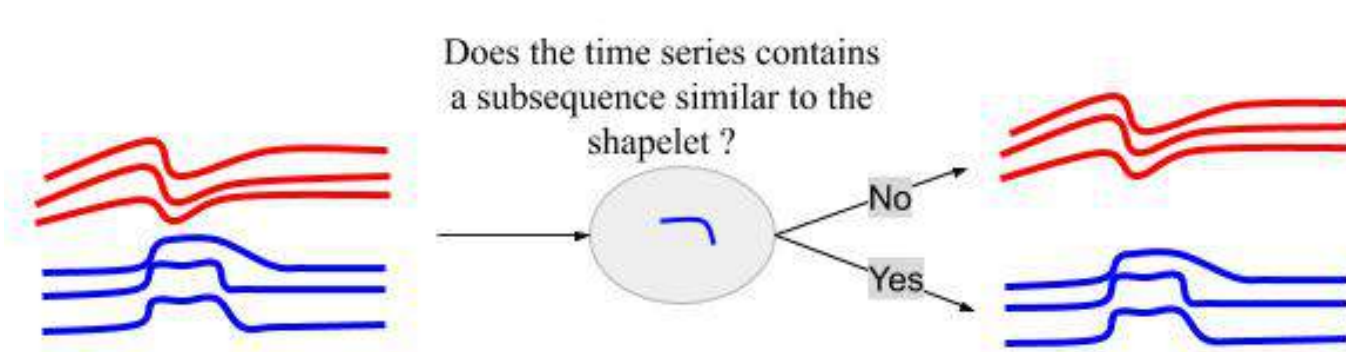


Figure 1: Shapelet illustration

- ▶ **Notations:** n is the number of time series in the dataset and m is the time series length

Overview of Shapelet Classification

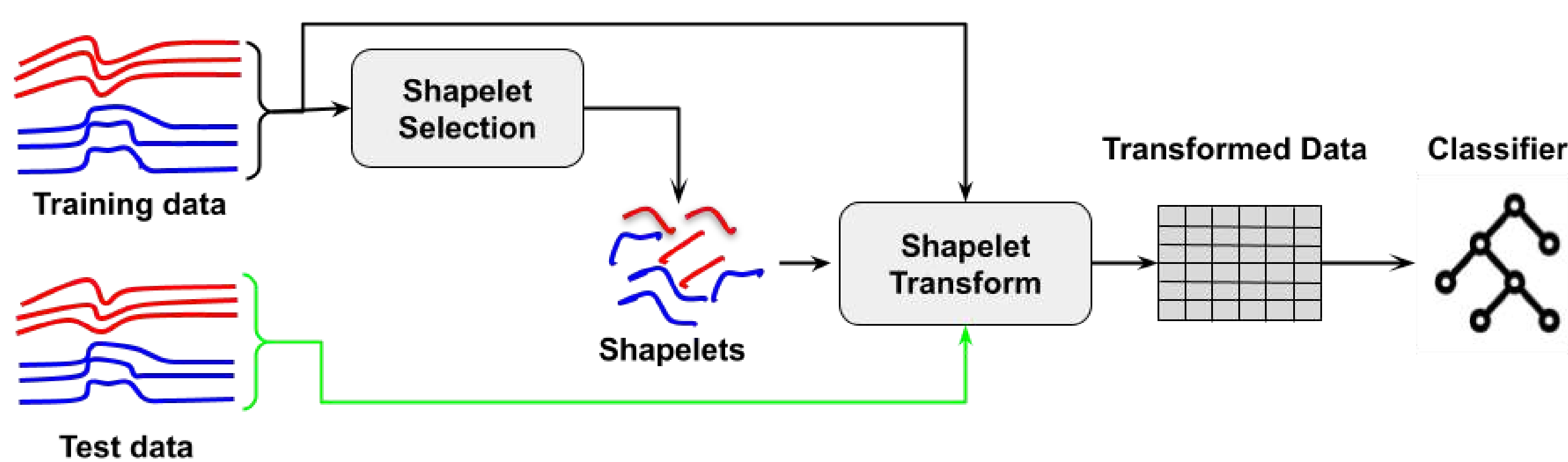


Figure 2: Overview of Shapelet Transform Classification (STC [1, 2])

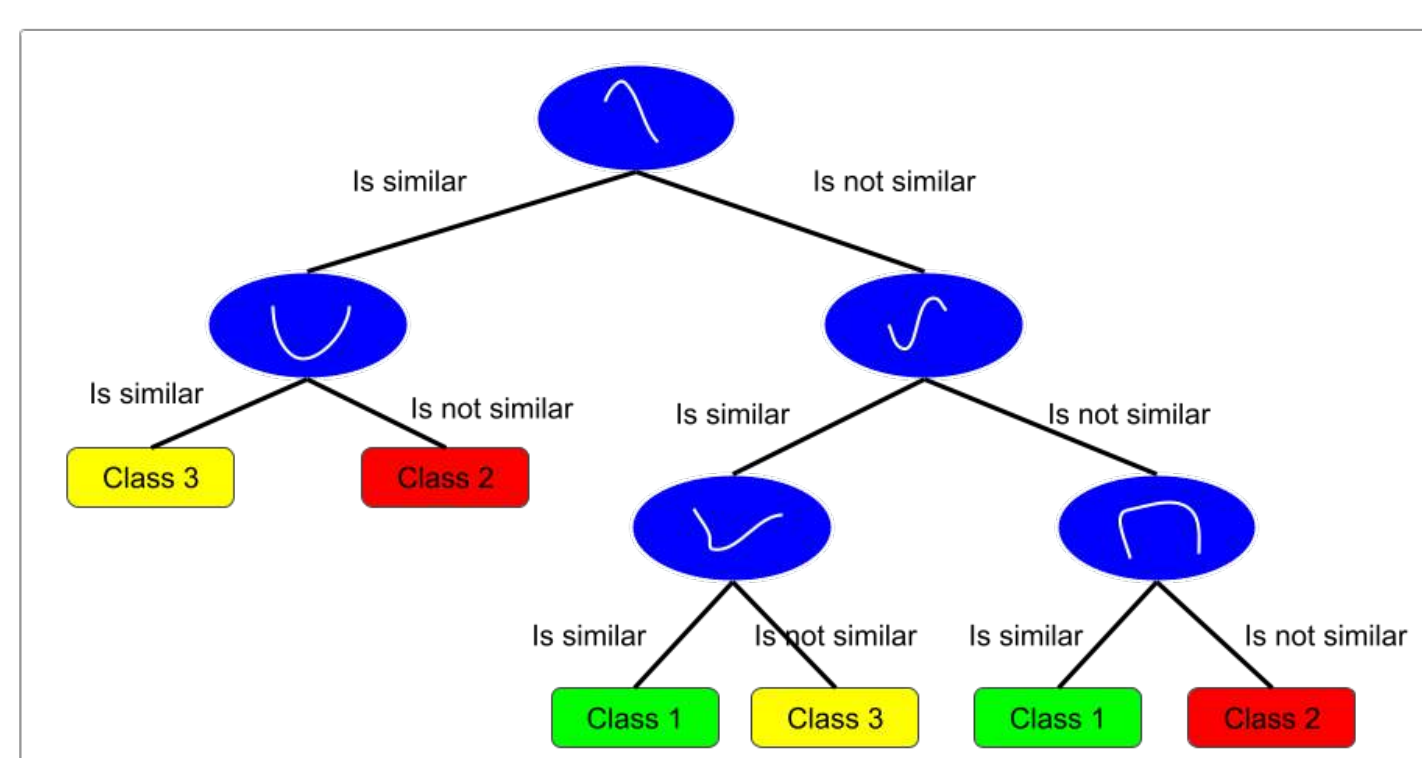


Figure 3: Illustration of a shapelet decision tree obtained after STC training

Strengths

- ▶ Fast prediction time
- ▶ Robust to outliers
- ▶ Interpretable

Limitations

- ▶ High time complexity: $O(n^2m^4)$
- ▶ Prone to overfitting

Acknowledgments

This work is funded by the French Ministry of Higher Education, Research and Innovation.

Contact Information

- ▶ Email: michael.mbouopda@uca.fr
- ▶ Source code: <https://github.com/frankl1/sast>

Idea behind SAST: Core object recognition

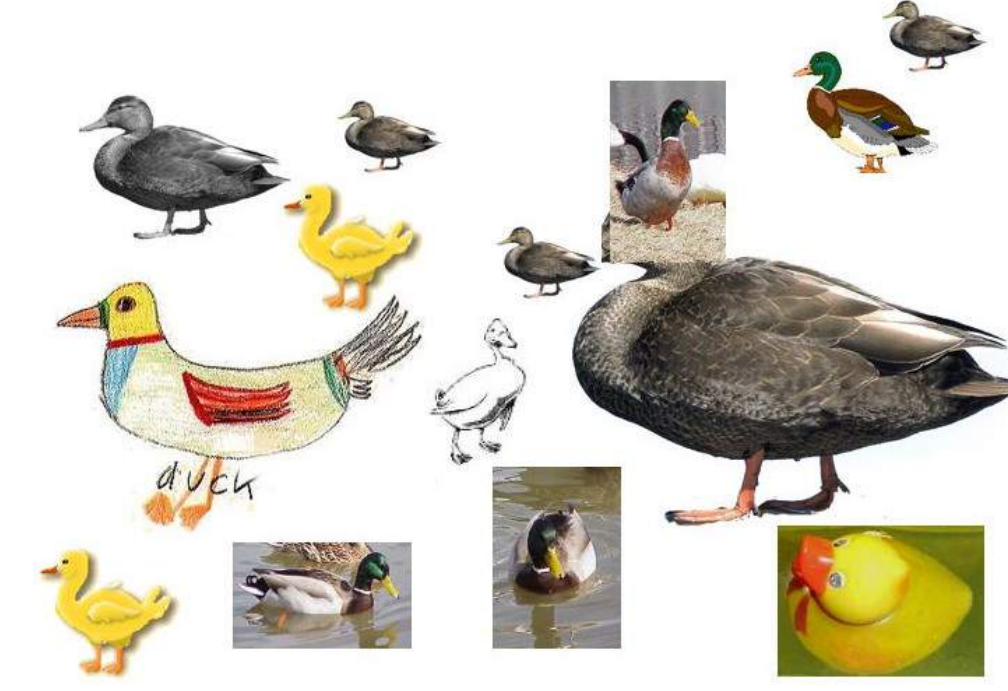


Figure 4: Illustration of invariance in recognition [3]

Core object recognition is the ability to recognize objects despite substantial appearance variations [4]. Variations could be in terms of: view point, shape, scale, color, etc

SAST overview

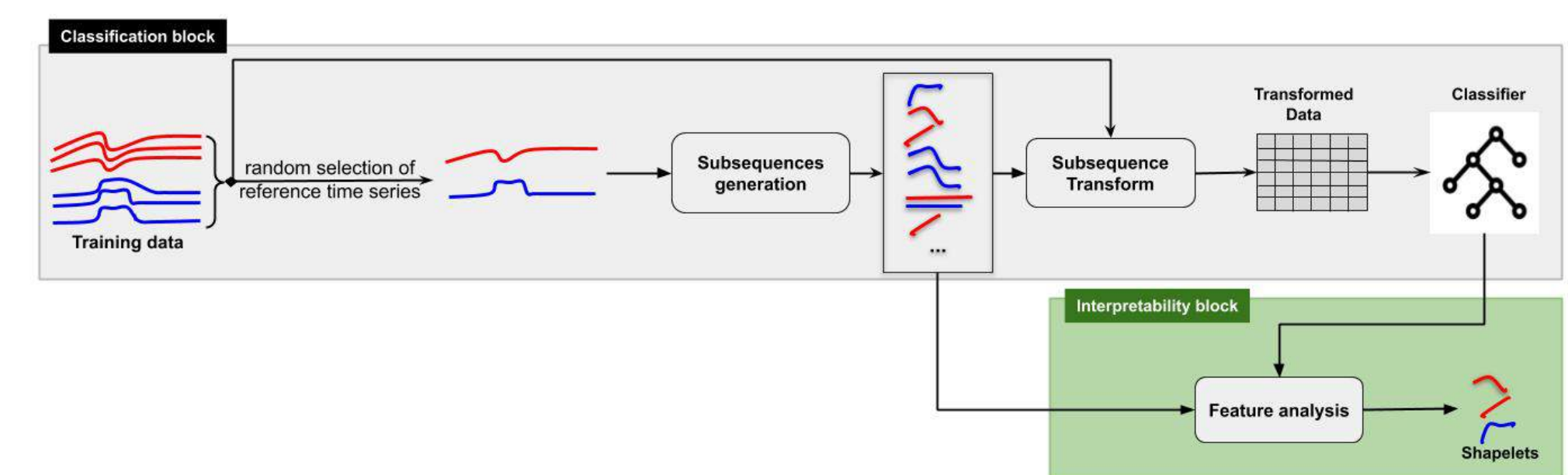


Figure 5: Graphical view of time series classification with SAST

The main differences with STC is that:

- ▶ SAST uses only **1** instance per class to find the best shapelets while STC uses the whole dataset
- ▶ In SAST, the best shapelets are learned automatically by the classifier while STC selects the best shapelets beforehand of classification
- ▶ SAST has a time complexity of $O(nm^3)$ while STC time complexity is $O(n^2m^4)$

Experimental Results on 72 UAE & UCR datasets

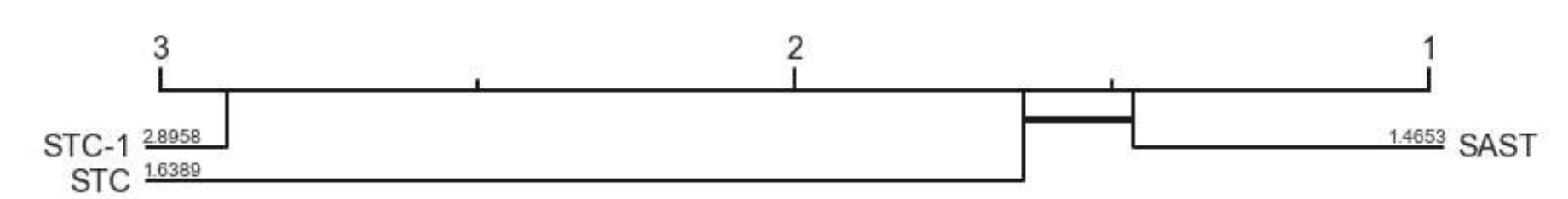
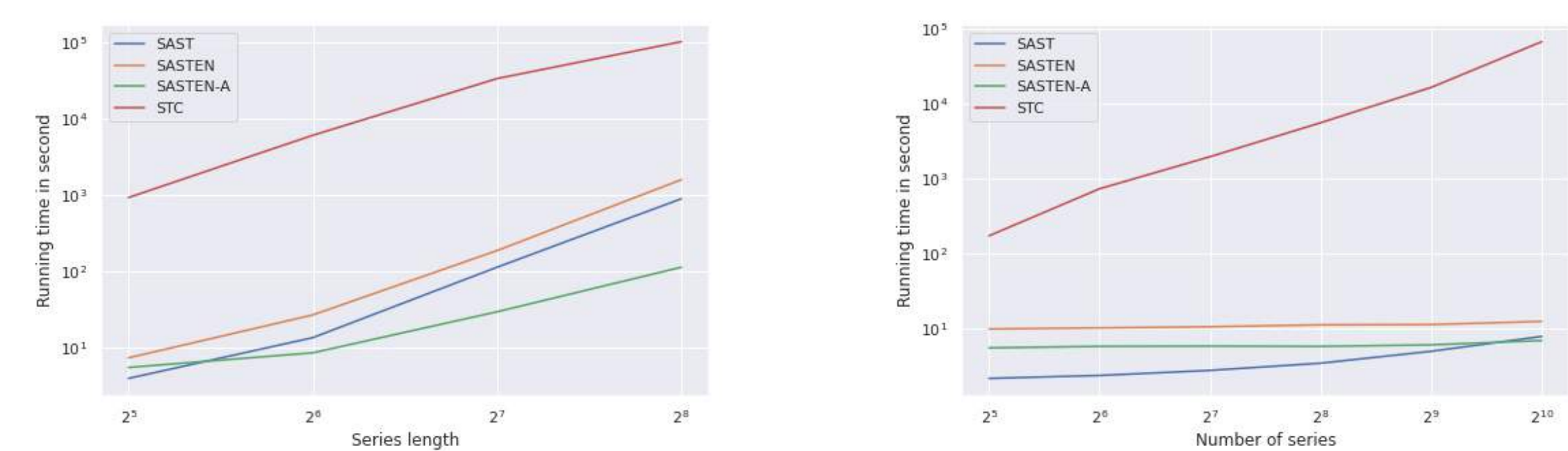


Figure 6: Critical difference diagram regarding model accuracies



(a) Regarding time series length (b) Regarding the number of time series

Figure 7: Running time (in second) of each model

Conclusion and Future directions

Conclusion

- ▶ We introduced the core shapelet recognition task, which is the ability to recognize any variant of a shapelet from one or few of its variants.
- ▶ We proposed SAST, which effectively performs the core shapelet recognition task.
- ▶ We shown using **72** state of the art datasets that SAST is a more scalable and more accurate alternative to STC.

Perspectives

- ▶ Identify and remove duplicate subsequences from SAST
- ▶ Use SAST as a replacement of STC module in HIVE-COTE [5]
- ▶ Apply core shapelet recognition in TS-CHIEF [6]

References

- [1] Jon Hills, Jason Lines, Edgaras Baranauskas, James Mapp, and Anthony Bagnall. Classification of time series by shapelet transformation. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 28(4):851–881, 2014.
- [2] Anthony Bagnall, Jason Lines, Aaron Bostrom, James Large, and Eamonn Keogh. The great time series classification bake off: a review and experimental evaluation of recent algorithmic advances. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 31(3):606–660, 2017.
- [3] David Heeger. Center for neural science, lecture notes: Perception (undergraduate), 2002–2014. URL: <http://www.cns.nyu.edu/~david/courses/perception/lecturenotes/recognition/recognition.html>. Last visited on May 2021.
- [4] James J. DiCarlo, Davide Zoccolan, and Nicole C Rust. How does the brain solve visual object recognition? *Neuron*, 73(3):415–434, 2012.
- [5] Jason Lines, Sarah Taylor, and Anthony Bagnall. Time series classification with HIVE-COTE: The hierarchical vote collective of transformation-based ensembles. *ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data (TKDD)*, 12(5):52, 2018.
- [6] Ahmed Shifaz, Charlotte Pelletier, François Petitjean, and Geoffrey I Webb. TS-CHIEF: A scalable and accurate forest algorithm for time series classification. *Data Mining and Knowledge Discovery*, pages 1–34, 2020.

Développement d'une méthode d'évaluation d'impact de la criticité des ressources abiotiques en prenant en compte leurs potentialités de substitution et de recyclage – Application aux fertilisants phosphatés

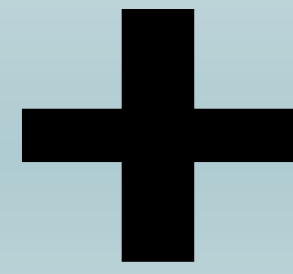
Perlette TOTOSON¹, Marilyns PRADEL¹, Jean-Pierre CHANET¹, Lynda AISSANI²,
¹ Université Clermont Auvergne, INRAE Clermont-Ferrand-Auvergne-Rhône-Alpes, UR TSCF
² INRAE Bretagne-Normandie, UR OPAALE

Introduction



Exploitation d'un gisement de phosphates

- ▶ Ressources minérales = sources de matières premières pour l'économie mondiale
- ▶ Non renouvelables
- ▶ Epuisables à long-terme



- ▶ Faible taille des gisements
- ▶ Difficulté d'accès
- ▶ Pays producteurs à forte instabilité politique
- ➔ Risque d'approvisionnement



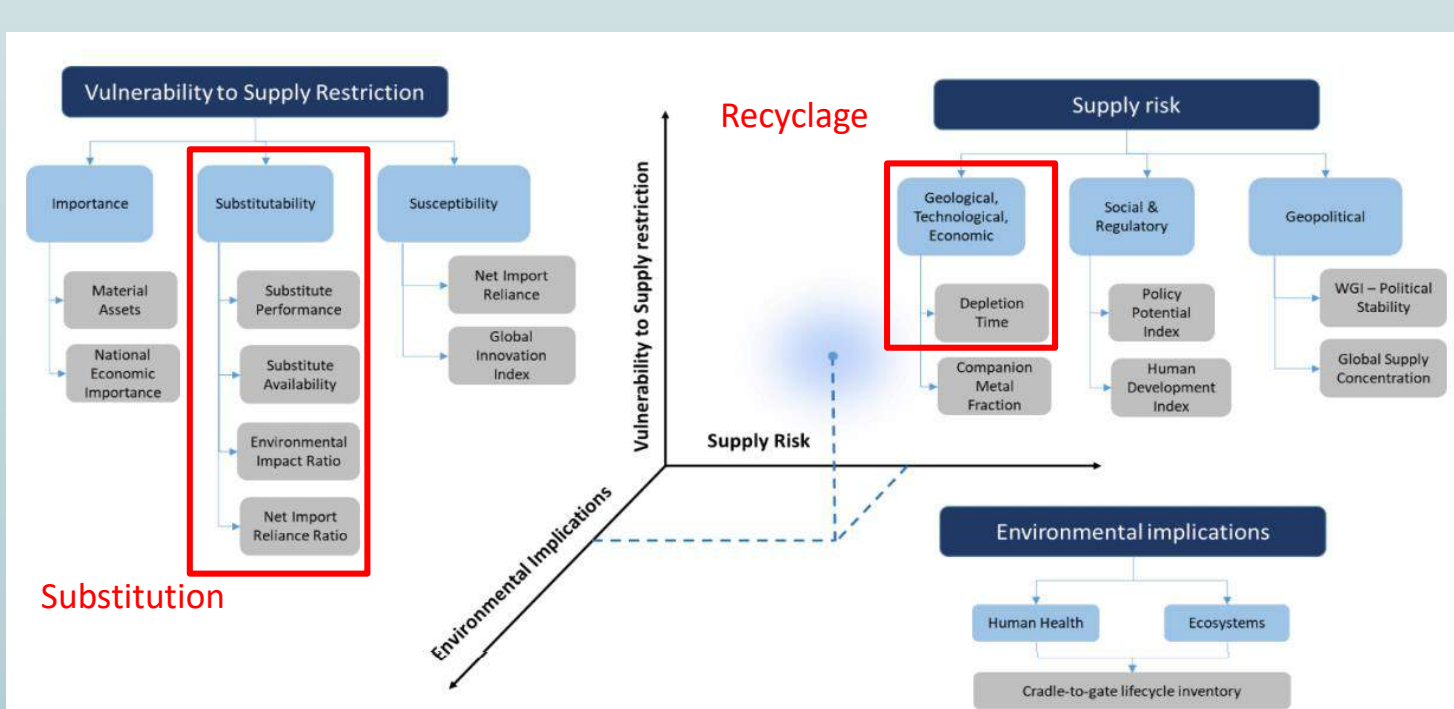
Localisation des gisements de phosphates dans le monde

➔ La substitution et le recyclage sont des perspectives d'atténuation de la criticité des ressources à moyen et long terme.

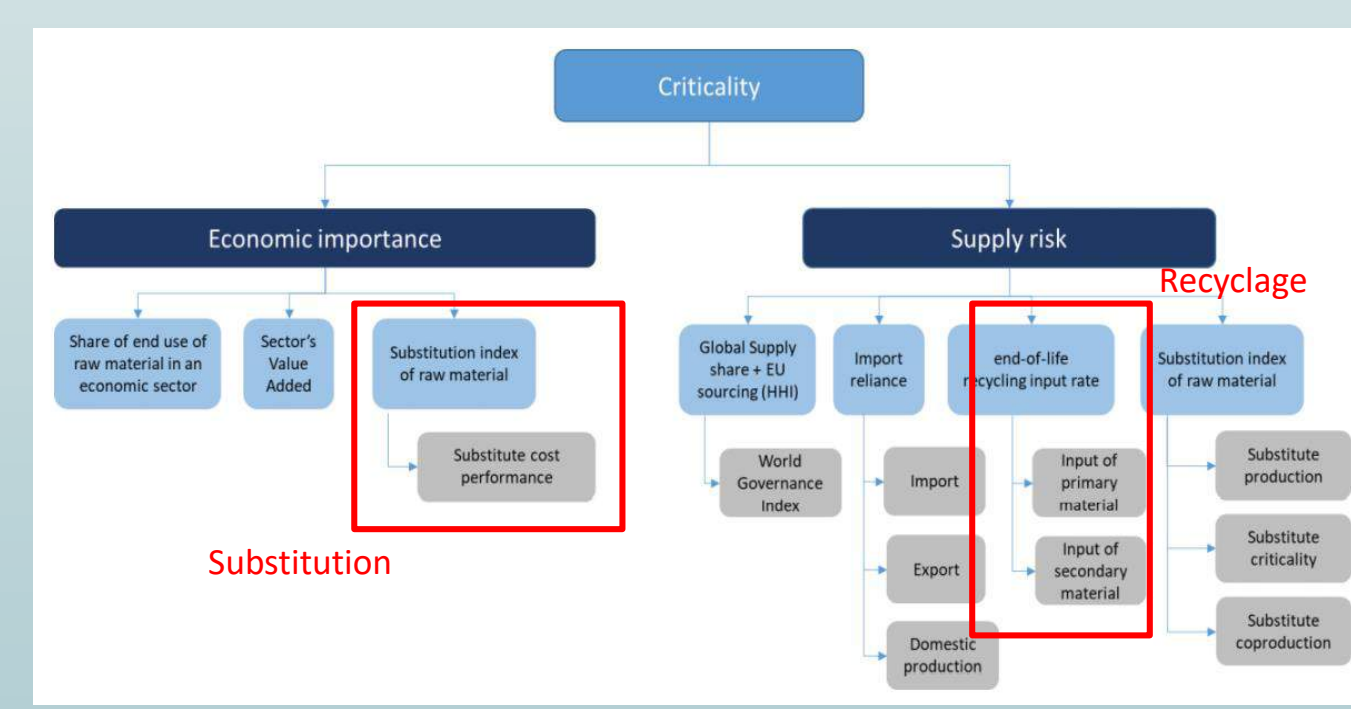
Etat de l'art

Une ressource est critique lorsqu'elle a une forte importance économique et présente un fort risque d'approvisionnement pour un système donné.

Deux principales méthodes d'évaluation de la criticité des ressources minérales



Méthode d'évaluation de la criticité selon Graedel et al. (2012)



Méthode d'évaluation de la criticité selon la Commission européenne (2020)

Le recyclage et la substitution sont pris en compte dans l'évaluation de la criticité des ressources minérales => matières premières utilisées dans le domaine industriel

Concepts	Paramètres pris en compte	Paramètres non pris en compte
Recyclabilité	Recyclage à partir des produits de fin de vie et qui retournent dans la phase de fabrication ▶ RIR (Recycling Input Rate) ▶ EOL-RR (Ende Of Life Recycling Rate)	▶ Réutilisation directe des produits ▶ Interactions entre les différentes applications utilisant la ressource
Substituabilité	Substitution d'une ressource pour une même fonctionnalité ▶ Ratio d'impact environnemental ▶ Performance de substitution ▶ Disponibilité de(s) substitut(s), ...	▶ Performance technique: équivalence en teneur entre le substitut et substitué ▶ Choix du substitut: quel substitut à retenir si l'on a plusieurs choix ?

Phosphore: élément nutritif vital pour la vie des êtres vivants, essentiel pour la production alimentaire

Roche phosphatée : principale source de phosphore (P)

- ▶ Une ressource critique
- ▶ Utilisée majoritairement (86%) pour la fabrication des fertilisants
- ▶ Selon les applications :

- P des batteries : substituable
- P des fertilisants : non substituable



Domaine de la fertilisation ➔ le recyclage est la seule alternative pour atténuer la criticité du phosphore

Problématique

Recyclage dépend de plusieurs facteurs d'ordre : économique, sociale, technique, réglementaire, environnemental



Repenser l'évaluation de la criticité du phosphore en agriculture : besoin de contextualiser/spatialiser le recyclage du P

Question recherche / développement méthodologique envisagé

Question de recherche envisagée



Comment prendre en compte les éléments de contextualisation et de spatialisation du recyclage du phosphore pour évaluer sa criticité dans le domaine de la fertilisation en agriculture ?

Développement méthodologique envisagé

- Identifier les éléments de contextualisation/spatialisation
- Identifier les méthodes/modèles permettant de contextualiser le recyclage
- Développement de la/du méthode/modèle approprié(e) selon le contexte et l'échelle spatiale considérés

Bibliographie

1. Cordell, D., et al. (2011). "Towards global phosphorus security: A systems framework for phosphorus recovery and reuse options." Chemosphere 84(6): 747-758.
2. European Commission, (2020). "Study on the EU's list of Critical Raw Materials (2020) Final Report », disponible sur https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical_en
3. Graedel, T. E., et al. (2012). "Methodology of Metal Criticality Determination." Environmental Science & Technology 46(2): 1063-1070.



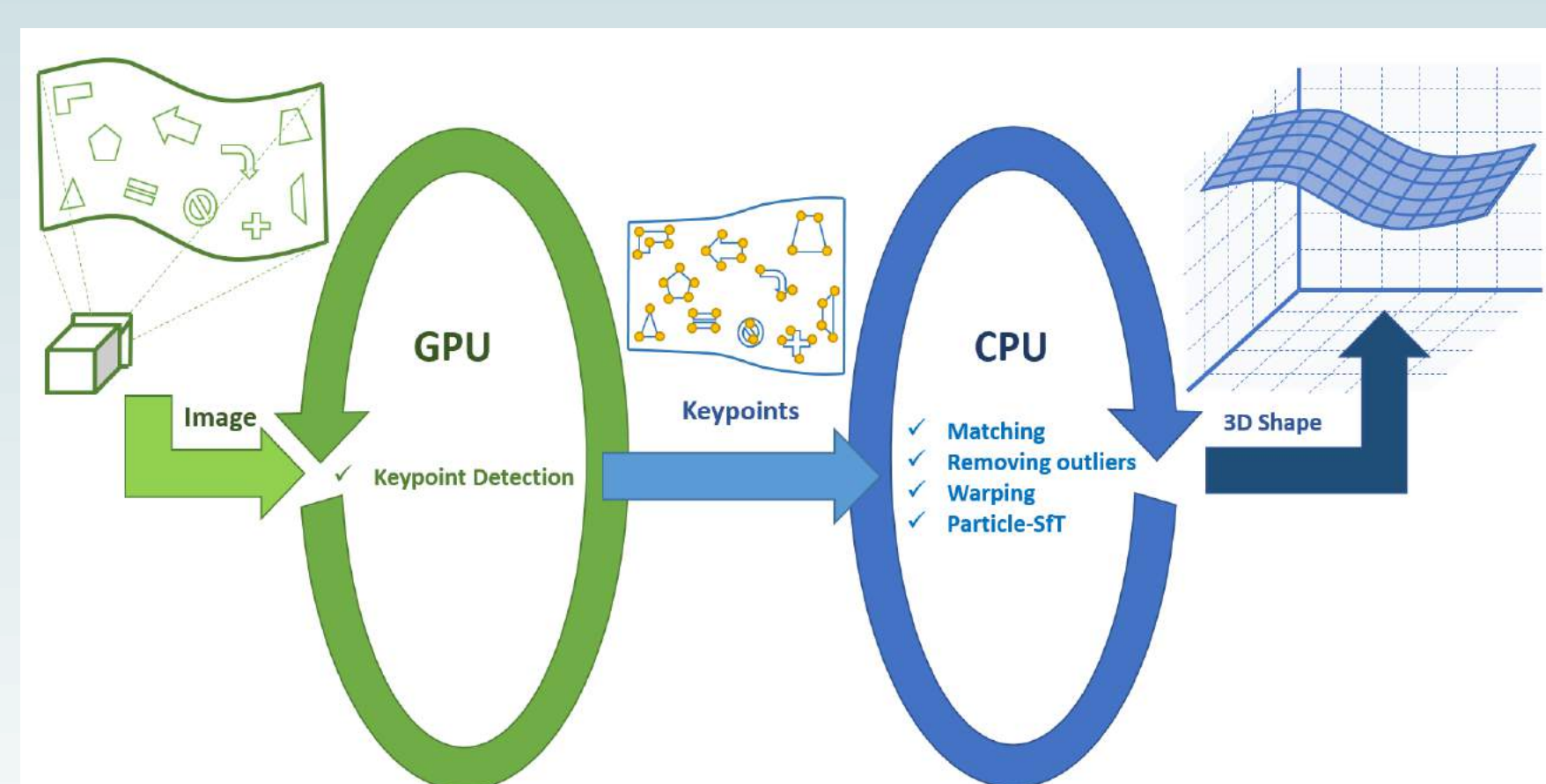
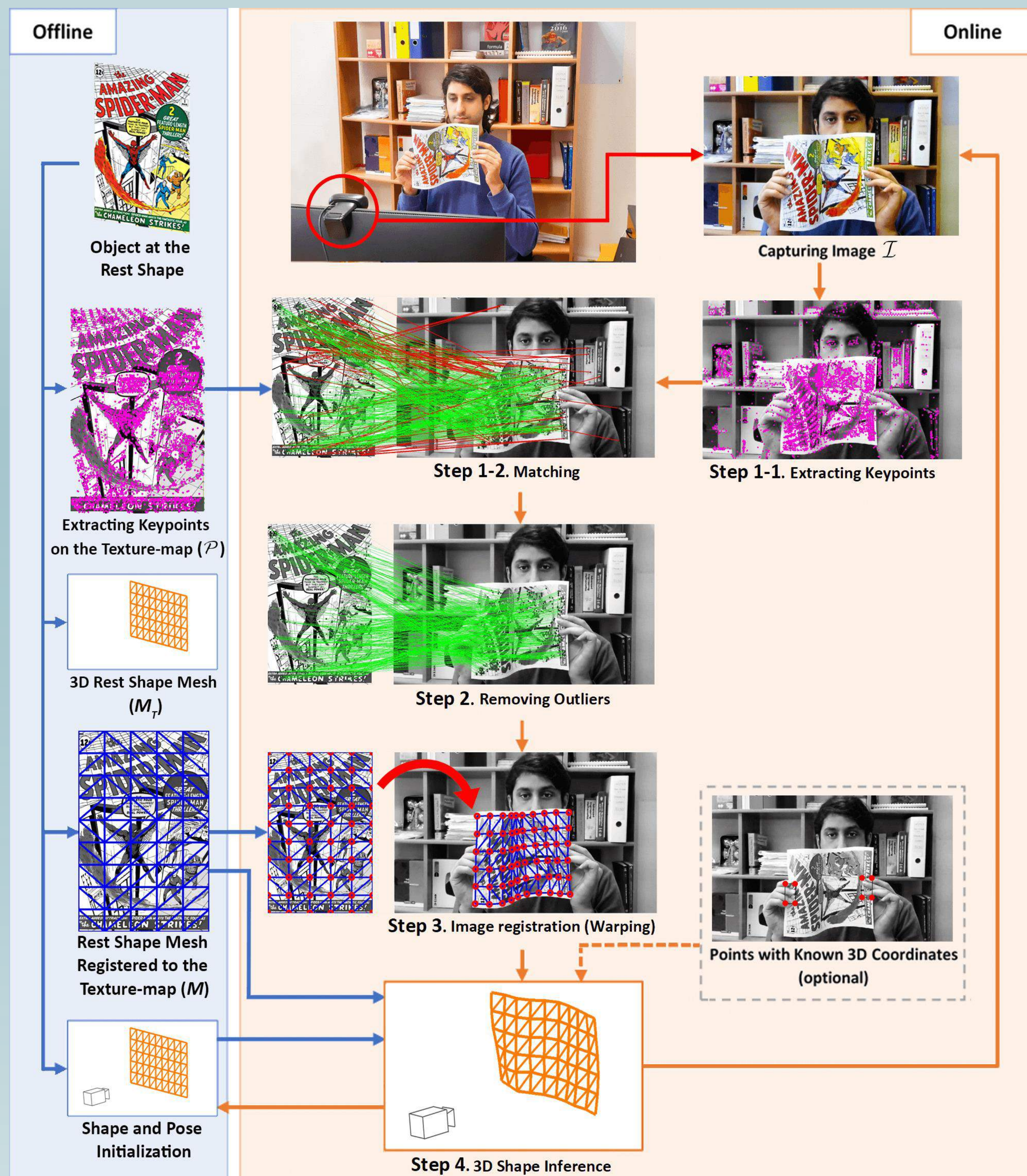
Introduction

A particular problem that has been targeted in the last decade in computer vision is 3D shape tracking of deforming thin-shell objects. Tracking the 3D shapes of deforming surfaces has applications in domains such as augmented reality, medical imaging, and robotics. Using just a single camera for this purpose is lucrative due to the numerous advantages this de-facto sensor possesses such as being light-weight, small, cheap. Nevertheless, it is challenging at the same time because of ambiguities caused by loss of data during projection from 3D to 2D world. By now, different types of constraints have been proposed to resolve these ambiguities. Knowing the 3D rest shape of the object as well as applying deformation rules are among the most widespread constraints used for that purpose. These two are the bases of a variety of methods called Shape-from-Template (SfT) that can recover the three-dimensional shape of a deforming object from a single image.

The problem of 3D shape tracking of deforming objects from single 2D images involves a multi-step pipeline. This prevents a uniform and comprehensive solution to be presented for the whole pipeline. In addition, existence of complex algorithms in each step results in slow execution of the whole pipeline. This makes these algorithms unsuitable to be used in real-time applications. On the other hand, the simplifications proposed to improve the performance of the algorithms have led to some limitations including unrobustness to occlusions and video cuts, being restricted to controlled experiments, and requiring previous training for each deforming object.

We propose a robust pipeline with which one can infer the 3D shape of a deforming object in real-time.

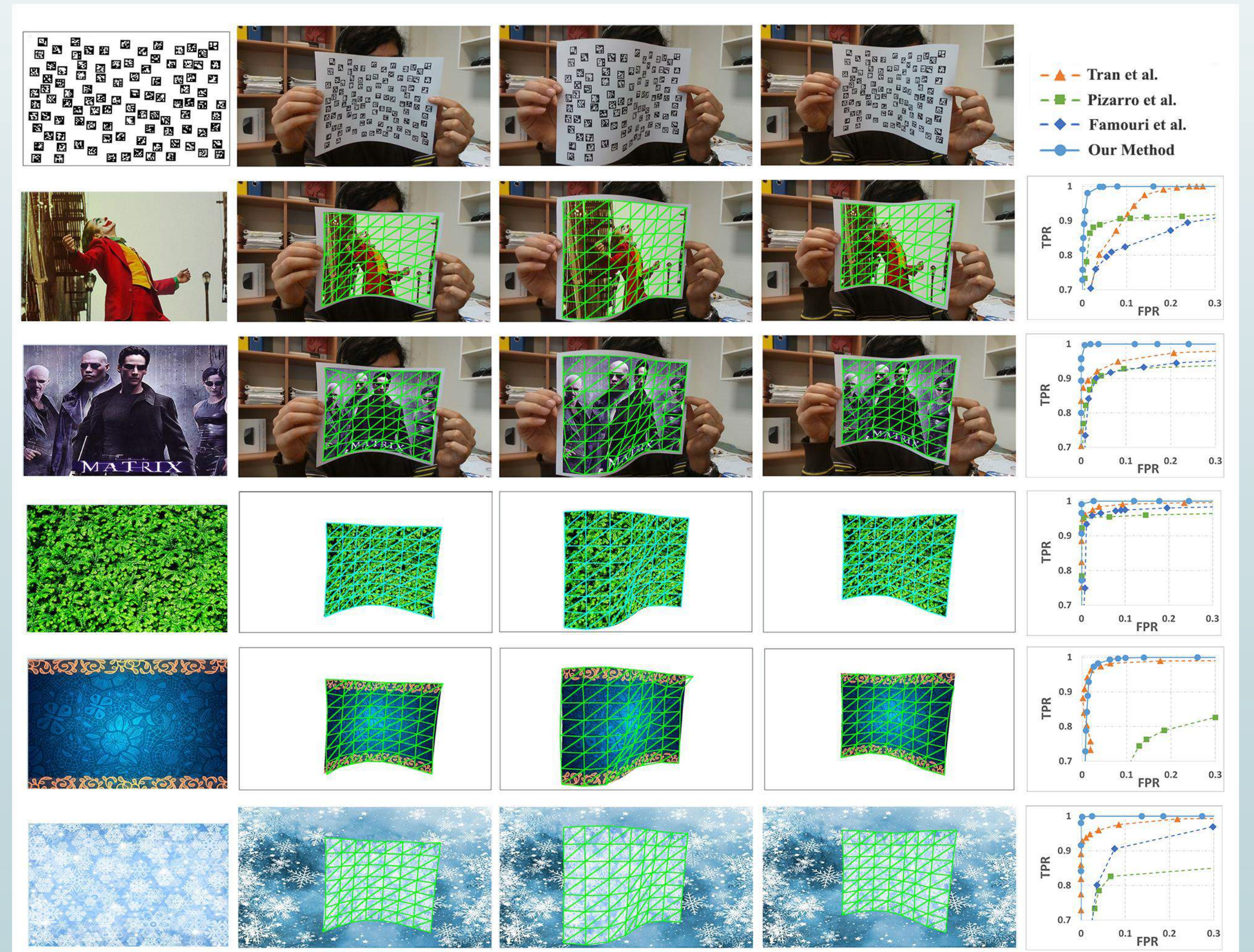
The proposed Pipeline



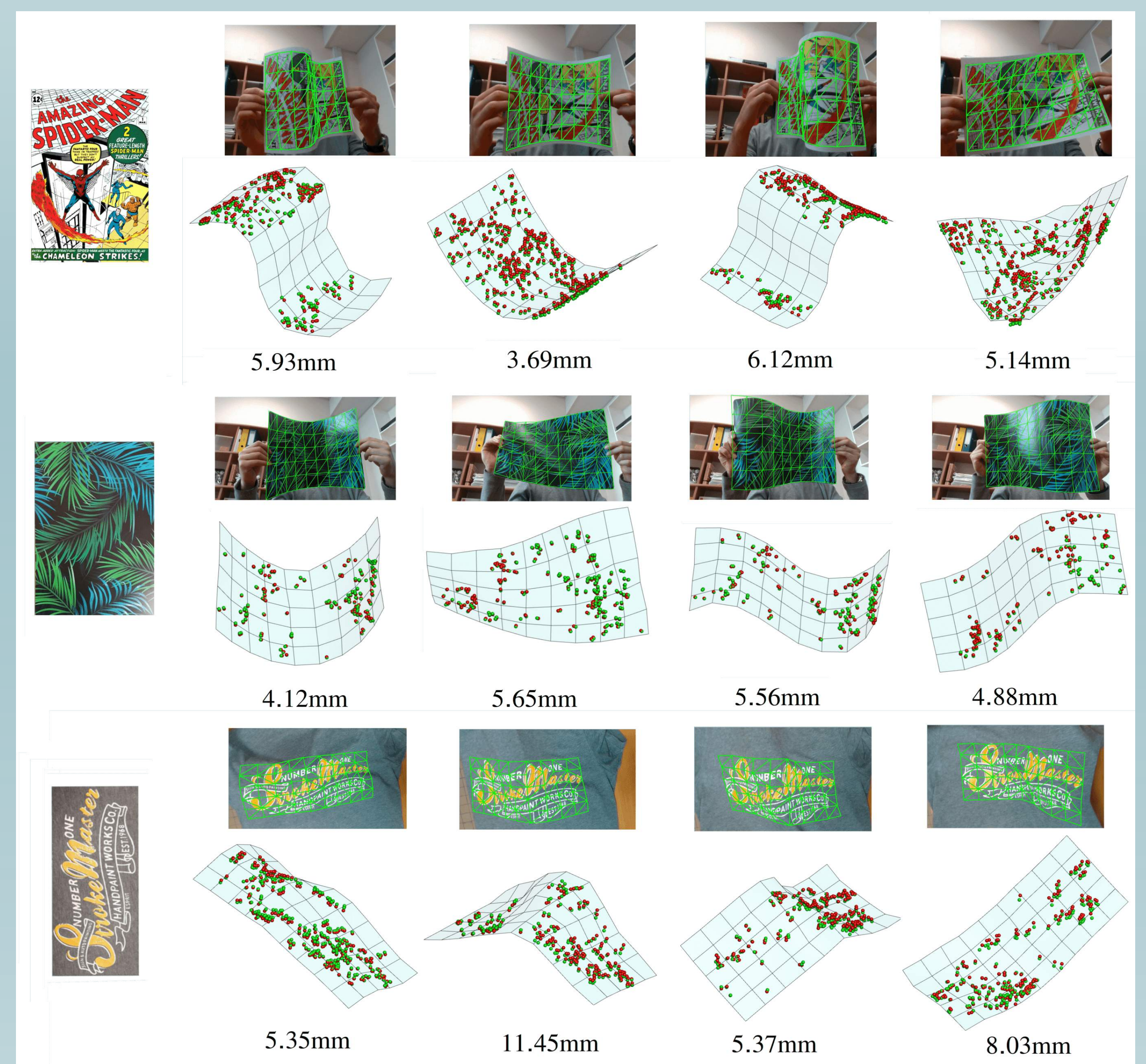
Implementation

Results

Outlier Removal Algorithm Results :



Full Pipeline Results :



Contribution

1. Our real-time SfT pipeline for monocular 3D shape tracking of isometrically deforming thin-shell objects can track up to 30 fps using 640×480 images. The pipeline is wide-baseline and capable of handling large deformations. It requires no previous training for either preselection of the best key points or object segmentation.
2. We also proposed a new outlier removal algorithm which can handle a large percentage of outliers. It is lightning fast by being able to process 200 fps.
3. We also design a novel type of validation procedure, called Fake Realistic Experiment. It allows us generating automatically semi-synthetic datasets with ground truths. This eases the quantitative evaluation of 2D and 3D shape tracking algorithms for deforming objects to a great extent

Bibliography

1. M. Aranda, J. A. Corrales Ramon, Y. Mezouar, A. Bartoli, and E. Ozgur, "Monocular visual shape tracking and servoing for isometrically deforming objects," in 2020 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp. 7542–7549, 2020.
2. E. Ozgur and A. Bartoli, "Particle-sft: A provably-convergent, fast shape-from-template algorithm," International Journal of Computer Vision, vol. 123, no. 2, pp. 184–205, 2017.

Introduction

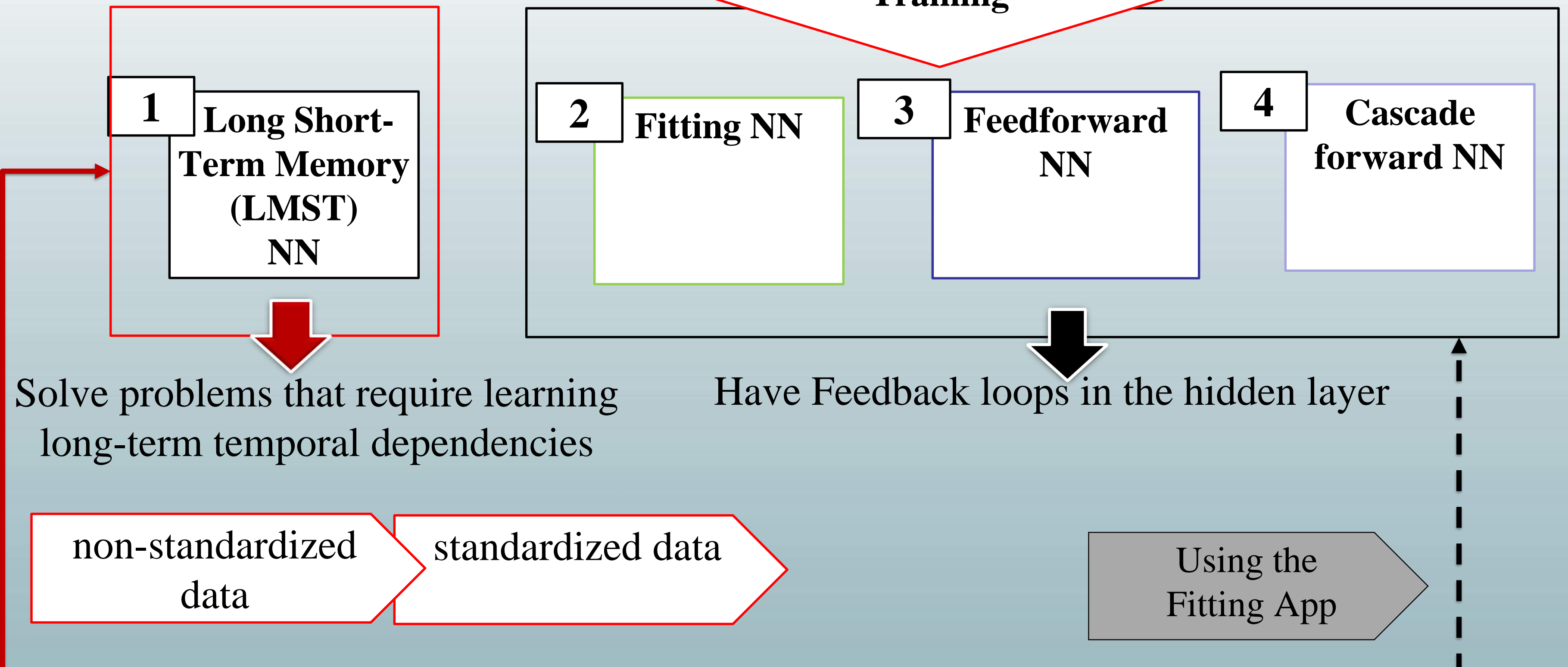
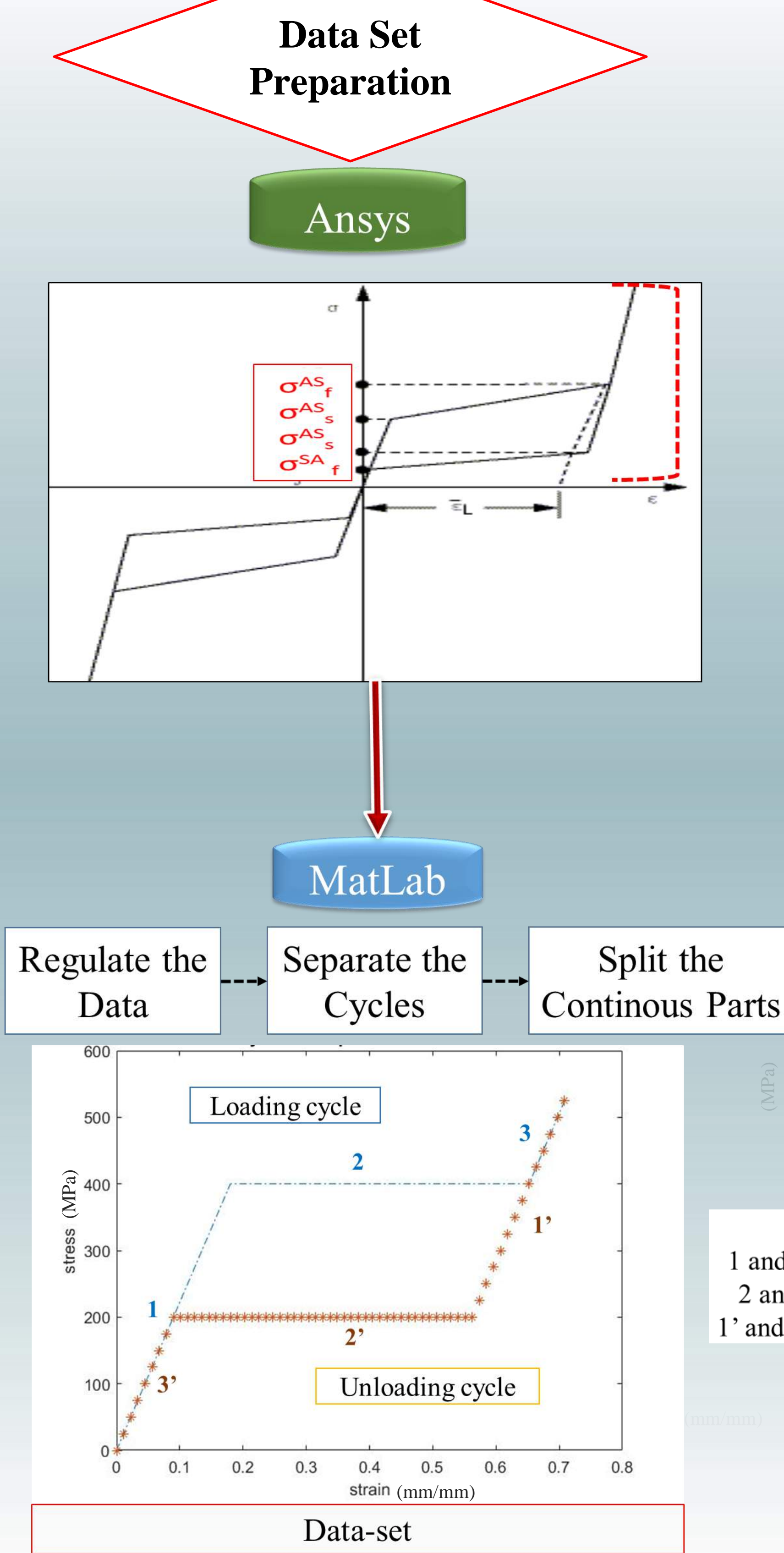
AI, which is a base for the robotic and machine field, is achieving great success in the field of material sciences. Machine Learning is the highlight subsection of AI that is suitable for problems of high dimensional data with non-linear behavior of properties. SMA, as a major part of smart materials in the material sciences, is the subject of numerous modeling studies. However, the non-linear behavior of SMA makes real-time simulations using numerical and mathematical methods difficult for design and control. Hence, AI provides the needed tools to circumvent the problem of non-linearity.

SMA
NN
Pseudo-elasticity
Brain matter

Objectives

- Review the studies of SMA's characteristics
- Training NNs to model the Super-Elastic (SE) Effect (pseudo-elasticity) to specialize the shape memory alloy material.
- Testing the physical properties of matter mimicking the brain matter.

Method



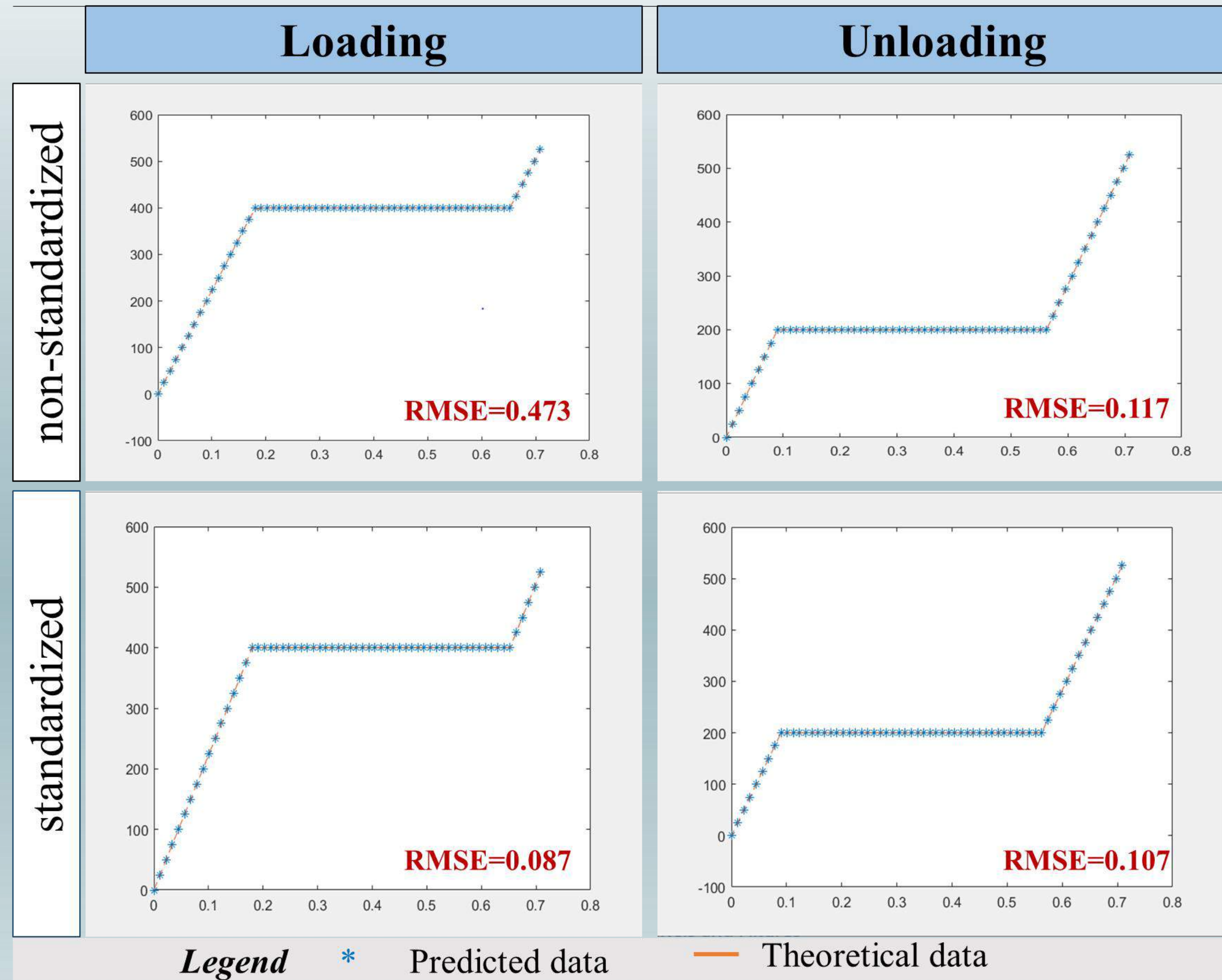
	Cycle	Loading			Unloading		
	Line parts	1	2	3	1'	2'	3'
Non-Standardized	Hidden layers	1000	800	800	800	1000	800
	Epochs number	800	800	300	500	300	300
Standardized	Hidden layers	1000	1000	1000	1000	500	1000
	Epochs number	300	900	300	300	500	300

The algorithms calculate the RMSE and the performance to compare the results.

Training function: trainlm
Two ways: split and non-split continuous parts

Results

Stress-strain graph of LSTM training



$$RMSE_i = \sqrt{\text{mean}((Y_{\text{trained}} - Y_{\text{tested}})^2)}$$

$$RMSE_{\text{average}} = \frac{RMSE_1 + RMSE_2 + RMSE_3}{3}$$

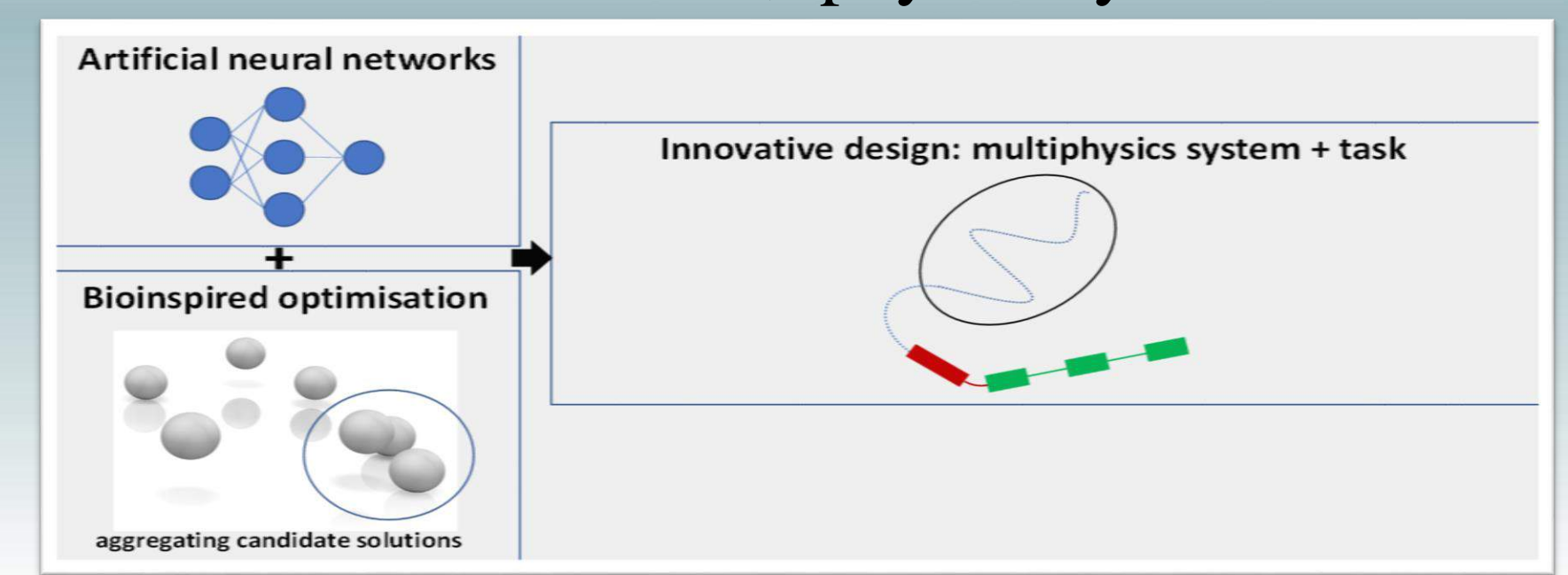
- LSTM with regression layer has the highest precise response
- Standardizing the regular input with splitting each cycle to linear continuous line graphs enables the training of all tested NNs.

Acknowledgments

Funded by the ANR AIM project (ANR-20-THIA-0001).

Perspectives

The development of smart materials reacting to multi-physical stimuli (electricity, magnetic field, pressure, heat) innovates architectures for multi-physical systems. Therefore, we are targeting a proper neurosurgical task as medical application on the SMA modelling. I am participating in characterizing a product that mimics the brain matter, physically on testing machines in SIGMA Clermont using my 3D printed probe. By that, we are focusing on modeling the SMA and being familiar with the design of an operation using it in the brain matter.



Conclusion

All the topics will be summarized in four upcoming articles. 1. Review paper "Review: Neural Networks Modeling Shape Memory Alloys". It shows briefly the studied forms and the targeted properties of the SMA using NNs. 2. Article of title "Modeling the Super elasticity effect of SMA using NN" discusses this non-linear characteristic. 3. Article presenting a gel product that mainly depends on agar-agar gel and mimics the brain matter to be used in the neurosurgical domain. 4. A review paper on brain matter phantoms.

Bibliography

1. S. MIYAZAKI, R.L. SACHDEVA "Shape memory effect and superelasticity in Ti—Ni alloys," *Shape Mem. Alloys Biomed. Appl.*, pp. 3–19, Jan. 2009, doi: 10.1533/9781845695248.1.3. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781845693442500018>.
2. K. Divringi and C. Ozcan, "Advanced Shape Memory Alloy Material Models for ANSYS," p. 12.
3. Boufayed, R., Chapelle, F., Destrebecq, J. F., & Balandraud, X. (2020). Finite element analysis of a prestressed mechanism with multi-antagonistic and hysteretic SMA actuation. *AIMETA Meccanica*, 55, 1007-1024. <https://doi.org/10.1007/s11012-020-01155-9>
4. Yuan, H., Fauroux, J.-C., Chapelle, F., & Balandraud, X. (2017). A review of rotary actuators based on shape memory alloys. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 28(14), 1863-1885. <https://doi.org/10.1177/1045389X16682848>
5. Mekouche, A., Chapelle, F., & Balandraud, X. (2018). A compliant mechanism with variable stiffness achieved by rotary actuators and shape-memory alloy. *AIMETA Meccanica*, 53(10), 2555-2571. <https://doi.org/10.1007/s11012-018-0844-0>

INTRODUCTION

Motivations

Le Sulfure d'Hydrogène (H_2S) et le Dioxyde de Soufre (SO_2) sont considérés comme des gaz toxiques, et mortels par inhalation à forte concentration.

Objectifs

- Développer des capteurs à forte sensibilité et sélectifs pour la détection de polluants soufrés
- Contrôle et surveillance de la qualité de l'air pour la sécurité et la santé en milieu industriel

Réglementation

en France en milieu professionnel

H_2S	SO_2
VME: 5 ppm/8h	VME: 2 ppm/8h
VLE: 10 ppm/15min	VLE: 5 ppm/15min

VLCT : Valeur Limite d'exposition sur une courte période ≤ 15 min
VME : Valeur Moyenne d'Exposition sur une durée de 8h

Sources

Emissions anthropiques et naturelles

Effets sur la santé

Exprimées en ppm

H_2S

Procédés industriels dans les raffineries
Décomposition de la matière organique

0.01 à 0.2 : Seuil olfactif

100 : Irritation importante des yeux, des voies respiratoires, paralysie olfactive

500 : Perte rapide de connaissance, troubles respiratoires, cardiaques, (éloignement de la source sinon la mort survient rapidement)

700 : Arrêt respiratoire

> 1000 : Décès rapide

SO_2

Combustion d'énergies fossiles, procédés dans les industries manufacturières
Gaz volcaniques, feux de forêts

1 à 5 : Obstruction au niveau des bronches, légère irritation des yeux

50 : Forte irritation des yeux et brûlures cornéennes

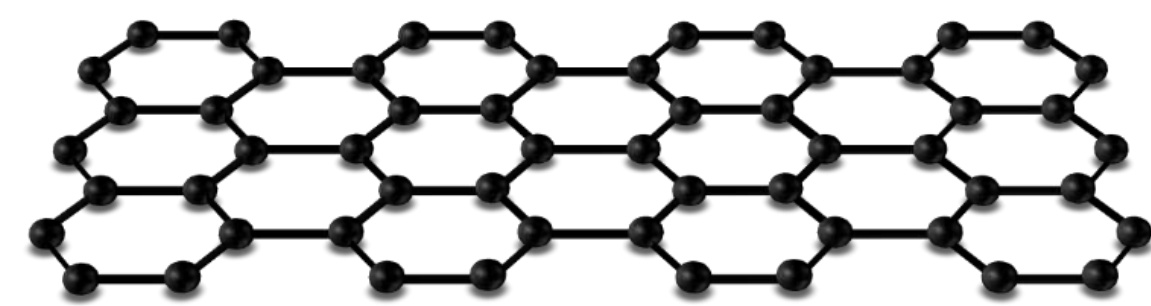
100 : Danger immédiat pour la vie et la santé

500 : Obstructions graves des voies respiratoires, œdème pulmonaire, mort en quelques minutes

MATERIAUX SENSIBLES

Graphène

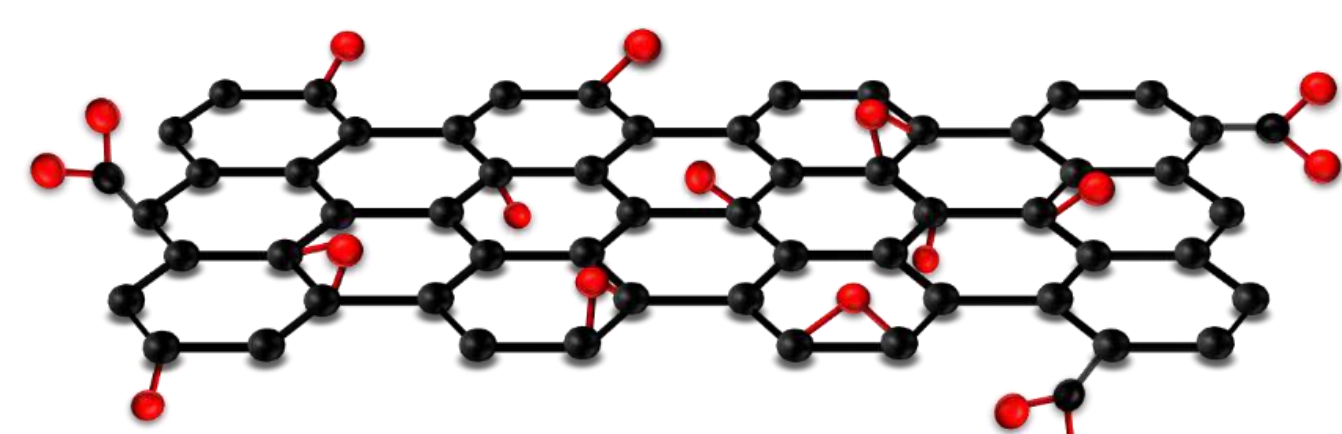
Matériau 2D utilisé pour les capteurs pour sa grande surface spécifique et ses propriétés électroniques exceptionnelles : il est considéré comme un semi-conducteur à gap nul qui peut être modulé si le graphène est oxydé.



Graphène

Oxyde de graphène (GO)

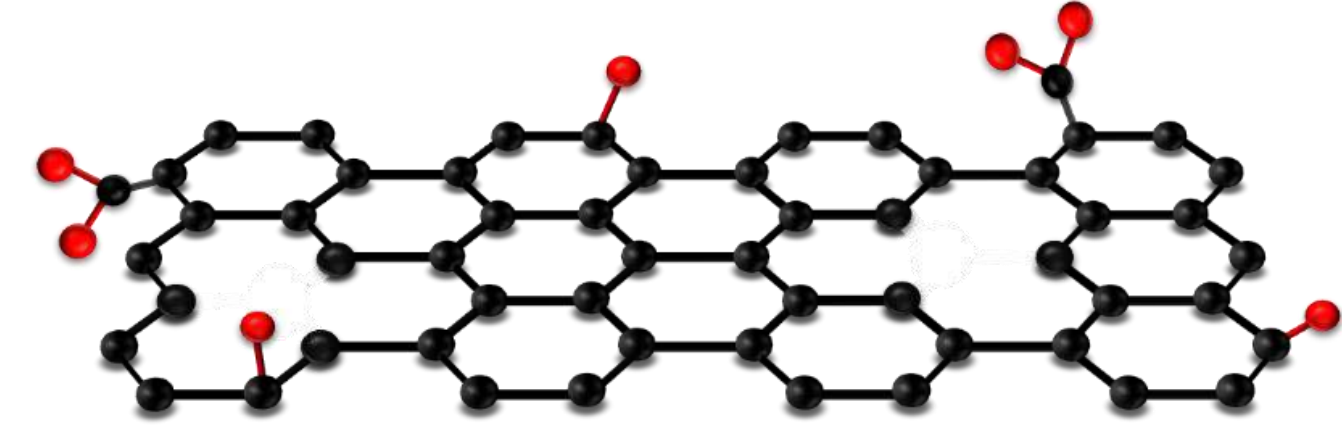
L'Oxyde de graphène (obtenu par oxydation chimique) est soluble dans l'eau, non toxique, biodégradable et facilement dispersable en solution contrairement au graphène. Ses groupements oxygénés et ses défauts générés lors de l'oxydation vont servir de sites actifs.



GO

Oxyde de graphène réduit (RGO)

Suivant le taux d'oxydation du graphène, le matériau peut devenir isolant et donc peu intéressant pour des applications pratiques. Il peut donc être réduit pour le rendre plus conducteur.



RGO

METHODES

- La **réduction de l'oxyde de graphène (GO)** est réalisée par voie chimique par l'utilisation de citrate de sodium comme agent réducteur

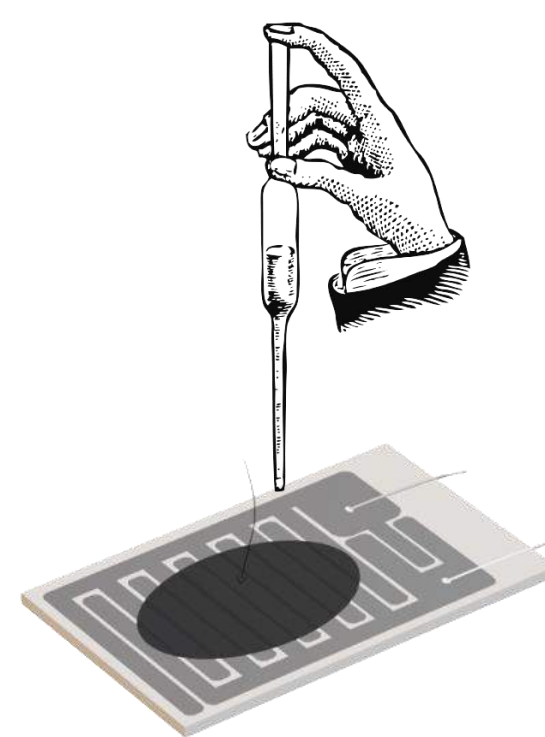
Voie chimique :

Des ions métalliques sont réduits avec un agent réducteur pour former les NPs sur la matrice

- **Décoration** de la matrice avec des nanoparticules métallique (NPs) : **Au, Pd, Pt et Cu**
2 méthodes

Evaporation thermique :

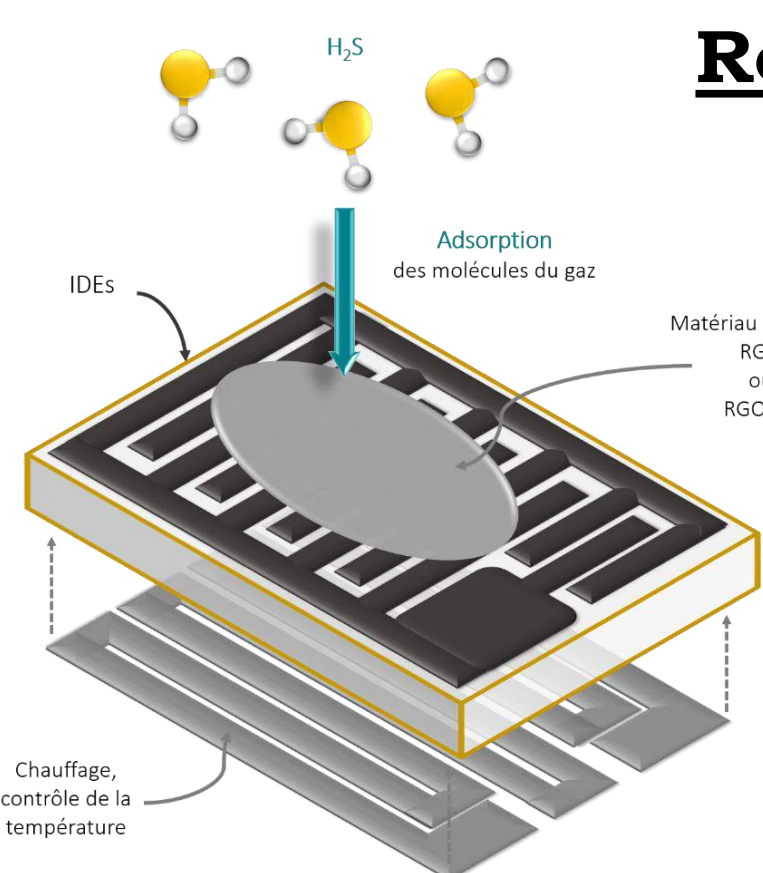
Le métal est disposé dans un creuset parcouru par un courant, qui par évaporation vient se déposer sur la matrice



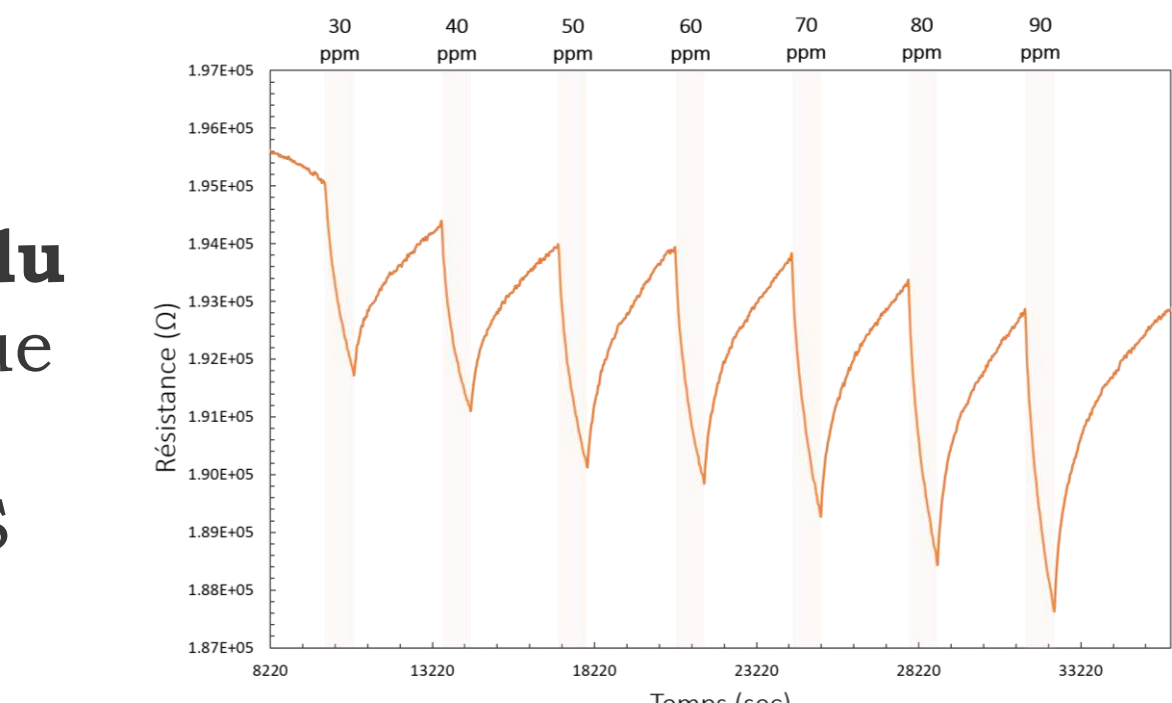
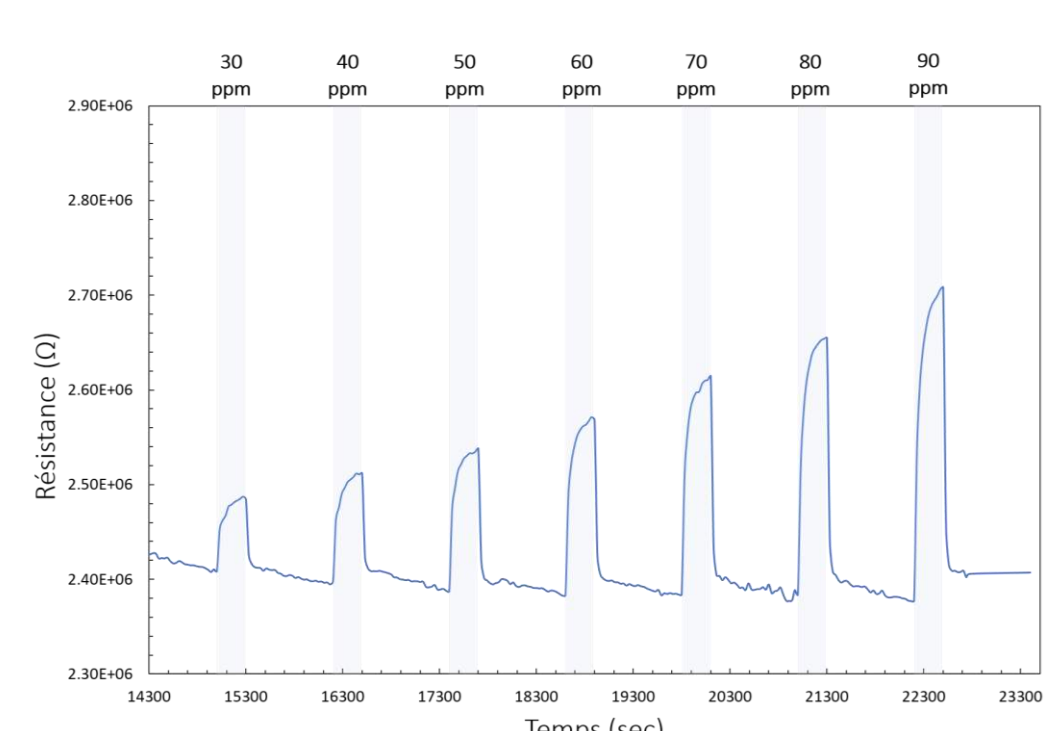
- Dépôt par **drop casting**, sur des électrodes (de platine) inter-digitées (IDEs) :
Après la mise en dispersion du RGO, on réalise un dépôt goutte à goutte sur l'IDEs placées sur une plaque chauffante pour l'évaporation du solvant. La dernière étape est la soumission au gaz dans un banc de test piloté par Labview.

RESULTATS

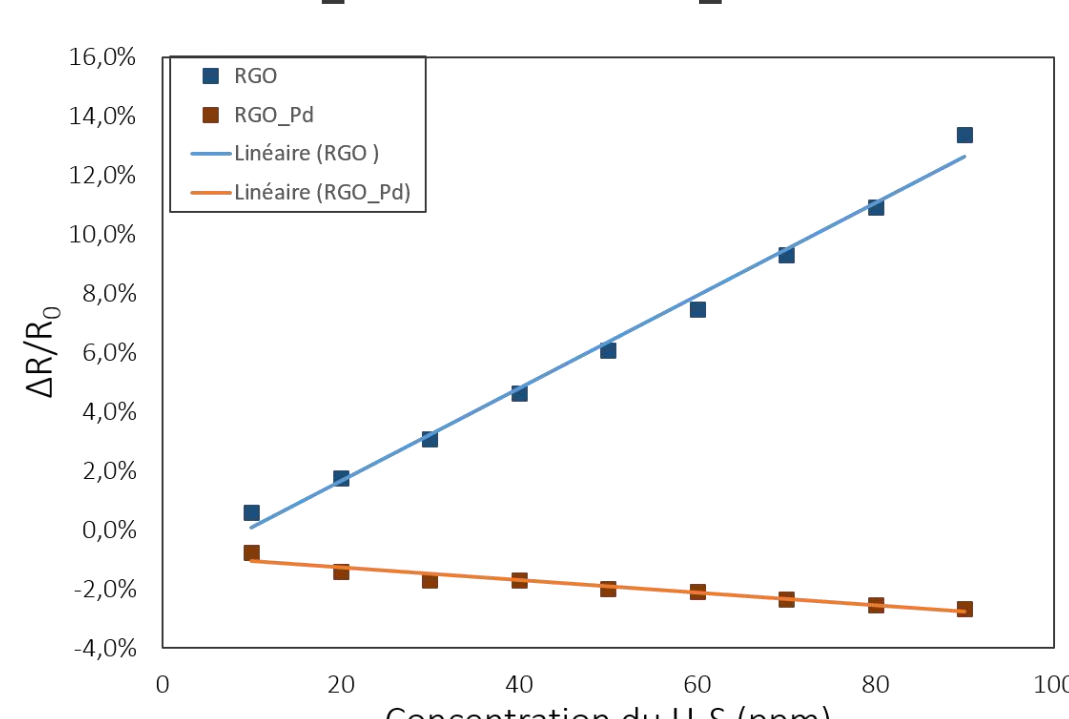
Réponses du matériau au H_2S



- Le matériau déposé interagit avec le gaz auquel il est exposé. Il y a un échange d'électrons entre le gaz et le matériau. La réponse capteur obtenue est alors une variation de la résistance



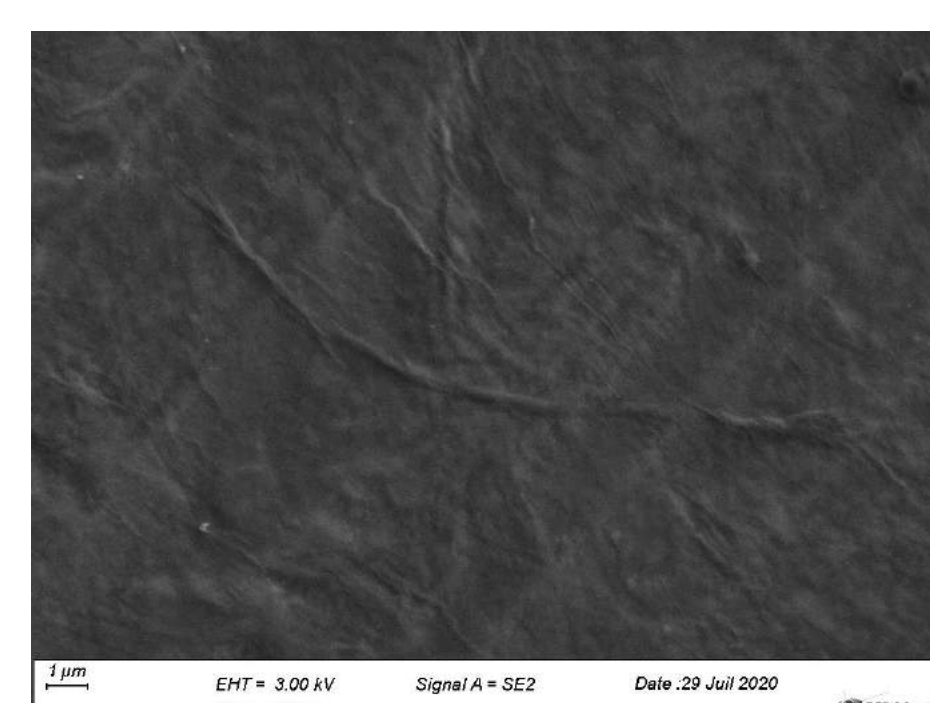
Comparaison des deux réponses capteurs



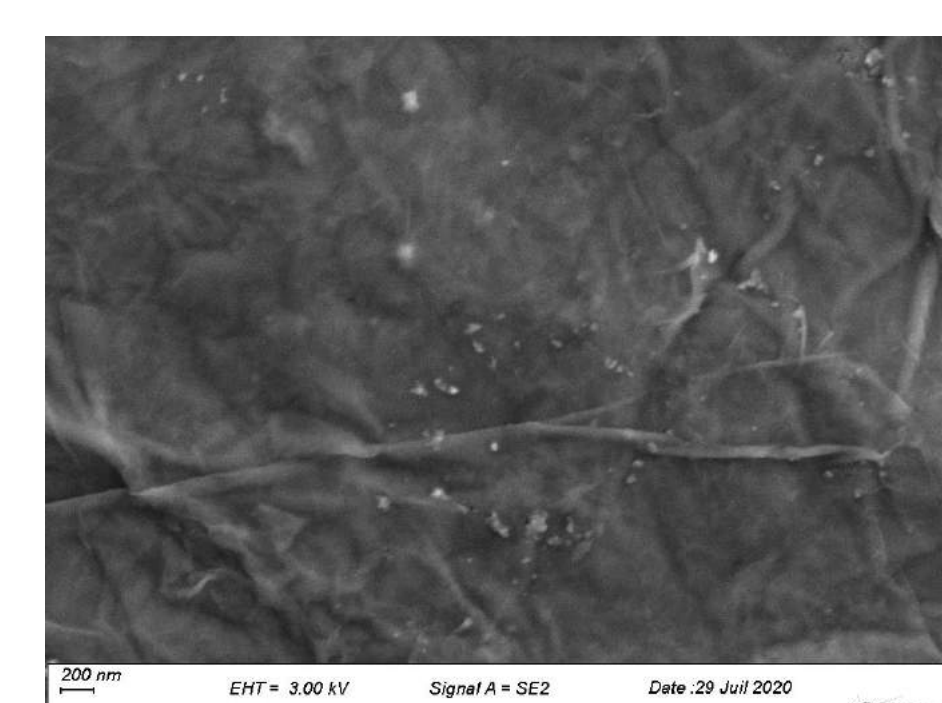
Il est important de noter que ces matériaux exposés au H_2S répondent à **température ambiante** ce qui est une très bonne performance

Caractérisation morphologique (MEB) du matériau

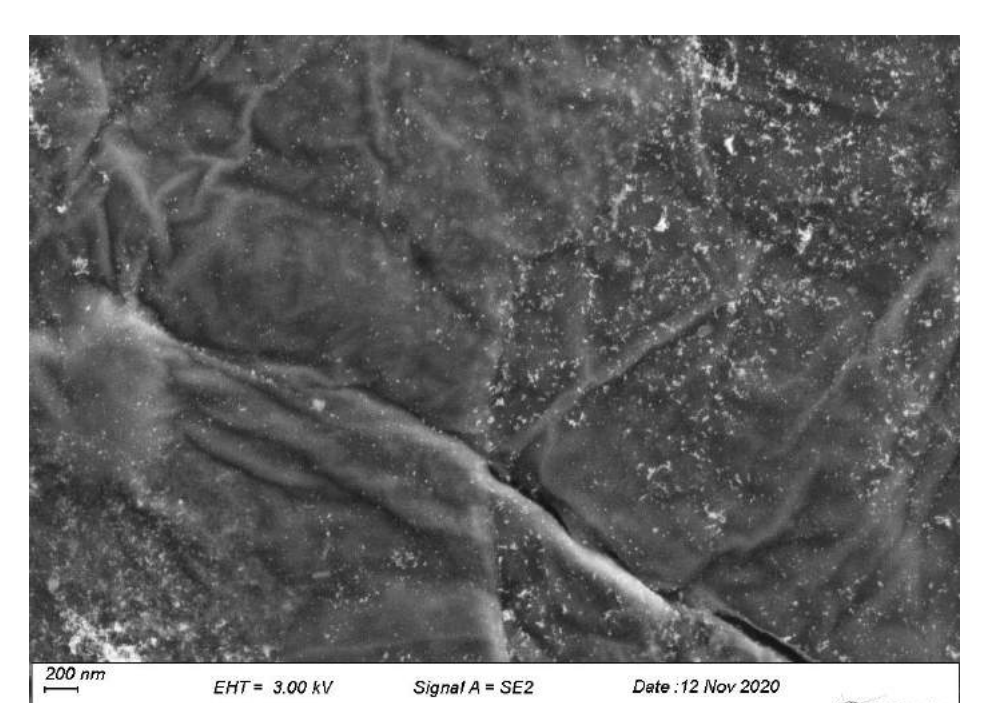
Image MEB du RGO sans décoration métallique



Décoration métallique par évaporation thermique RGO avec du Palladium



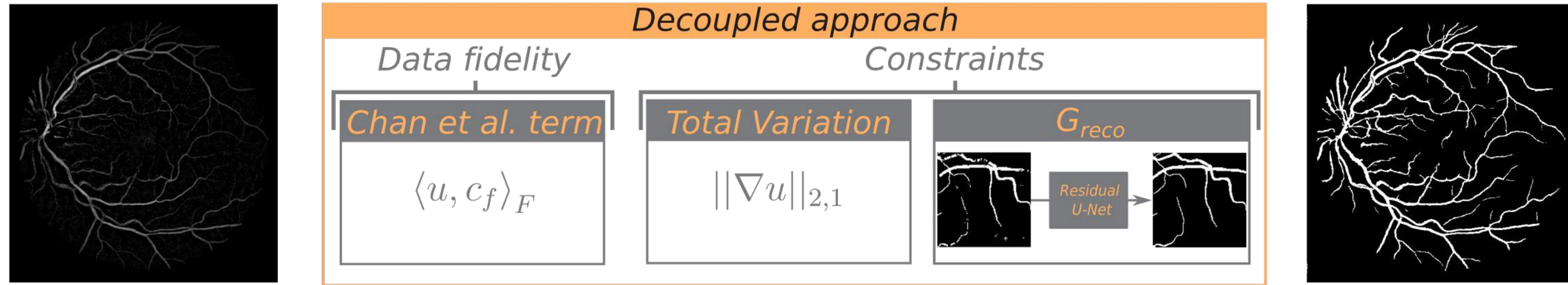
Décoration métallique par voie chimique RGO avec du Palladium



CONCLUSION

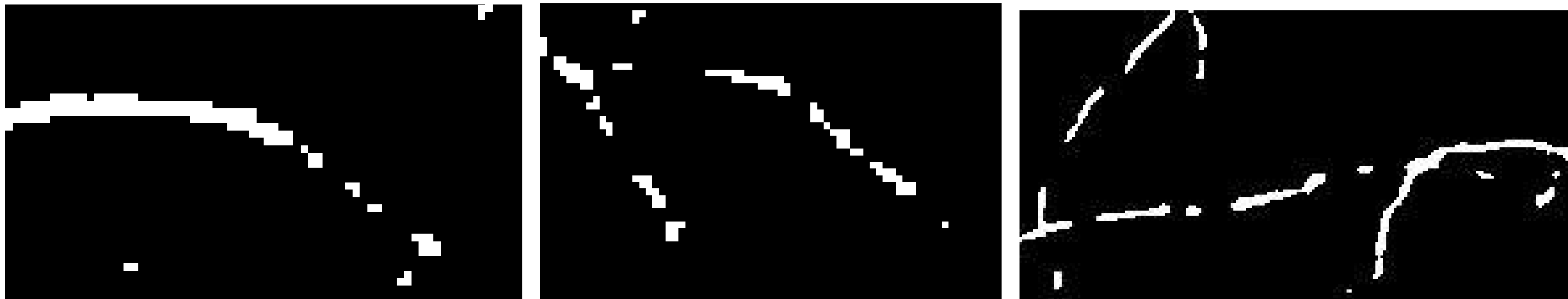
- La décoration métallique rend la couche plus conductrice
- Les deux matériaux ont chacun un comportement différent sous H_2S (RGO : p-type, RGO_Pd : n-type)
- Le RGO non décoré semble être plus sensible au H_2S que le RGO décoré par voie chimique avec des NPs de Pd.

Framework [1]



Motivation and objectives

- ▶ The connectivity of blood vessels is usually lost during segmentation.



- ▶ Deep learning is very powerful, but a new model has to be trained for each application of interest. This requires building, for each application, a large annotated dataset which is very challenging in medical imaging
- ▶ **We propose to learn a regularization term able to reconnect vessels, independant of the image modality**
- ▶ **We illustrate the interest of this regularization term by plugging it into a variational segmentation framework to better reconnect blood vessels**

Variational approach and classical energy terms

Variational segmentation formulation:

$$\hat{u} = \operatorname{argmin}_{u \in [0,1]^N} E_{\text{data}}(u, f) + \lambda E_{\text{reg}}(u), \quad (1)$$

where:

- ▶ $f \in \mathbb{R}^N$ is the initial image
- ▶ E_{data} is the data fidelity. For a segmentation, the Chan *et al.* energy is usually used:

$$E_{\text{data}}(u, f) = \langle u, c_f \rangle_F, \\ c_f \mapsto (c_1 - f)^2 - (c_2 - f)^2,$$

with:

- ▶ c_1 and c_2 are constant values corresponding to the mean background and foreground intensities of the initial image
- ▶ $\langle \cdot, \cdot \rangle_F$ is the Frobenius product
- ▶ E_{reg} is the regularization term. A classic regularization term to reduce noise is the Total Variation (TV):

$$TV(u) = \|\nabla u\|_{2,1},$$

with:

- ▶ $\|\cdot\|_{2,1}$ the ℓ_1 norm of ℓ_2 norm
- ▶ $\lambda \in \mathbb{R}$ a regularization coefficient acting as a trade-off between both terms

Learning a reconnecting term G_{reco}

- ▶ The reconnecting term is learnt from binary images because:
 - ▶ Realistic disconnections are easier to create on binary images
 - ▶ The learnt term is independant of the image modality as the model cannot learn any intensity-based feature
- ▶ Rules to create realistic disconnections:
 - ▶ The thinner the vessel, the larger the disconnection
 - ▶ The disconnections have random shapes
 - ▶ Some artefacts are created to emulate noise

Proposed approach

- ▶ To solve Eq (1) with a forward-backward primal dual algorithm [3], we reformulate the problem as follows:

$$\hat{u} = \operatorname{argmin}_u h(u, f) + g(Lu) + k(u),$$

- ▶ The proposed algorithm is then :

$$u_{i+1} = \Phi(u_i - \tau(\nabla h(x_i) + L^T v_i)) \\ v_{i+1} = \operatorname{prox}_{\sigma g^*}(v_i + \sigma L(2u_{i+1} - u_i)), \quad (2)$$

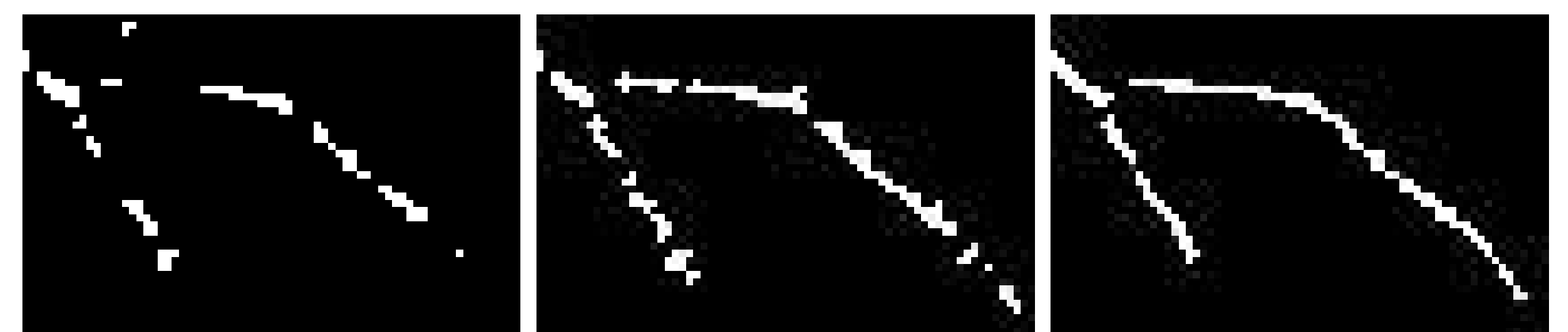
with :

$$\Phi(u) = \begin{cases} G_{\text{reco}}(u) & \text{if } i > \alpha \\ \operatorname{prox}_{\sigma k}(u) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

- ▶ $h(u, f) = \langle u, c_f \rangle_F$
- ▶ $g(\cdot) = \lambda \|\cdot\|_{2,1}$
- ▶ $L = \nabla$
- ▶ $k(u) = \iota_{[0,1]^N}$ is the indicator function of the set $[0, 1]^N$
- ▶ $\alpha \in \mathbb{N}^*$ is the iteration number from which the reconnecting term is applied

Results

- ▶ We compared our approach with the classic Chan *et al.* model [2] and the more recent directional total variation model [4] on the DRIVE dataset.



(d) Chan *et al.* model (e) Directional TV (f) Proposed method

Figure 1: Zoom on results of segmentation on one DRIVE image

Table 1: Quantitative segmentation results on the DRIVE database.

	TPR	TNR	Acc
Chan <i>et al.</i> model [2]	0.6615	0.9833	0.9423
Directional TV model [4]	0.6822	0.9809	0.9427
Our approach	0.6631	0.9839	0.9429

- ▶ Our approach increases the connectivity and smoothness of the structures and detects less noise
- ▶ Our approach detects 230% less connected components than the directional TV while providing a better global result. This proves that our approach efficiently preserves the connectivity of the vascular network.

Conclusion

- ▶ We developed a regularization term that is able to preserve the connectivity of vascular structures
- ▶ We showed that this term can be plugged in a variational segmentation framework to improve the connectivity of vascular segmentations
- ▶ We showed that this term is generic and can be applied to unseen data and provides good results.
- ▶ Future work will consist in extending our reconnecting term to 3D

References

- [1] S. Carneiro Esteves et al. "Learning a reconnecting regularization term for blood vessel variational segmentation". In: *2021 IEEE EMBS BHI*. (2021).
- [2] T.F. Chan et al. "Algorithms for finding global minimizers of image segmentation and denoising models". In: *SIAM journal on applied mathematics* (2006).
- [3] N. Komodakis and J.C. Pesquet. "Playing with duality: An overview of recent primal-dual approaches for solving large-scale optimization problems". In: *Signal Processing Magazine* (2015).
- [4] O. Merveille et al. "nD variational restoration of curvilinear structures with prior-based directional regularization". In: *Trans. on Image Processing* (2019).

Objectives

1. **Improve** Artificial Intelligence (AI) **credibility** in games.
2. **Simplify** the AI implementation for developers and game designers.
3. **Optimise** to allow a real-time execution.

Game AI

Why video games for AI?

Video games are an ideal platform for experimentation in AI [1] :

- ▶ The virtual environment allows us to **free ourselves** from the **physical constraints** of the real world.
- ▶ **Costs** associated with development are **reduced** to software programming.
- ▶ It is **easier and quicker to model and solve** problems in a virtual environment where you can easily change the rules of the game – and therefore the world.

Context

- ▶ It is not uncommon to see **non-credible Non-Player Character (NPC)** behaviour in video games. This can result in absurd actions, such as illogical movement or inconsistent and incoherent dialogue [2].
- ▶ To **enhance the credibility** of these AIs, we propose to use **logic programming** which has proven its efficiency for several decades [3], but which is almost absent in game AI [1].

Ontological reasoning

How does logic programming works?

1. **Represent** knowledge – also called **ontologies** – e.g. facts or rules.
2. **Specify a problem declaratively** – e.g. by asking a question.
3. The **inference engine** (usually a Prolog engine) answers the problem by **reasoning logically** about ontologies.

Advantages

Why logic programming?

- ▶ Logic programming is based on **formal logic**. Unlike popular machine learning techniques, it is in line with the principles of Explainable AI (**XAI**): **explainability, interpretability, transparency** and **accountability**.
- ▶ **Scalability** and **maintainability** of the AI **algorithm** are simplified by the declarative aspect of logic programming and the ease of adding and removing rules.
- ▶ The use of **backward-chaining** allows one to try to prove a given goal by using rules to generate sub goals and by trying to satisfy them recursively. Among other things, it allows for efficient **planning**.

Challenges and leads

1. The approach is not **directly usable** by the developers.
 - ▶ **Need to interface** game engine (Unity) and inference engine (Prolog).
 - ▶ **Developing a library** would help to use Prolog from Unity.
2. Make the AI **more complex** while keeping its **behaviour understandable** for developers and players.
 - ▶ Using the **Belief-Desire-Intention (BDI)** [4] standard to generate action plans.
 - ▶ Using the **Well-Founded Semantic (WFS)** [5] to introduce uncertainty and negation.
3. **Scaling up** from one agent to thousands is not trivial.
 - ▶ Optimising code execution by **parallelising** and preparing it by **metaprogramming**.
 - ▶ **Determining algorithmically the resources** – i.e. the reasoning power – to be allocated to each agent.

Prototype

We have **developed a prototype** inspired by the game "Wumpus World" [3] with the **Unity game engine** and the **SWI-Prolog inference engine** in order to test the quality and efficiency of our approach.

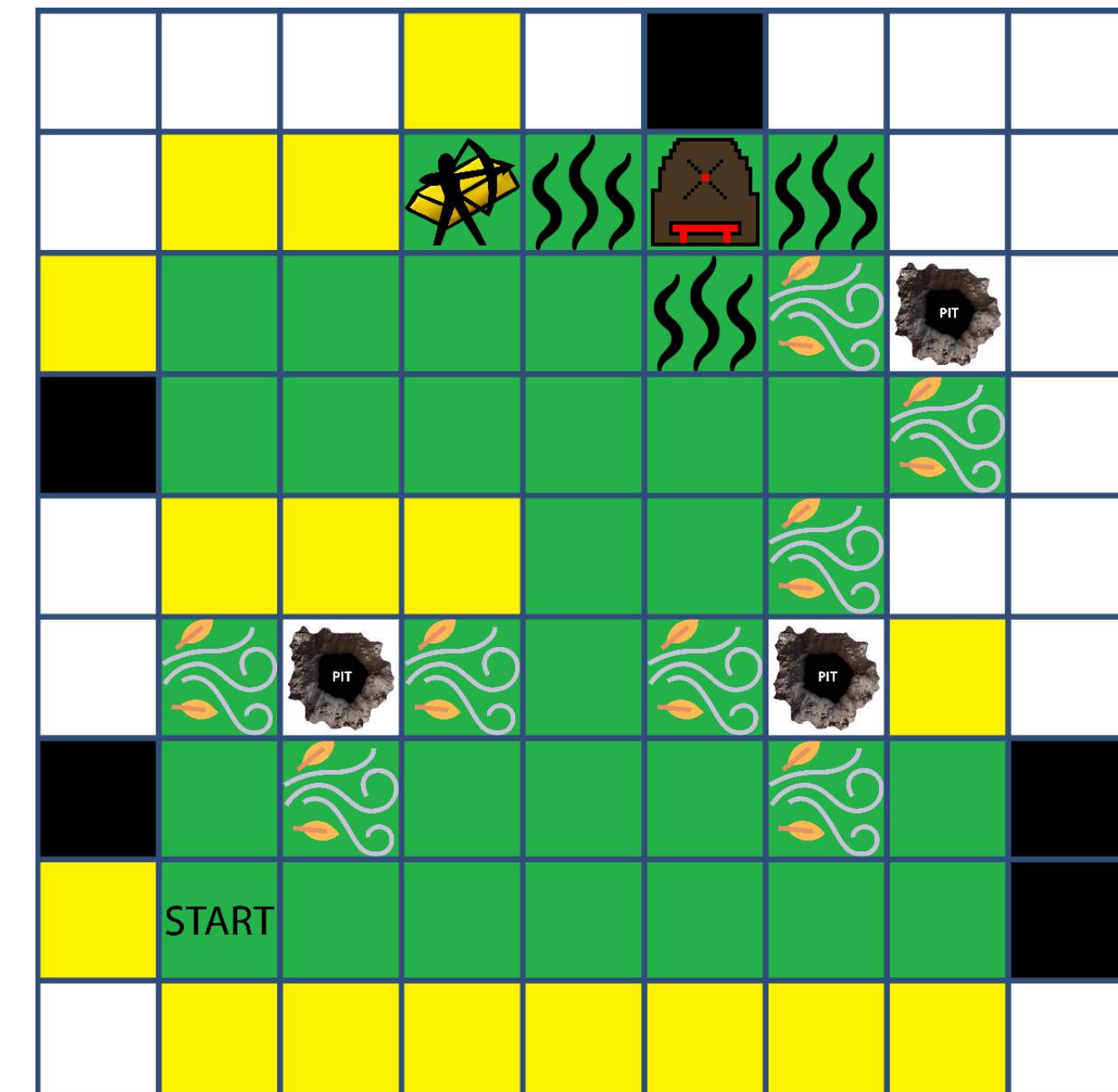


Figure 1: Snapshot of a game played by the AI on the prototype – agent view.



Figure 2: Snapshot of a game played by the AI on the prototype – world view.

Collaboration

Research collaboration with the independent **game development studio** Wako Factory to test the approach on a real commercial game.



Figure 3: Game project.

Why this collaboration?

1. Developing a real commercial game allows to have:
 - ▶ **Feedback** from real players and developers.
 - ▶ **Game data** for **analysis**.
2. This game would be a **showcase** for the **approach**.
 - ▶ Willingness to put the **AI at the centre** of the game.
 - ▶ The AI's **decisions** will be **visible** and **justified**.



Acknowledgements

This research was funded in equal parts by the French National Research Agency (ANR) and the European Regional Economic Development Fund (FEDER).



References

- [1] Georgios N. Yannakakis and Julian Togelius. *Artificial Intelligence and Games*. Springer International Publishing : Imprint: Springer, Cham, 1st ed. 2018 edition, 2018.
- [2] Ian Millington. *AI for games*. Taylor & Francis, a CRC title, part of the Taylor & Francis imprint, a member of the Taylor & Francis Group, the academic division of T&F Informa, plc, Boca Raton, third edition edition, 2019.
- [3] Stuart J. Russell and Peter Norvig. *Artificial intelligence: a modern approach*. Pearson series in artificial intelligence. Pearson, Hoboken, fourth edition edition, 2021.
- [4] Michael Bratman. *Intention, Plans, and Practical Reason*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1987. Issue: 2 Pages: 198-199.
- [5] Allen Van Gelder, Kenneth A. Ross, and John S. Schlipf. The well-founded semantics for general logic programs. *Journal of the ACM*, 38(3):619–649, July 1991.

Objectives

1. Study efficient and compact formulations for **subtour polytopes** and **semi-metric polytopes** in sparse graphs.
2. Propose machine learning (ML) algorithms to handle the addition of **subtour elimination constraints** during **branch-and-bound process**.

Context & Motivation

- ▶ The subtour polytope
 - ▷ Represents a necessary condition for the existence of Hamiltonian cycles (also known as tours). The non-existence of subtours is guaranteed.
 - ▷ Used in tours related problems, such as the Traveling Salesman Problem (TSP), the Vehicle Routing Problem (VRP).

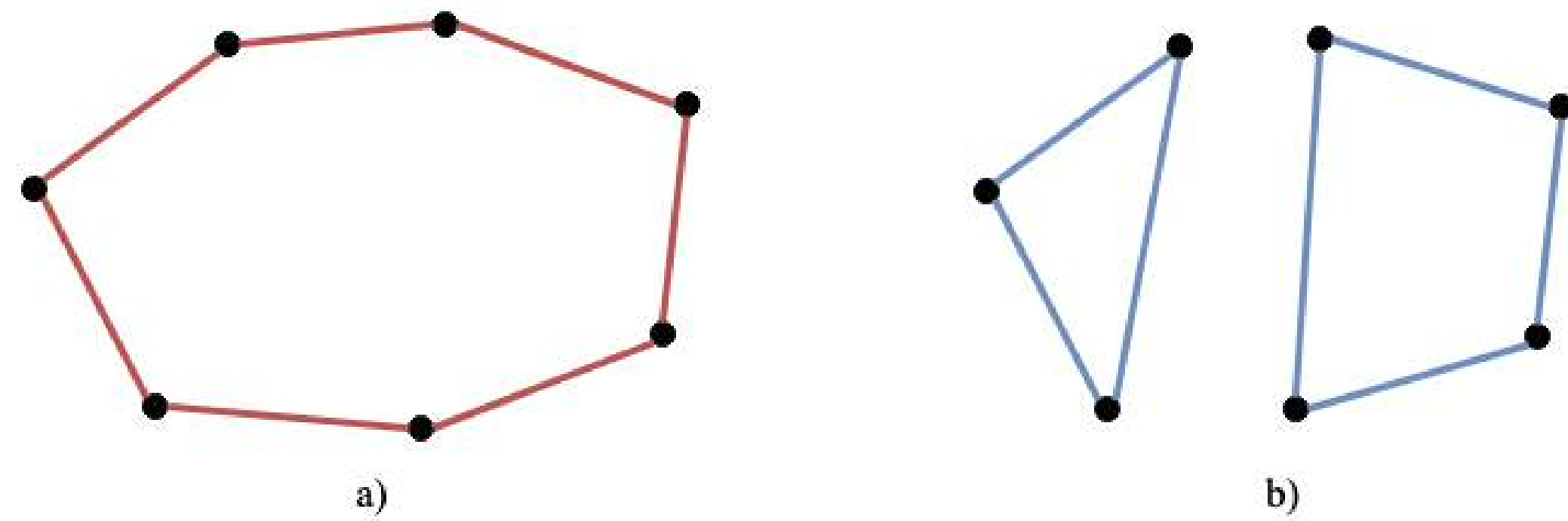


Figure 1: a) A Hamiltonian cycle; b) Two subtours

- ▶ The semi-metric polytope
 - ▷ An important relaxation for the MaxCut problem, the Graph Partitioning (GP) problem and its variants.
 - ▷ Contains cycle inequalities expressing the partition of the vertex set into clusters.
- ▶ Although many real-world instances operate on sparse graphs, this characteristic has not been exploited. Our purpose is to utilize the sparsity of graphs to improve the use of subtour elimination and semi-metric constraints in solutions for TSP, VRP, GP and their variants.

Existing formulations of subtour and semi-metric polytopes

- ▶ Given an undirected graph $G = (V, E)$ where $n = |V|$ and $m = |E|$, G is sparse when $m = O(n)$.

- ▶ The subtour polytope $SP(G)$:

$$x(\delta(v)) = 2 \quad \text{for all } v \in V \quad (1)$$

$$x(\delta(S)) \geq 2 \quad \text{for all } S \subset V \quad (2)$$

$$x \in [0, 1]^m \quad (3)$$

where $\delta(S) = \{uv \in E \mid u \in S \text{ and } v \in V \setminus S\}$ for all subset $S \subset V$. The inequalities (2) are called *subtour elimination constraints*.

- ▶ The semi-metric polytope:

$$x(F) - x(C \setminus F) \geq |F| - 1 \quad \text{for all cycles } C \text{ in } G, \quad (4)$$

$$F \subset C, |F| \text{ odd}$$

$$x \in [0, 1]^E \quad (5)$$

The inequalities are called *cycle inequalities*.

Compact formulation and machine learning for optimization

▶ Compact formulation

- ▷ Any compact formulation of the separation problem associated with an optimization problem allows a compact formulation for the optimization one [Carr and Lancia, 2002, Theorem 1].
- ▷ Replace the exponential number of subtour elimination constraints and cycle inequalities in the models by some linear size formulations of their separation problems.
- ▷ The sparsity of the graph should be exploited to reduce the number of additional variables and constraints.

▶ Machine learning for optimization

- ▷ Only add violated subtour elimination constraints of the optimal solution at nodes of the branch-and-bound tree during the solving progress.
- ▷ Employ a machine learning-based algorithm to decide whether we should add subtour elimination constraints or not.

Machine learning scheme

▶ Dataset

- ▷ *Input*: the value of variables at nodes of the branch-and-bound tree
- ▷ *Label*: 1 if generated cuts are added to the model, otherwise 0.

▶ Algorithms

- ▷ *Supervised learning algorithms*: Support Vector Machine (SVM), Deep Learning, ...
- ▷ *Reinforcement Learning*.

▶ Issues

- ▷ The lack of data.
- ▷ Data representation.

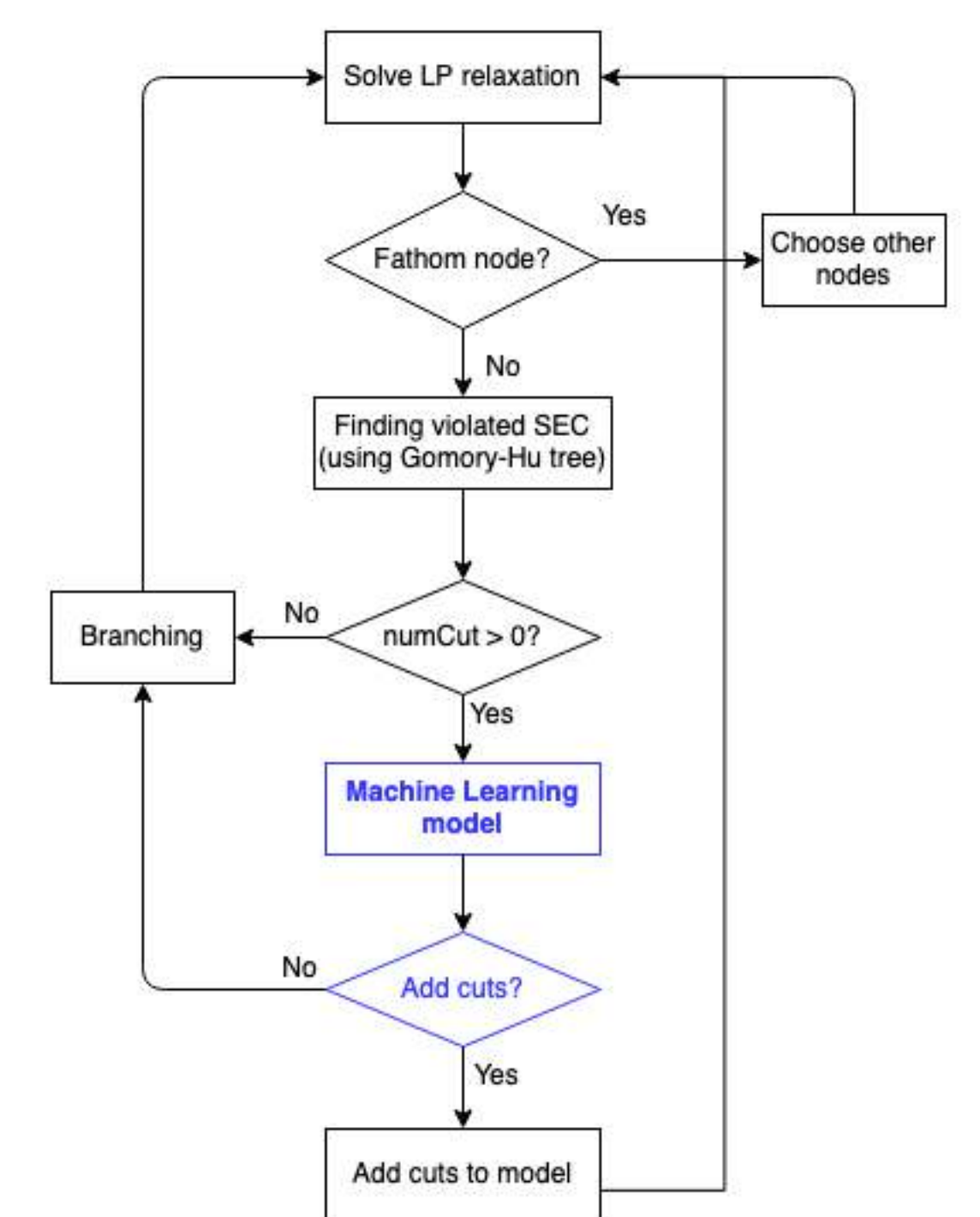


Figure 2: ML for the subtour polytope

Compact formulation

- ▶ A separation problem for subtour elimination constraints is the minimum cut problem.
- ▶ We adapt the formulation for the minimum cut problem of [Carr et al., 2009] to a sparse graph and reduce the number of constraints from $O(n^3)$ to $O(mn)$.

numNodes	numEdges	Formulation [1]		Our formulation	
		ObjVal	CPU time	ObjVal	CPU time
53	647	477	0.2	477	0.16
58	694	609	0.6	609	0.35
64	866	810	2.62	810	1.56
67	906	794	1.83	794	1.15
72	971	716	2.42	716	1.57
76	1197	962	3.6	962	2.82
86	1425	992	10.91	992	4.68
88	1186	557	2.53	557	1.42
93	1283	777	16.39	777	8.31
99	1406	740	11.45	740	6.29

Table 1: Numerical results for MIP formulations of the minimum cut problem.

Conclusion & Perspectives

- ▶ This study allows us to solve exactly large-scale instances (thousands vertices) of the subtour and semi-metric relaxations in a reasonable time.
- ▶ It can be used to provide good lower bounds for large-scale instances of TSP, VRP and their variants.
- ▶ Perspectives:
 - ▷ Find other constraints to fill missing subtour elimination constraints and reduce the number of constraints to $O(m)$.
 - ▷ Generate hard-to-solve TSP problems for machine learning models and try to implement an instance-specific model.

References

- [1] Robert D Carr, Goran Konjevod, Greg Little, Venkatesh Natarajan, and Ojas Parekh. Compacting cuts: a new linear formulation for minimum cut. *ACM Transactions on Algorithms (TALG)*, 5(3):1–16, 2009.
- [2] Sylvia C Boyd and William R Pulleyblank. Optimizing over the subtour polytope of the travelling salesman problem. *Mathematical programming*, 49(1):163–187, 1990.
- [3] Francisco Barahona and Ali Ridha Mahjoub. On the cut polytope. *Mathematical programming*, 36(2):157–173, 1986.
- [4] Antonio Frangioni, Andrea Lodi, and Giovanni Rinaldi. New approaches for optimizing over the semimetric polytope. *Mathematical programming*, 104(2):375–388, 2005.

Contact Information

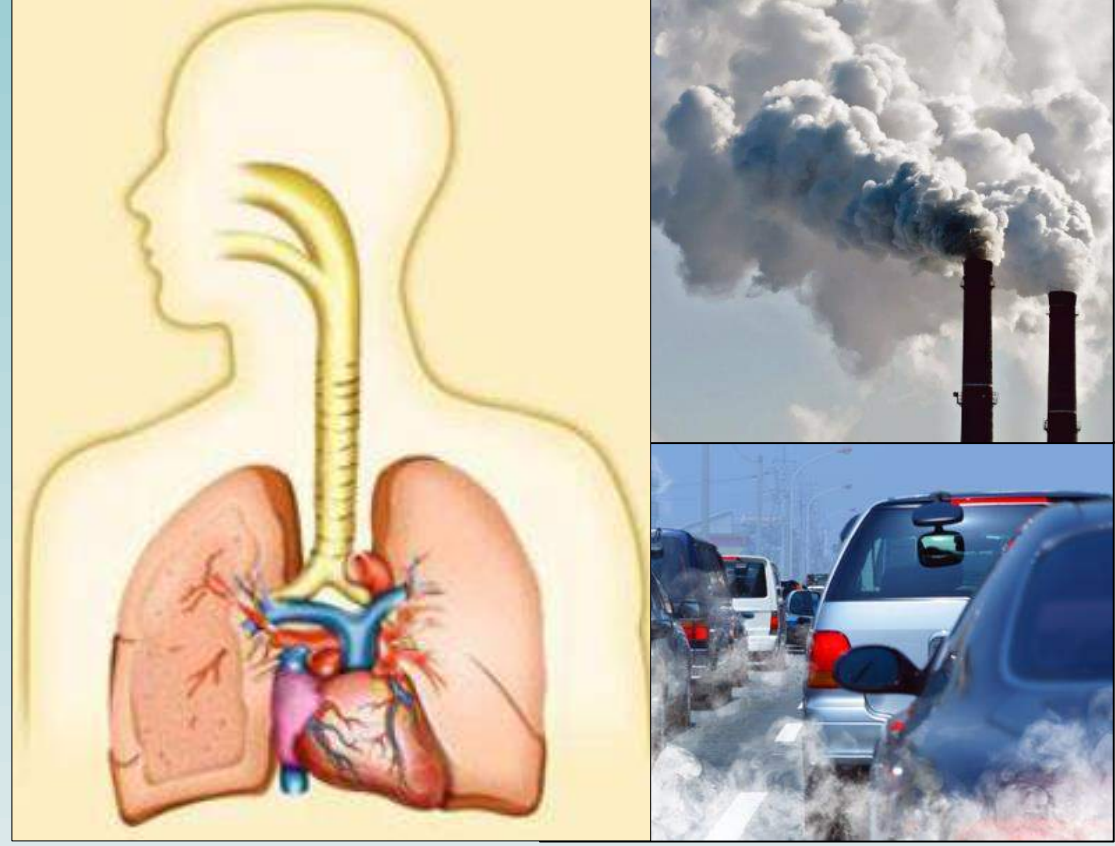
- ▶ Email: thi_quynh_trang.vo@uca.fr

Design, characterization and calibration of sensors for air quality monitoring (NO₂, O₃ pollutants)

T. Gueye, J. Brunet, A. Ndiaye, C. Varenne, A. Pauly

Université Clermont Auvergne, CNRS, Sigma Clermont, Institut Pascal, F-63000 Clermont-Ferrand, France

Motivations and objectives



Ozone (O₃) and nitrogen dioxide (NO₂) are released into the environment through several natural and/or anthropogenic activities and can have adverse effects on human health and the environment.

Effects on human health

Respiratory problems, Inflammation and damage the airways, Increased frequency of asthma attacks

Environmental effects

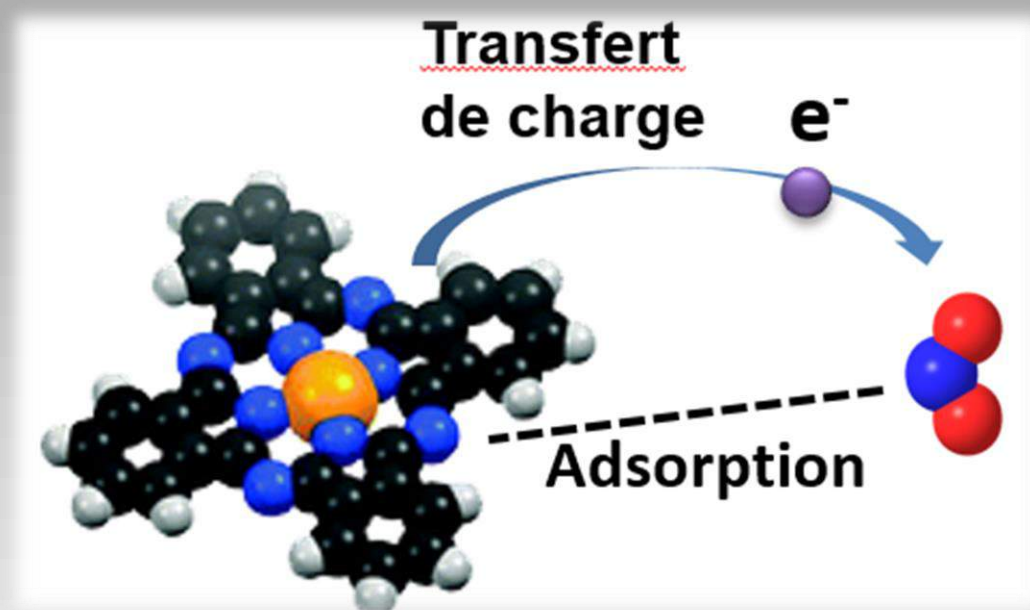
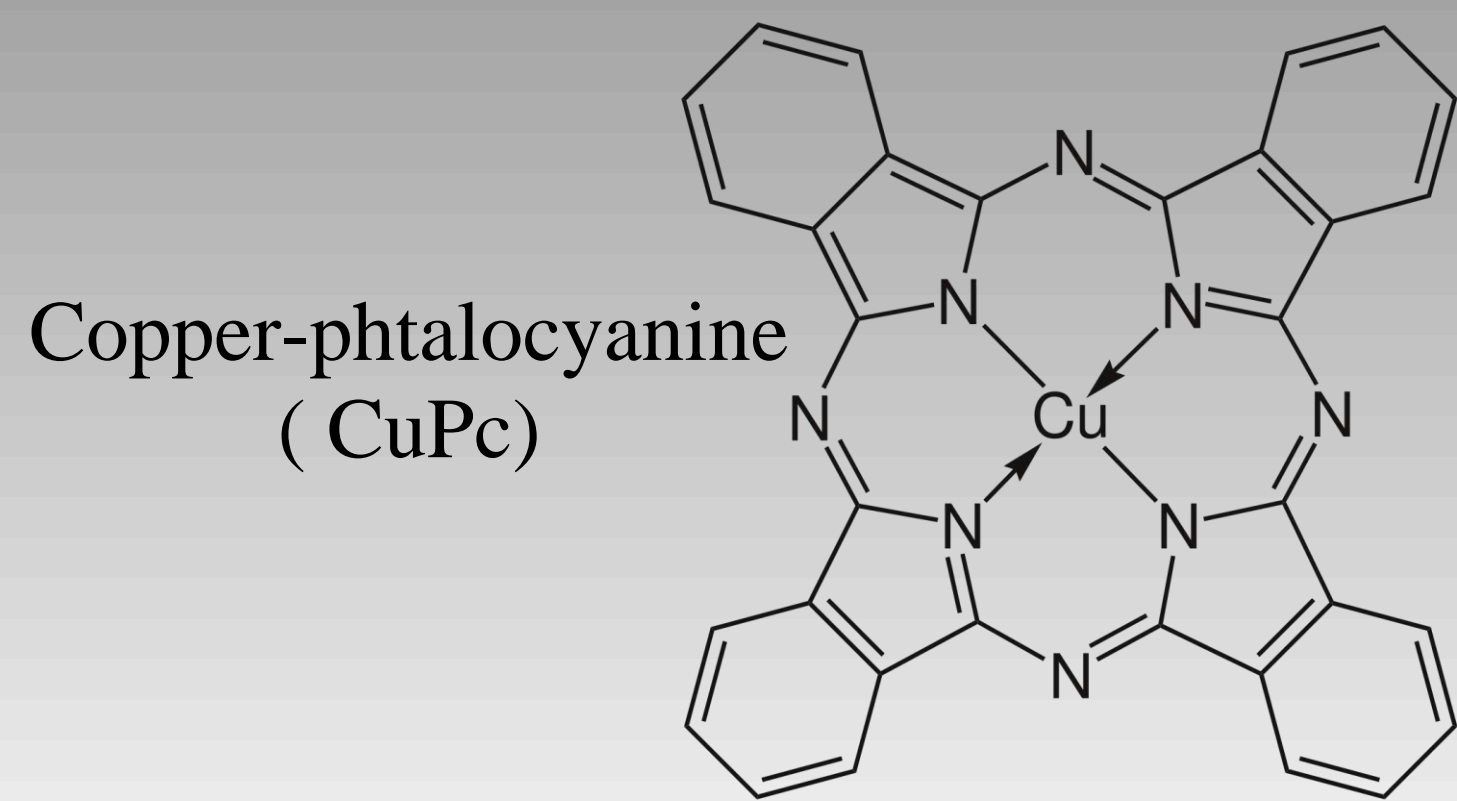
O₃: affect sensitive vegetation and ecosystems
NO₂: interact with water, oxygen and other chemicals in the atmosphere to form acid rain

Scientific challenge

Development of a new generation of micro-sensors with high sensitivity and selectivity towards the targeted pollutant

Methods and Materials

What sensitive material?

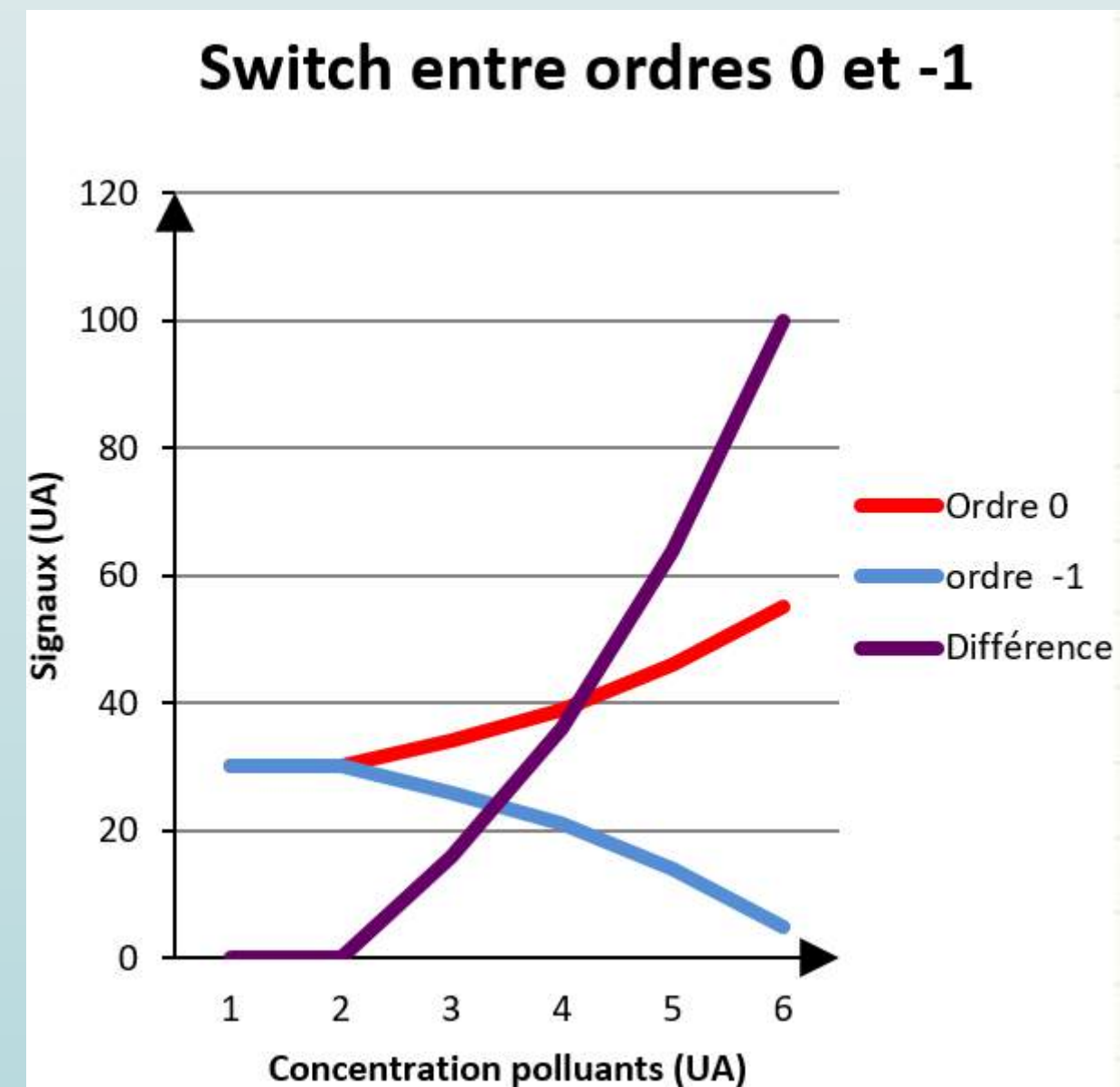
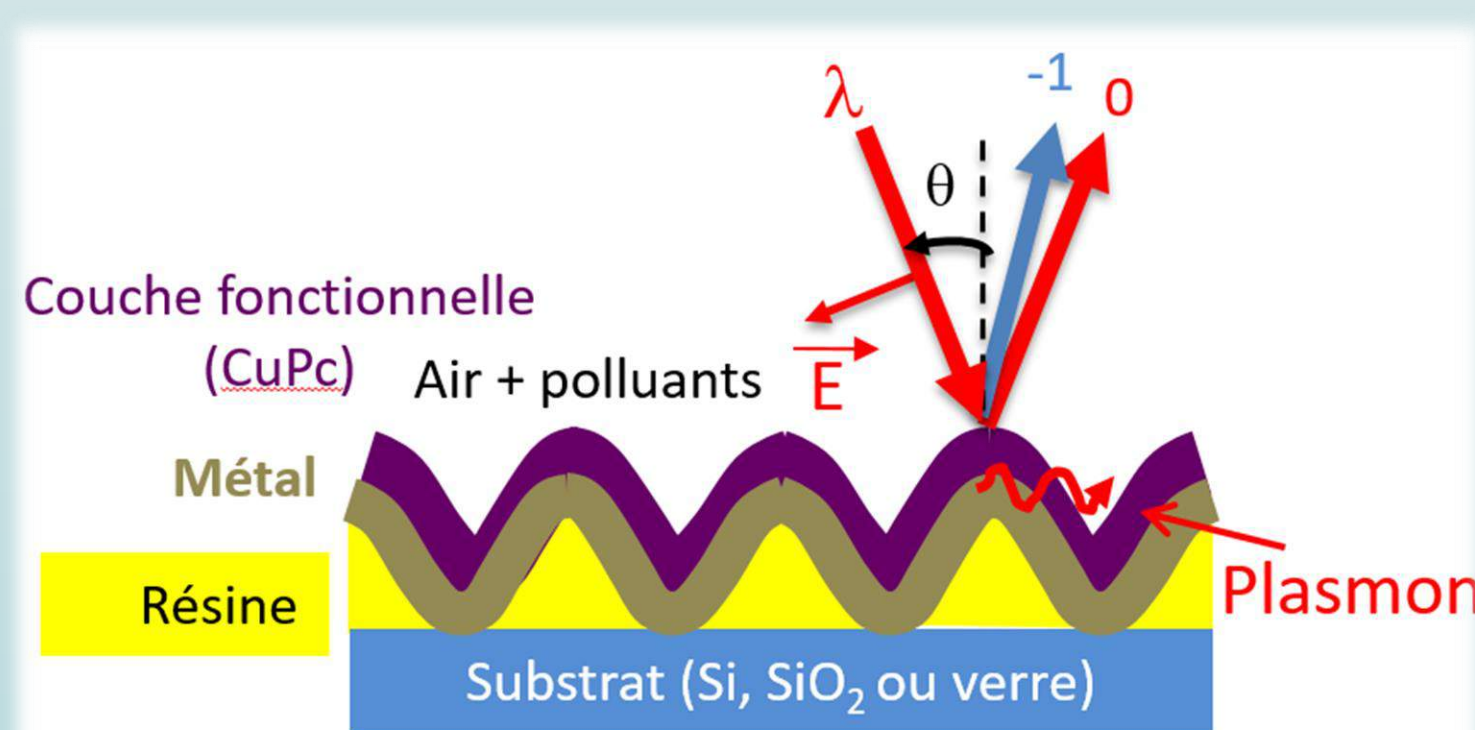


- High thermal and chemical stabilities, high reactivity with NO₂, O₃, Cl₂, ..., easy to produce thin films

Two methods of detection

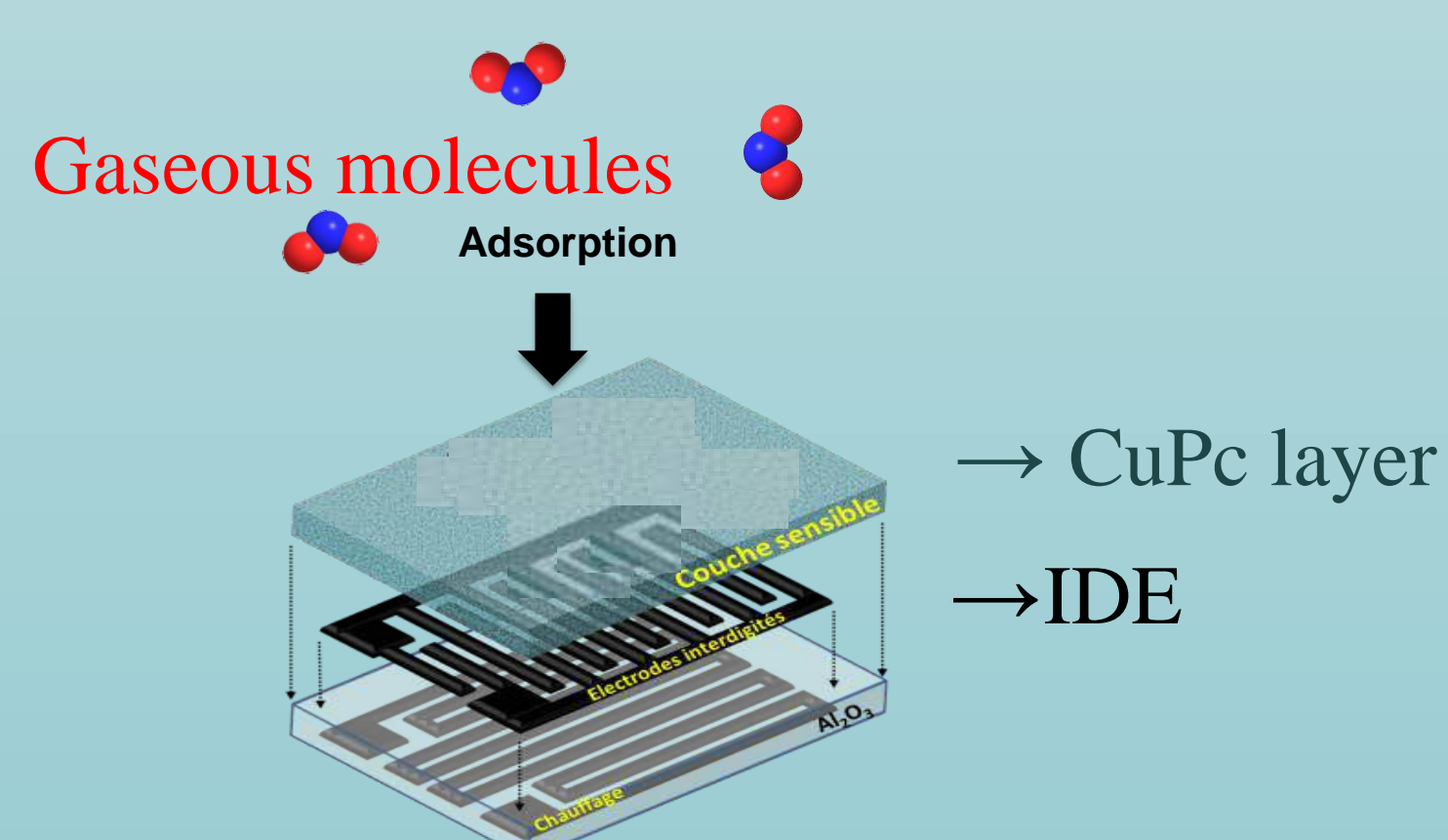
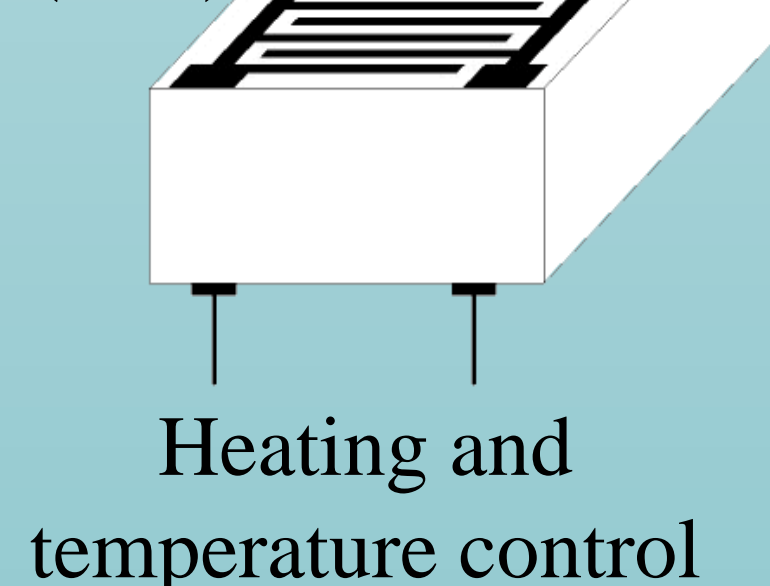
1- Optical Method (SPR-Sensor)

- Optical transducer with metallic diffraction grating allowing the propagation of plasmon modes, covered with functional layers selective to the targeted pollutants



2- Conductometric method

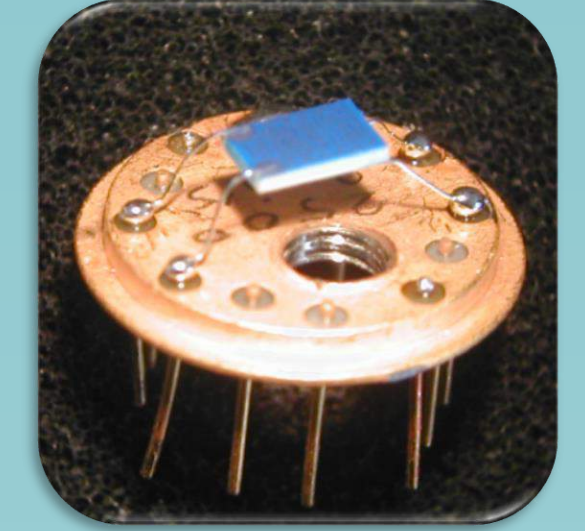
Pt interdigitated electrodes (IDE)



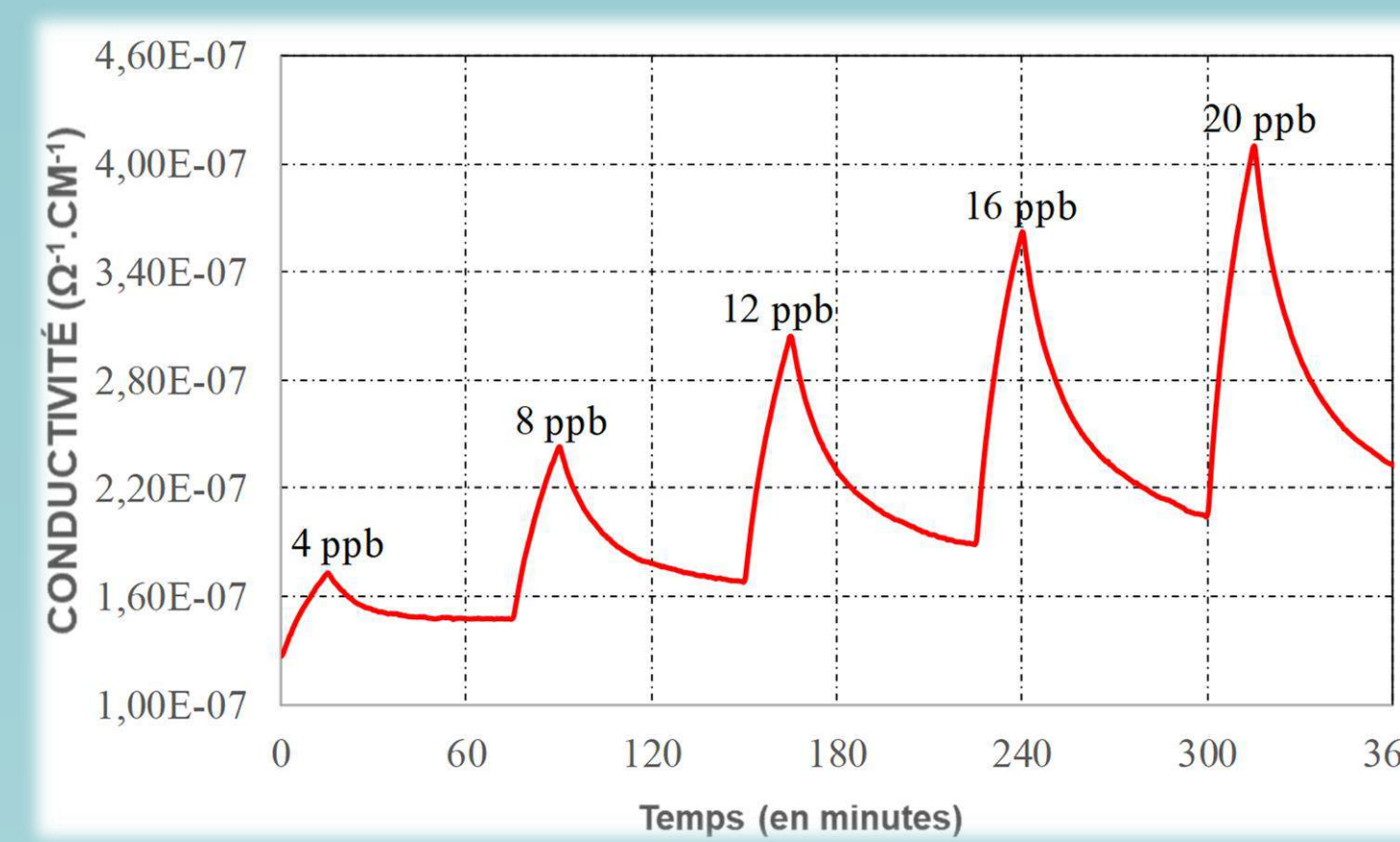
- Modulation of the electrical conductivity of the CuPc layer

First results

- Deposition of the sensitive layers on the alumina+IDE transducers by evaporation under secondary vacuum
- Calibration of the heating resistors for each sensor
- Soldering of the electrical contacts of the transducers with the characterization system
- Realization of conductometric tests under gas

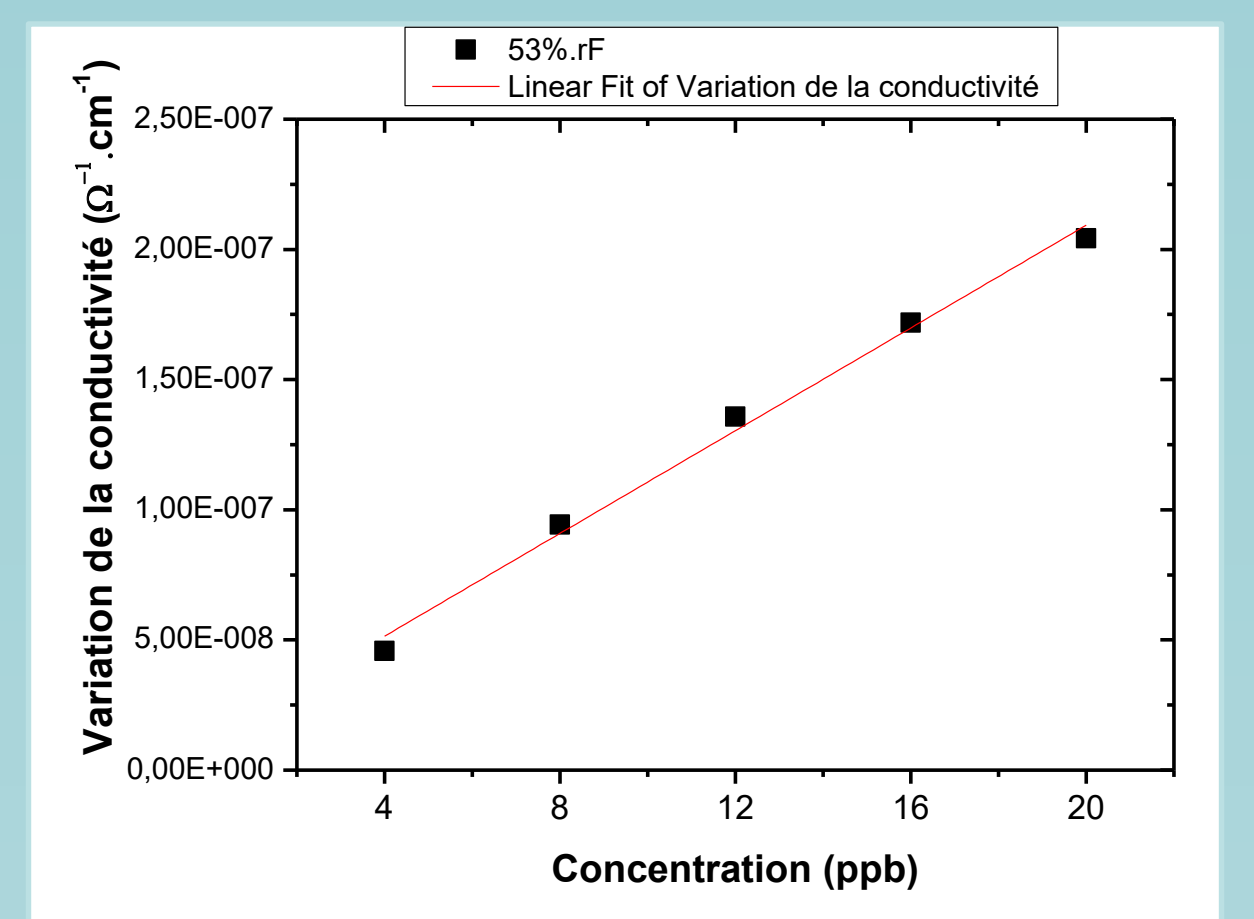


Sensor operating temperature @60°C

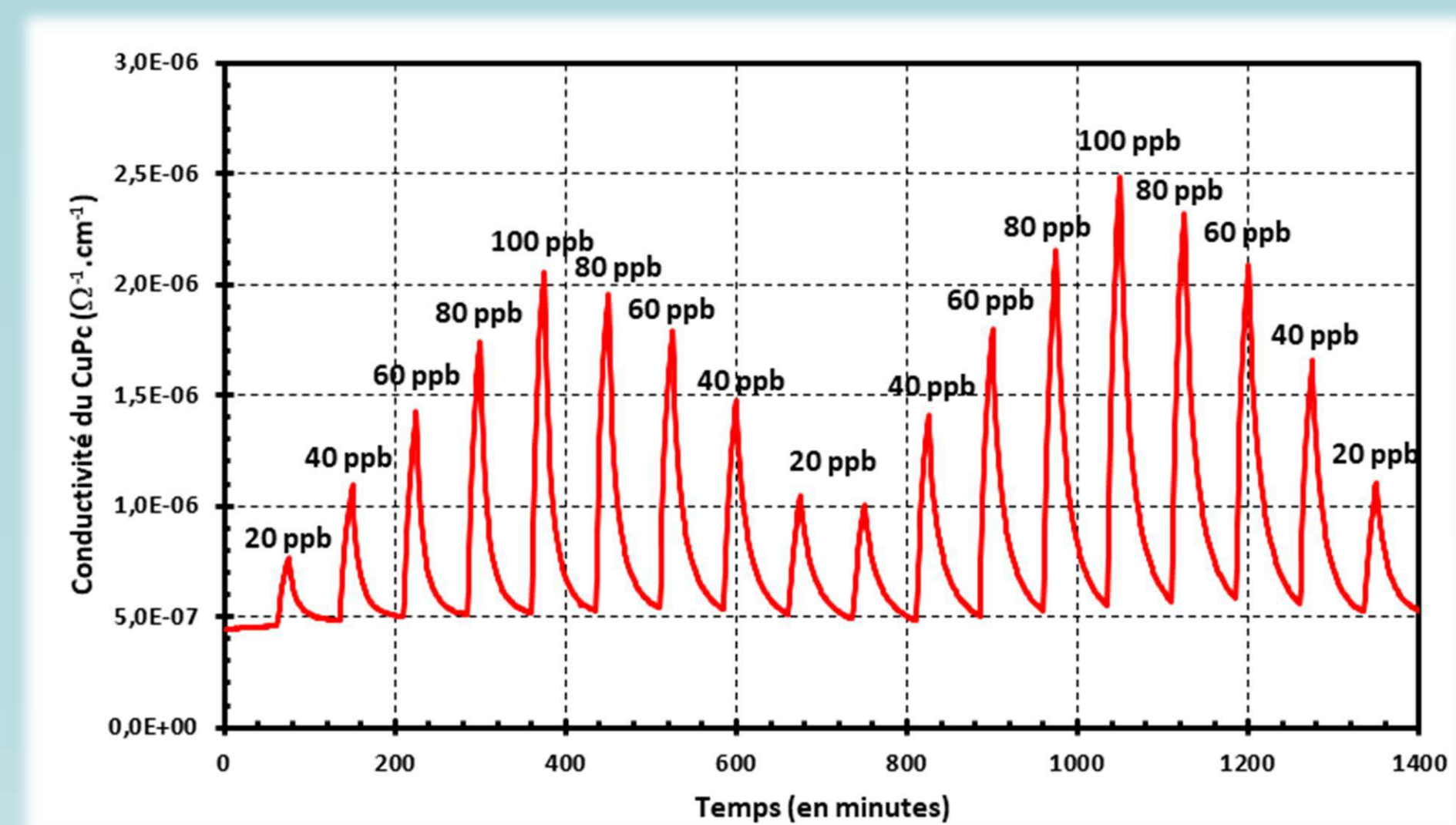


Conductivity measurement of copper phthalocyanine (CuPc) layer as a function of nitrogen dioxide concentration (4 - 20ppb)

- Adsorption of NO₂ molecules on CuPc surface
- Increase in electrical conductivity



Calibration curve of a copper phthalocyanine sensor



Good repeatability into the range 0-100ppb

Conclusions

Only the results for NO₂ exposures are presented here
Results confirm high sensitivity, good repeatability and reproductibility
Low threshold of detection (4ppb) and high resolution

Outlooks

Development of sensor including indigo as sensitive layer for ozone detection
Same results with the optical method (SPR-Sensor)

Acknowledgment

This research has been funded by the ANR (Agence Nationale de la Recherche) under the Captain project (ANR-18-CE04-0008-01)

All Collaborators :

Objectives

1. Study Gaussian Processes and its application in regression.
2. Mercer's theorem.
3. Karhunen-Loève expansion.
4. Construct the Gaussian Process with Classical Polynomial basis.
5. Simulation.

Introduction

- ▶ Gaussian Processes are widely used in different fields: Geostatistics, Robotics, Machine Learning...
- ▶ Gaussian Process Regression is an algorithm for function approximation based on symmetric, positive definite kernel (covariance function).
- ▶ Defining the covariance function is an active field of research.

Gaussian process prediction

- ▶ Consider a Gaussian Process $f(t) \sim \mathcal{GP}(\mathbf{0}, c(t, t'))$.
- ▶ Set of noisy observations $\mathcal{O} = (t_i, y_i)_{i=1}^n$ of f

$$y_i = f(t_i) + \tau_i, \quad \tau_i \sim \mathcal{N}(\mathbf{0}, \sigma^2). \quad (1)$$
- ▶ For any t_* , we predict

$$f(t_*) = \mathbb{E}(f(t_*) | \mathcal{O}, t_*) = \mathbf{k}(t_*)^T (\mathbf{K} + \sigma^2 \mathbf{I})^{-1} \mathbf{y}, \quad (2)$$
 where $\mathbf{k}(t_*) = [c(t_i, t_*)]_{i=1}^n$, and $\mathbf{K} = [c(t_i, t_j)]_{i,j=1}^n$ is the covariance matrix.

Operators based on covariance function

1. Integral operator

$$(\mathcal{I}g)(t) = \int c(t, t')g(t')dt' \quad (3)$$

2. Differential operator

$$(\mathcal{D}c)(t, t') = \delta(t - t') \quad (4)$$

Relationship: In some condition, (λ_j, ϕ_j) is eigenvalue and eigenfunction of \mathcal{I} if and only if $(\frac{1}{\lambda_j}, \phi_j)$ is eigenvalue and eigenfunction of \mathcal{D}

Example 1

Covariance function	Differential operator \mathcal{D}	$\frac{1}{\lambda_j}$	ϕ_j
Legendre	$-(1-t^2)\frac{d^2}{dt^2} + 2t\frac{d}{dt}$	$j(j+1)$	$\sqrt{\frac{2j+1}{2}}P_j(t)$
Laguerre	$t\frac{d^2}{dt^2} + (1-t)\frac{d}{dt}$	$-j$	$L_j(t)$
Hermite	$\frac{d^2}{dt^2} - 2t\frac{d}{dt}$	$-2j$	$\frac{1}{\sqrt{\sqrt{\pi}2^j j!}}H_j(t)$
Chebyshev	$(1-t^2)\frac{d^2}{dt^2} - t\frac{d}{dt}$	$-j^2$	$T_j(t)$
Martérn	$(-\frac{d^2}{dt^2} + \varepsilon I)^s$	$(\pi^2 j^2 + \varepsilon^2)^s$	$\sqrt{2} \sin(\pi j t)$
Gaussian	Heat operator	AB^j	$e^{-Ct^2} H_j(Dt)$

Table 1: Eigenvalues and eigenfunctions of Differential operators (A, B, C, D is constants).

Expansion of Gaussian Processes

Mercer's theorem: If $\{\lambda_j, \phi_j\}_{j=1}^{\infty}$ are eigenvalues and normalized eigenfunctions of \mathcal{I} then for almost every where

$$c(t, t') = \sum_{j=1}^{\infty} \lambda_j \phi_j(t) \phi_j(t'). \quad (5)$$

Karhunen-Loève expansion: The Gaussian process $f \sim \mathcal{GP}(\mathbf{0}, c(t, t'))$ can be decomposed as

$$f(t) = \sum_{j=1}^{\infty} \sqrt{\lambda_j} a_j \phi_j(t), \quad a_j \stackrel{\text{ind}}{\sim} \mathcal{N}(\mathbf{0}, \mathbf{1}). \quad (6)$$

- ▶ Apply the relationship, we can consider both integral operator or differential operator for c .

Approximation

- ▶ Using truncation $f_N = \sum_{j=1}^N \sqrt{\lambda_j} a_j \phi_j(t)$ in prediction.
- ▶ Approximate Square Root Density Functions (SRDF) use 21 data points.
- ▶ The prediction depend on N .

Example 2

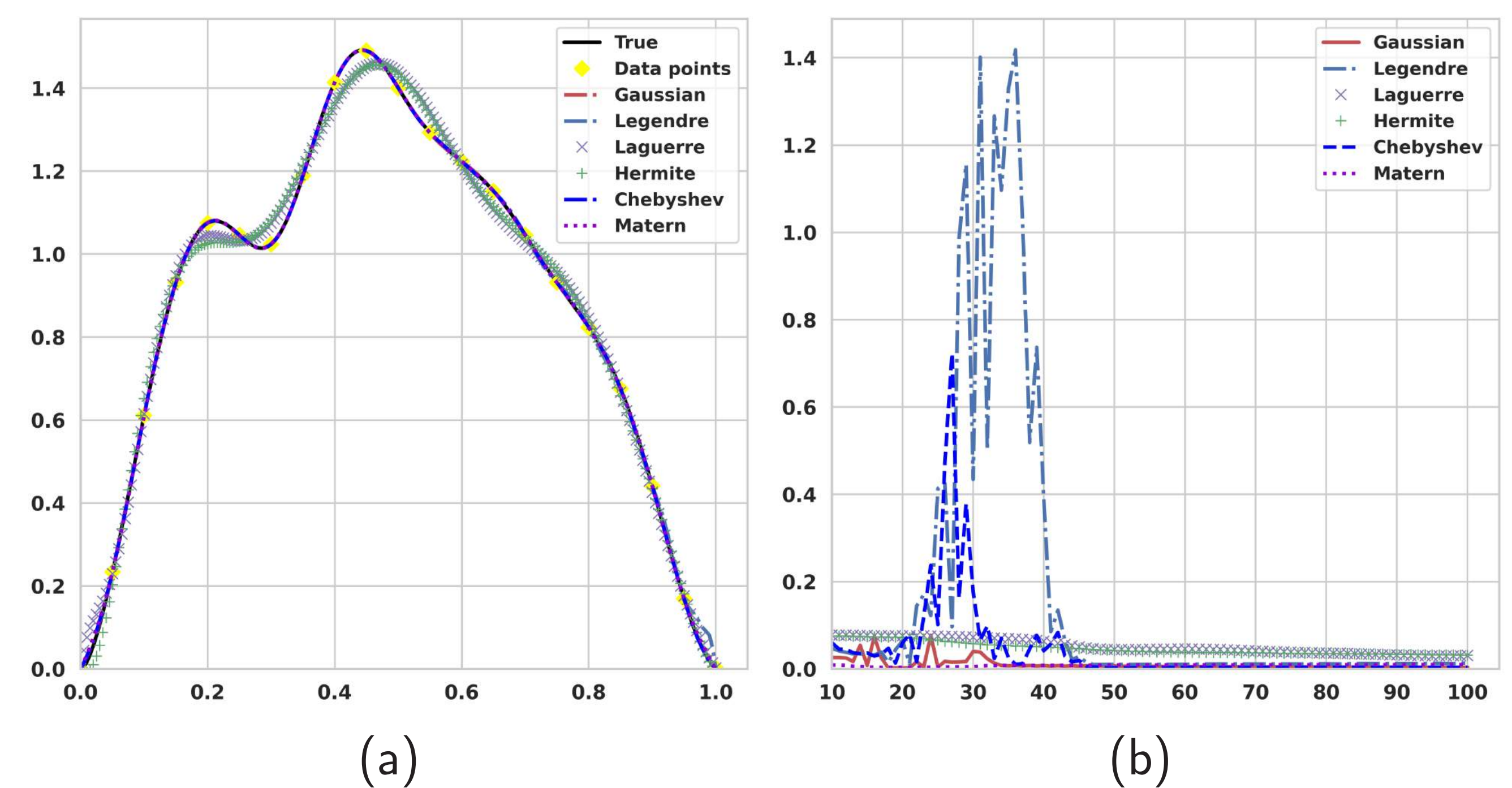


Figure 1: An example of a true SRDF and its approximations (a). The graphs of geodesic distances as a function of different truncation orders: $N = 10, \dots, 100$ (b).

Simulation

- ▶ Use 1200 SRDFs as true functions.
- ▶ Figure 2 (a) shows the boxplot of **Integrated Square Error (ISE)**.
- ▶ Figure 2 (b) shows the boxplot of **Geodesic Distance** between the true function and its approximation.

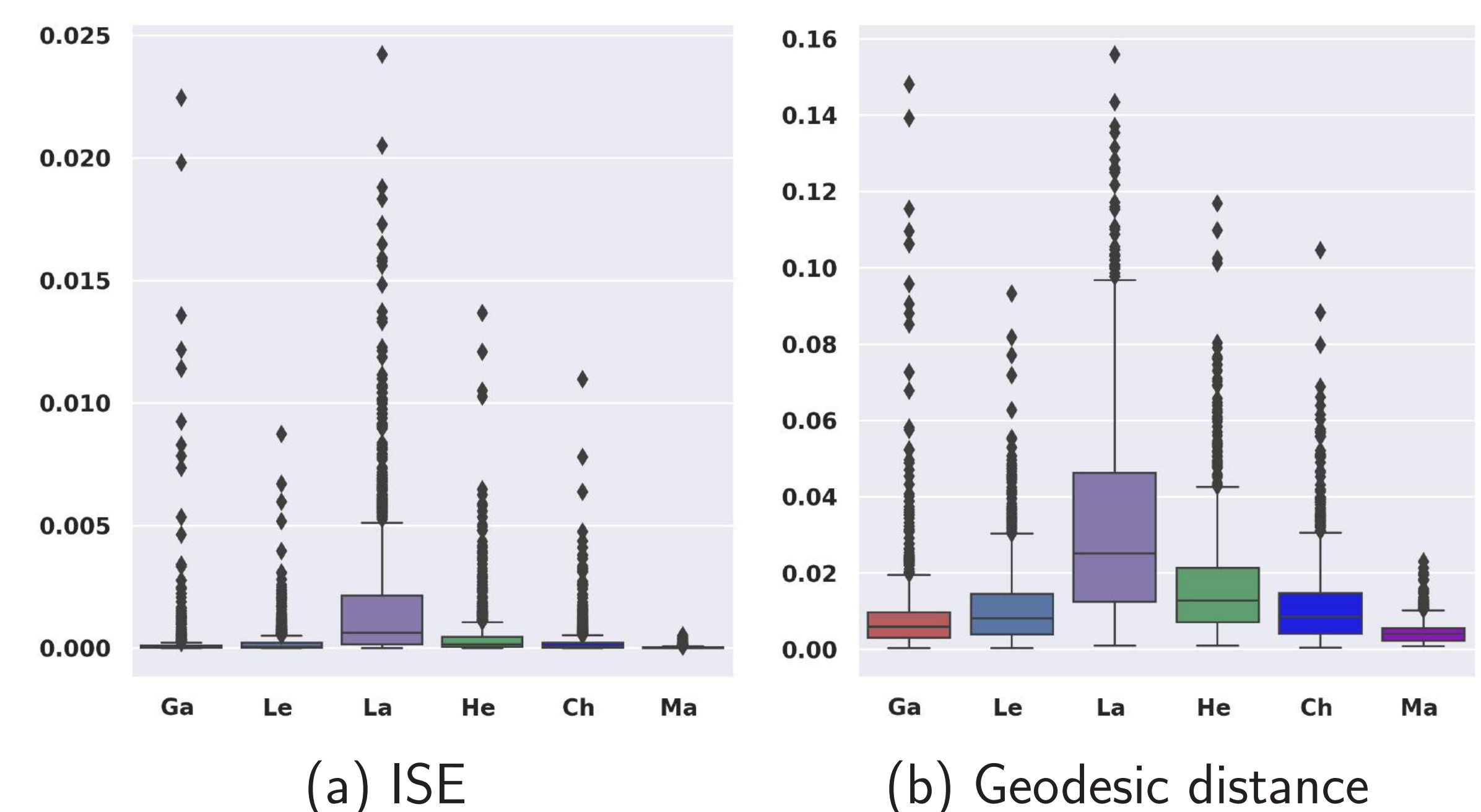


Figure 2: The boxplots of approximation errors: ISE (a) and the geodesic distance (b).

Conclusion

- ▶ Construct various Gaussian models.
- ▶ Apply in regression.
- ▶ The running time based on Polynomials are fast.

References

- [1] R. Cavoretto, G. Fasshauer, and M. McCourt. An introduction to the hilbert-schmidtsvd using iterated brownian bridge kernels. *Numerical Algorithms*, 2014.
- [2] C.E. Rasmussen and C. Williams. *Gaussian Processes for Machine Learning*. MIT Press, 2006.
- [3] A. Fradi, Y. Feunteun, C. Samir, M. Baklouti, F. Bachoc, and J-M. Loubes. Bayesian regression and classification using gaussian process priors indexed by probability density functions. *Information Sciences*, 548:56–68, 2021.

Acknowledgments

- ▶ I would like to thank my supervisor Chafik Samir.
- ▶ This thesis is funded by ANR.

Contexte

Comment représenter des éléments devant être mobilisés collectivement ?

Par exemple des équipes de personnes, un ensemble de ressources ou des livraisons simultanées.

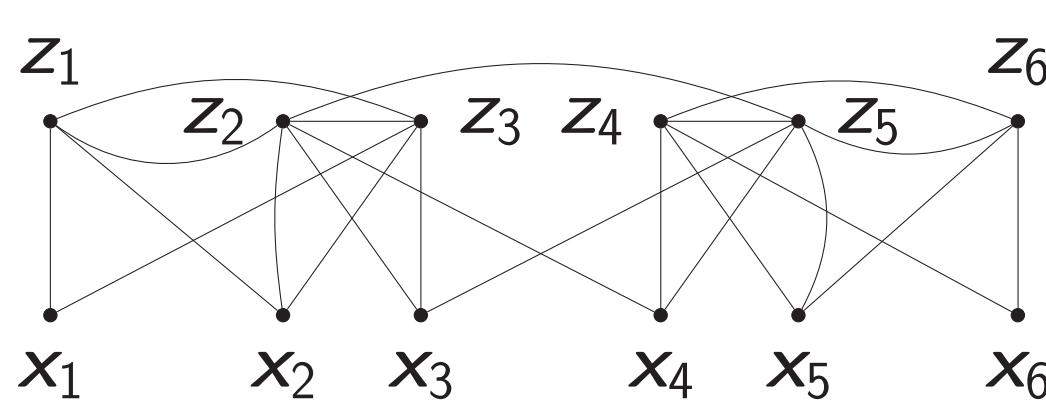
Pour assurer la couverture d'un réseau la réponse est : les obligations [1].

Indépendant dominant : le problème de la couverture d'un réseau

Soit un graphe noté $G = (V, E)$ (V représente ses sommets ou noeuds, et E ses arêtes ou liens). Une solution V' au problème de l'indépendant dominant doit être :

- ▶ indépendante : il n'existe pas d'arête entre deux sommets de V' ($\forall v_1, v_2 \in V', v_1 v_2 \notin E$) ;
- ▶ dominante : tous les sommets de G sont dans V' ou partagent une arête avec au moins l'un d'eux ($V' \cup N(V') = V$).

Un graphe contient toujours au moins un indépendant dominant.

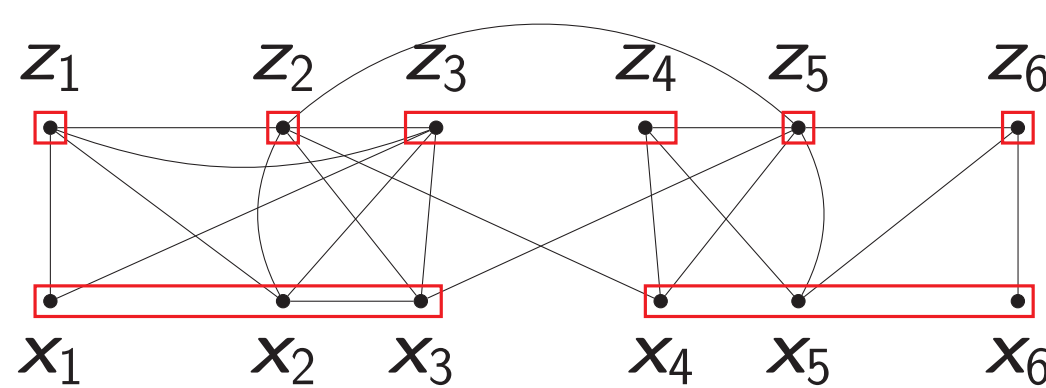


Soit $V' = \{x_1, \dots, x_6\}$. V' est indépendant, aucune arête ne lie deux sommets x_i entre eux. V' est dominant, chaque sommet x_i y appartient et chaque sommet z_i a au moins un voisin x_i . V' est une solution.

Indépendant dominant avec obligations

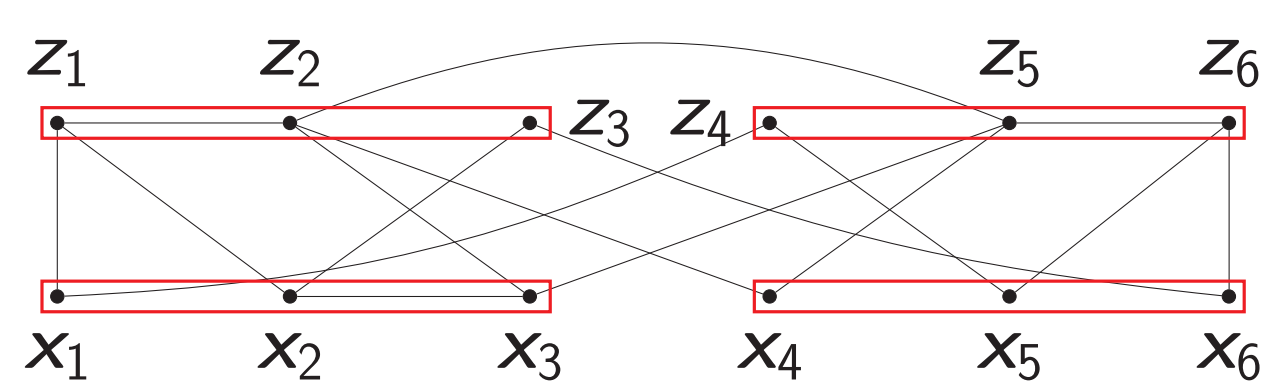
Soit un graphe $G = (V, E)$ et un ensemble d'obligations formant une partition des sommets $\Pi = \{V_1, \dots, V_l\}$. Une solution V' au problème de l'indépendant dominant avec obligations doit :

- ▶ être une solution pour le problème de l'indépendant dominant (i.e., être indépendante et dominante) ;
- ▶ respecter les obligations : soit tous les sommets d'une obligation appartiennent à V' soit aucun ($\forall V_i \in \Pi, V_i \cap V' \neq \emptyset \implies V_i \subseteq V'$).



Dans l'instance ci-dessus, il y a deux obligations de taille 3, une obligation de taille 2 et quatre obligations de taille 1. Soit $V' = \{z_3, z_4, z_6\}$. V' est indépendant et dominant. V' respecte les obligations, pour chaque obligation soit tous ses sommets appartiennent à V' soit aucun.

Mais un graphe ne contient pas toujours un indépendant dominant respectant les obligations.



En respectant les obligations, seuls les sommets x_4, x_5 et x_6 peuvent appartenir à une solution sans violer la contrainte d'indépendance. Cependant ils ne permettent de dominer ni z_1 ni x_1, x_2 et x_3 .

Objectif : Déterminer si une instance admet un sous-ensemble de sommets indépendants, dominants et respectant les obligations pour une topologie de graphe donnée et des propriétés sur les obligations.

Propriétés sur les obligations

Nous considérons deux propriétés : la stabilité et l'équilibre.

Une obligation est **stable** (ou indépendante) si aucune arête ne lie deux sommets de cette obligation.

Une solution indépendante, dominante et respectant les obligations ne peut contenir que des obligations stables.

Des obligations sont **équilibrées** si toutes les obligations contiennent exactement le même nombre de sommets.

Si toutes les obligations d'une instance contiennent trois sommets, elles sont dites **3-équilibrées**. C'est le cas pour l'instance précédente.

Résultats de complexité

Classons les problèmes en deux classes : \mathcal{P} (polynomiale) et \mathcal{NPC} (\mathcal{NP} -complet). Un problème \mathcal{P} admet l'existence d'un algorithme efficace, un algorithme dont le temps d'exécution dépend d'un polynôme en la taille de l'instance (par exemple $|V|^2$ secondes). Au contraire, un problème \mathcal{NPC} n'admet que des résolutions dont le temps d'exécution est exponentiel (par exemple $2^{|V|}$ secondes). L'objet de l'étude est ainsi de distinguer les cas solubles efficacement (\mathcal{P}) des cas difficiles (\mathcal{NPC}).

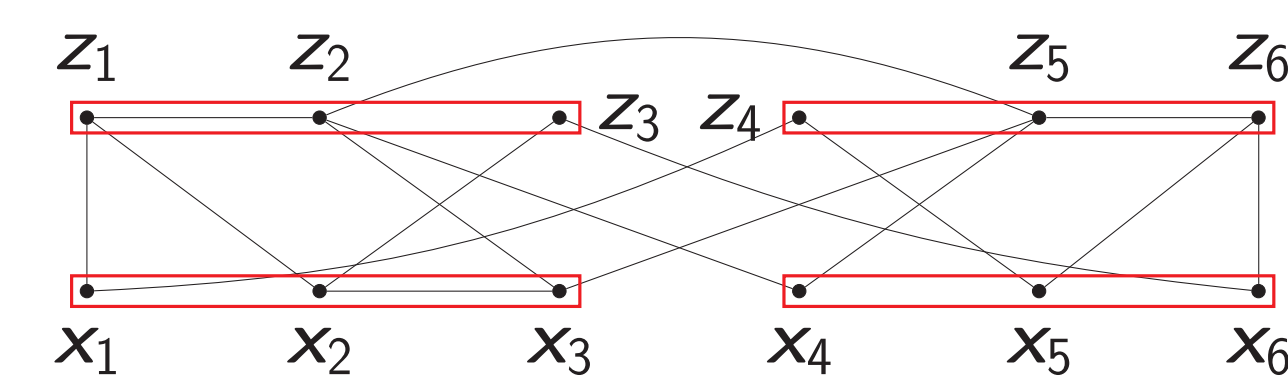
Graphe	Obligations	Complexité
Chemin	Stables + λ -équilibrées ($\lambda \geq 2$)	\mathcal{NPC}
Diamètre 3	Stables + λ -équilibrées ($\lambda \geq 2$)	\mathcal{NPC}
Quelconque	Stables + λ -équilibrées ($\lambda * \#o = V , V > \#o \geq \sqrt{n}$)	\mathcal{NPC}
Quelconque	Stables + λ -équilibrées ($\lambda * \#o = V , c < \#o \leq \sqrt{n}$)	\mathcal{NPC}

Table 1: Synthèse des résultats, avec $\#o$ le nombre d'obligations, et c une constante.

Le chemin est l'une des topologies les plus simples. Il s'agit schématiquement d'une ligne droite où chaque sommet n'est lié qu'à un précédent et un suivant. Même dans ce cas restreint, le problème s'avère difficile.

Indépendant Partiellement Dominant avec obligations

Déterminer l'existence d'un indépendant dominant respectant les obligations est un problème \mathcal{NPC} , même dans des topologies très restrictives comme les chemins. Est-il possible de déterminer à moindre coût s'il existe une solution qui domine au moins une proportion des sommets ? Relâchons la contrainte de la domination de l'ensemble des sommets.



En respectant les obligations, seuls les sommets x_4, x_5 et x_6 peuvent appartenir à une solution sans violer la contrainte d'indépendance. Soit $V' = \{x_4, x_5, x_6\}$. V' est désormais une solution au problème de l'indépendant partiellement dominant avec obligations. V' respecte les obligations. V' s'auto-domine et permet de dominer les sommets z_2, z_3, z_4, z_5 et z_6 . V' est une solution permettant de dominer 8 sommets.

Objectif : Déterminer si une instance admet un sous-ensemble de sommets indépendants, dominants au moins x sommets dans le graphe et respectant les obligations pour une topologie de graphe donnée et des propriétés sur les obligations.

Résultats de complexité

Graphe	Obligation	Nombre de dominés	Complexité
Collection de chemins	Stable	$3\sqrt{ V } - 2$	\mathcal{NPC}
Quelconque	Stable	$2\sqrt{ V } - 1$	\mathcal{P}

Le nombre de sommets pouvant être efficacement dominés est relativement faible et ne peut être amélioré au plus que d'un facteur $3/2$.

L'ensemble des résultats présentés ont fait l'objet d'un article [2].

References

- [1] Alexis Cornet and Christian Laforest.
Graph problems with obligations.
In *Conference COCOA*, volume (LNCS) 11346, pages 183–197, 2018.
- [2] Christian Laforest and Timothée Martinod.
On the complexity of independent dominating set with obligations in graphs.
Theoretical Computer Science, 2021.

Financement

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme "Investissements d'Avenir" dans le cadre du Laboratoire d'Excellence IMobS3 (ANR-10-LABX-0016) et de l'Initiative d'Excellence IDEX-ISITE CAP 20-25 (ANR-16-IDEX-0001).

Objectives

1. Understanding the influence of the pattern characteristics in order to propose patterns which are optimal for the DIC measurement.
2. Investigation a route to design a optimal pattern which consists in adapting to the sought displacement field and enhances the DIC metrological performance.

Introduction

- Digital Image Correlation (DIC) is a full-field measurement technique which has widely spread in the experimental mechanics.
- DIC aims at accessing the displacement field $\underline{u}^{\text{opti}}(\underline{x})$ that differentiates two images. For this purpose, a least squares approach on the field residual is introduced :

$$\lambda^{\text{opti}} = \arg \min_{\lambda^*} \int_{\Omega} [f(\underline{x}) - g(\underline{x} + \underline{u}(\underline{x}, \lambda^*))]^2 dx$$

$$\text{with } \underline{u}(\underline{x}, \lambda^*) = \sum_{j=1}^m \lambda_j^* \phi_j(\underline{x}).$$

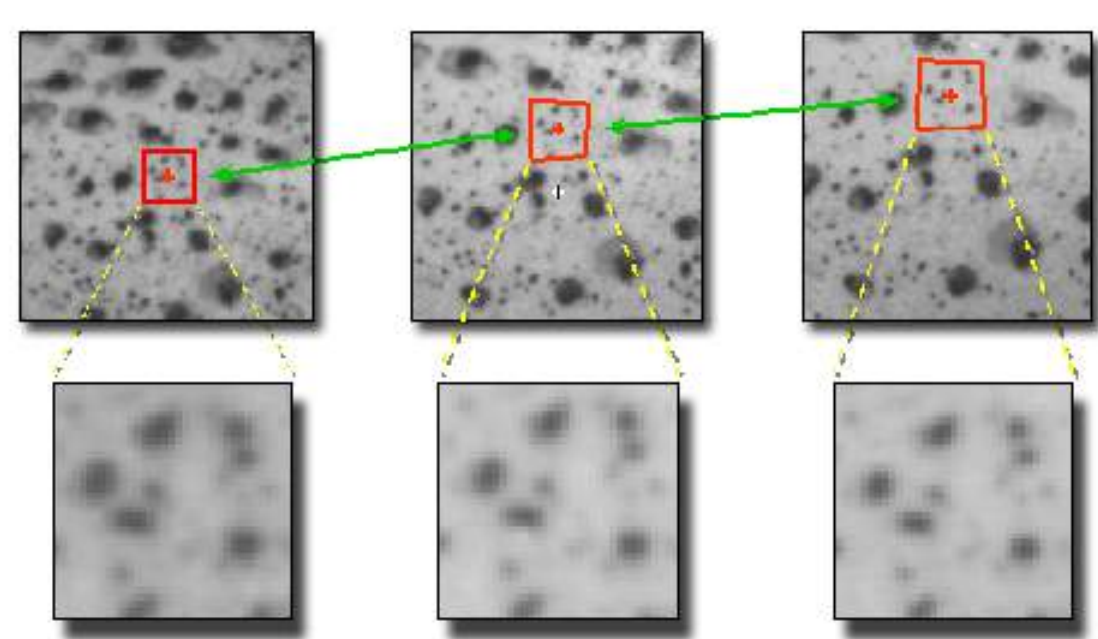


Figure: Principle of Digital Image Correlation

- Pattern characteristics on the errors impair displacement maps provided by DIC influence the DIC metrological performance.

Mathematical Section

- This minimization is usually performed by using a modified Gauss Newton algorithm. The tangent operator, also called correlation matrix, denoted here by M is defined such that:

$$\forall i, j \quad M_{ij} = \int_{\Omega} [\nabla f(\underline{x}) \cdot \phi_i(\underline{x}) \nabla f(\underline{x}) \cdot \phi_j(\underline{x})] dx. \quad (1)$$

The correlation matrix M featuring the best minimization descent is expected to feature the lowest noise sensor propagation[1].

- In the study [2], ensuring the collinearity between the image gradient ∇f and displacement \underline{u} minimizes the total error $\|\underline{u} - \hat{\underline{u}}\|$:

$$\|\underline{u} - \hat{\underline{u}}\| \approx \frac{1}{\cos \theta(\underline{u}, \nabla f)} \|\underline{u} - \hat{\underline{u}}\| \|\nabla f\| \quad (2)$$

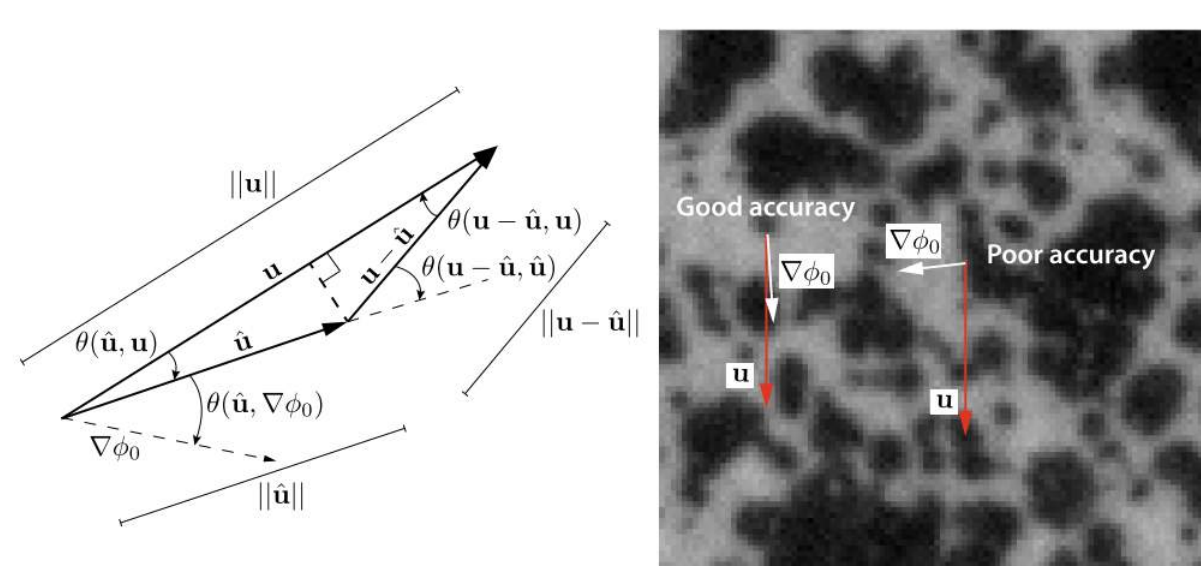


Figure: (left) Relationship between the true \underline{u} and estimated displacement $\hat{\underline{u}}$. (right) Two cases comparing the direction of displacement with that of the image gradients.

Methods

- An academic and particular case: an infinite holed plate in Figure 3(a): the analytical displacement given in [3] is used to elaborate the pattern.
- A method employed here by that proposed in [4]: Poisson image editing. This leads to the following variational problem:

$$\min_{I \in C^2(\mathcal{R})} \int_{\mathcal{R}} \|\nabla I - \underline{v}\|^2 dx \quad (3)$$

The procedure consists in searching for a function I and a given guidance vector field (normalized displacement) \underline{v} . The unique solution I satisfies the Euler-Lagrange equation associated to :

$$\Delta I = \text{div}(\underline{v}) \quad \text{with } \nabla I \cdot \underline{n} |_{\partial \mathcal{R}} = 0; \quad (4)$$

- A texture shall therefore be superimposed to this displacement taking account for the high-contrast while integrating the displacement.

Illustration

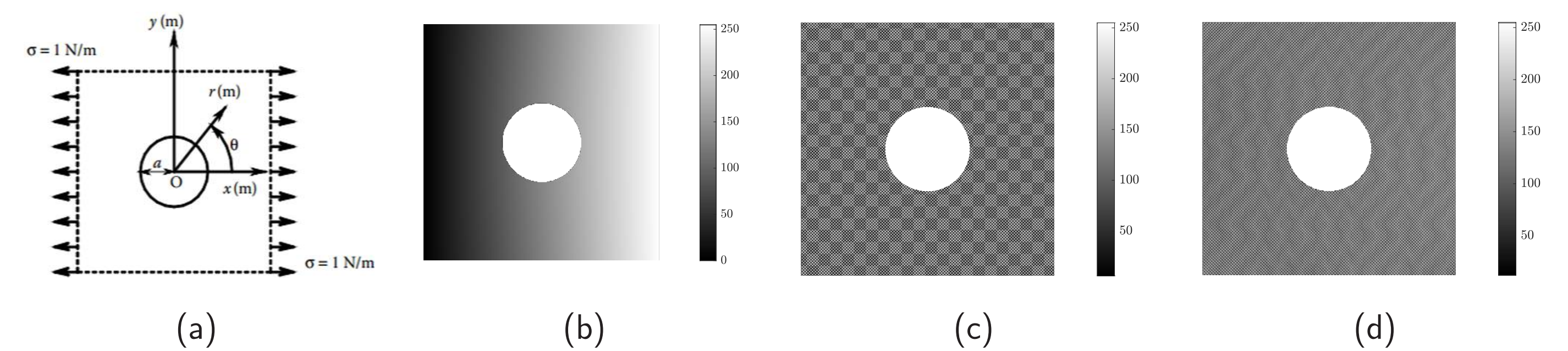


Figure: (a) Schematic view of the open-hole specimen under study; (b) Image I obtained by integrating the normalized displacement as the image gradient; (c) Example of a texture (Pattern #4) superimposed to this displacement for high-contrast; (d) Example of a pattern (Pattern #8) obtained by integrating the modulation of normalized displacement and a texture (Figure 3(c)).

Results

- The systematic error and the random error in [5] for the different patterns (Patterns #1 to #8), were evaluated.

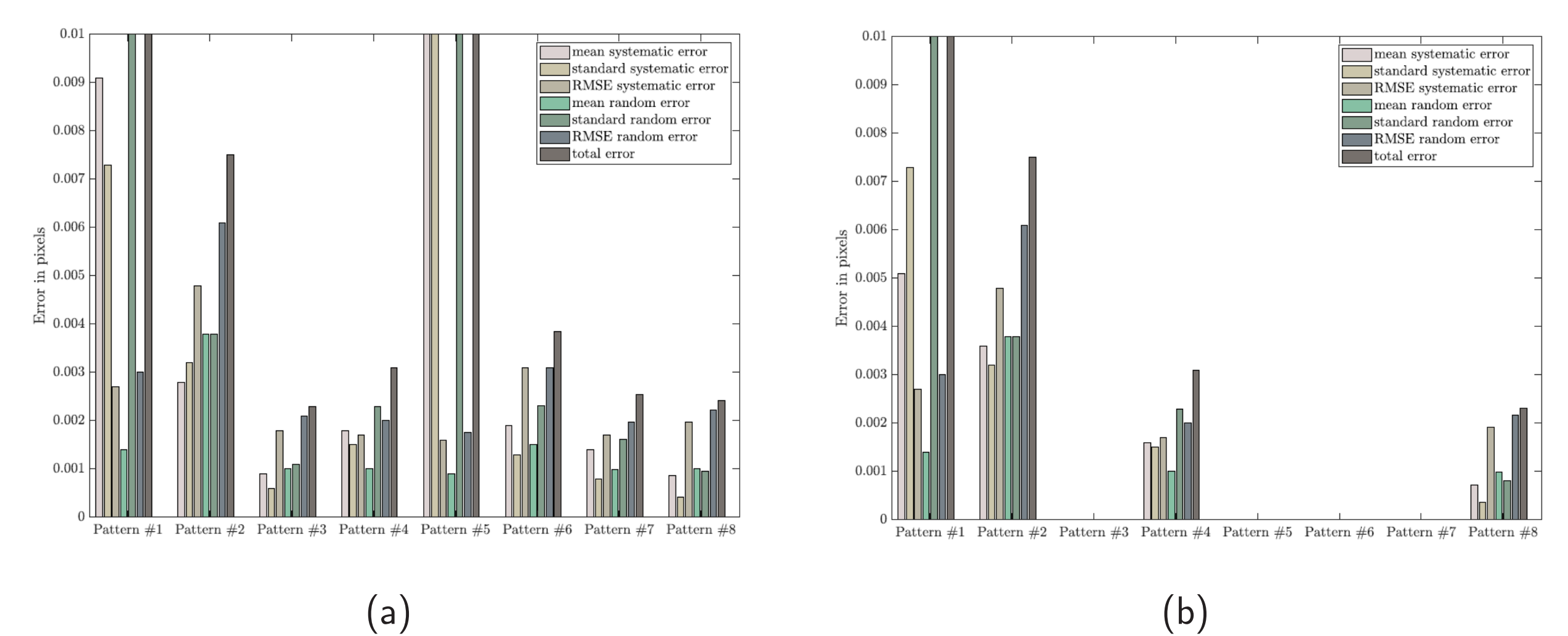


Figure: Spatial distribution of error for different patterns concerning: (a) small displacement; (b) large displacement.

Conclusion

- The technique "Poisson image editing" can be retrieved in definition a pattern which associated to a displacement. It is validated here with synthetic data and enhances the DIC metrological performance.
- This particular case gives an idea to render a pattern with an expected displacement in real life.
- Future studies will observe the quality of the displacement and strain fields obtained experimentally when using some of patterns discussed here.

References

- [1] B. Blaysat, M. Grédiac, F. Sur. Effect of interpolation on noise propagation from images to DIC displacement maps. *Int J Numer Methods Eng*, 108(3), 213-232, 2016
- [2] Lehoucq, R., Reu, P., Turner, D. The Effect of the ill-posed problem on quantitative error assessment in Digital Image Correlation. *Experimental Mechanics*, 61(3), 2017.
- [3] N.I. Muskhelishvili Some basic problems of the mathematical theory of elasticity. *Springer Science & Business Media*, 1954.
- [4] R. Fattal, D. Lischinsk and M.Werman. Gradient domain high dynamic range compression. *ACM Transaction on Graphics*, 21(3): 249-256, 2002.
- [5] S. Yong, Z. Qingchuan, X. Xiaohai, and G. Zeren. Quality assessment of speckle patterns for DIC by consideration of both systematic errors and random errors. *Opt Lasers Eng*, 86:132-142, 2016.

Acknowledgments

- The authors acknowledge support from the ANR JCJC. This work has also been sponsored by the French government research program "Investissements d'Avenir" through the IEDX-ISITE initiative 16-IDEX-001 (CAP 20-25) and the IMoS3 Laboratory of Excellence (ANR-10-LABX-16-01).