

Spécialité MAIN

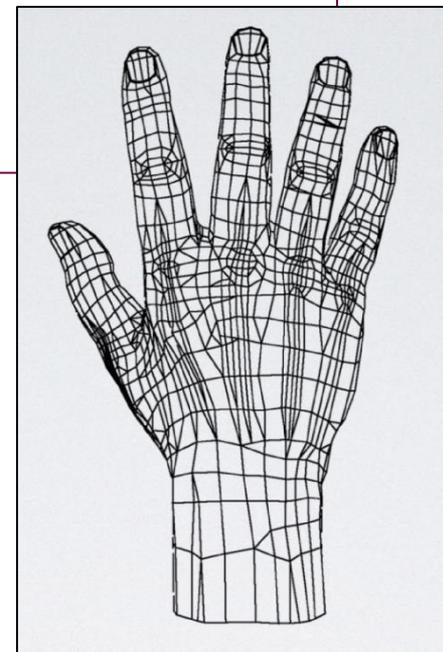
Mathématiques Appliquées et Informatique

Polytech Sorbonne

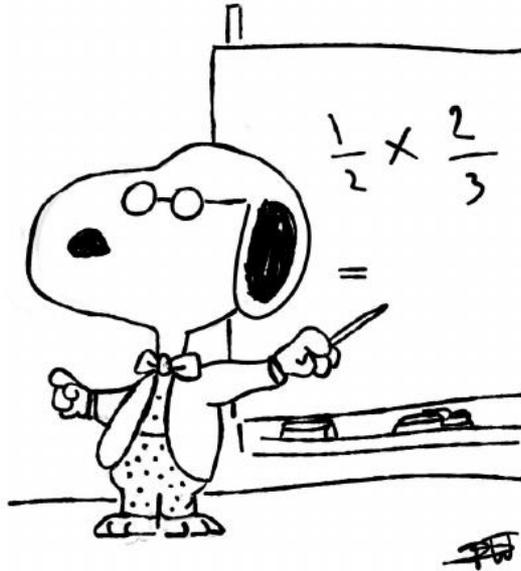
Xavier Tannier

responsable de la spécialité

xavier.tannier@sorbonne-universite.fr



Objectifs



“Nous avons besoin d’ingénieurs comprenant les modèles mathématiques des phénomènes et capables de les implémenter au mieux sur des machines de calcul intensif. Nous rencontrons de grandes difficultés à trouver ce type de profil.”

Michel Teysedre, IBM, 2012

Objectifs



“L’élaboration et l’utilisation de modèles numériques est au coeur du secteur énergétique et concerne directement les activités d’exploration, de développement et de production des hydrocarbures”

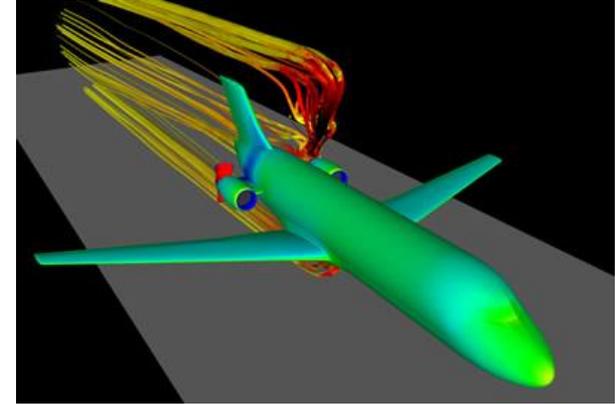
“(. . .) solides connaissances en informatique de manière à pouvoir maîtriser les phases de développement et d’intégration d’applications dans un matériel très contraint en ressources (...) il est essentiel que les ingénieurs R&D possèdent d’excellentes bases en algorithmique et mathématiques”



“Il y a toujours dans ce domaine un très fort besoin de fusion entre les métiers purs du ferroviaire, et les métiers de la simulation, du calcul numérique, et de l’informatique”

Calcul scientifique

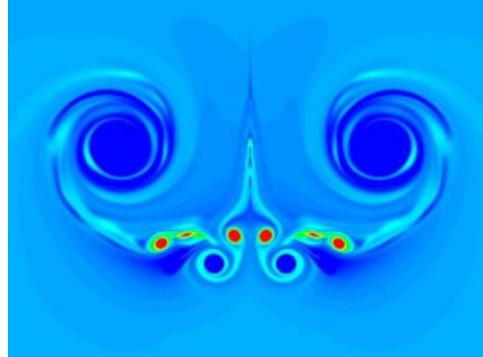
- Modélisation (formalisme mathématique)
- Étude mathématique (modèle bien posé ?)
- Analyse numérique
 - développement d'algorithmes
- Développement informatique
 - Tirer parti des progrès des technologies et de l'accessibilité des ressources de calcul (calcul parallèle, super ordinateur, GPU ...)
 - Notion de coût, complexité des algorithmes
- Visualisation , analyse des résultats



⇒ Besoin d'ingénieurs possédant une
double compétence en mathématique et informatique

Simulation numérique

- Expérimentation virtuelle (“In silicio”) ⇒ étudier le fonctionnement actuel et futur d’un phénomène, d’un système
- Très grande variété des domaines d’application : mécanique des structures/des fluides, sciences du climat, géologie, sciences des matériaux, astrophysique, physique théorique, chimie, biologie, médecine...



Simulation numérique des tourbillons de sillage d'un avion de transport (ONERA)

⇒ Besoin d'ingénieurs possédant une **double compétence en mathématique et informatique**

Cryptographie

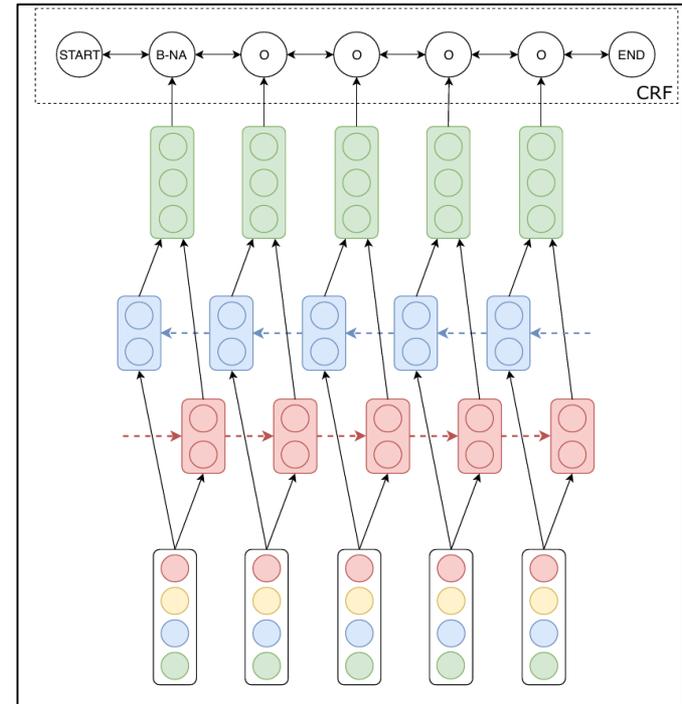
- Comment garantir la confidentialité, l'intégrité et l'authenticité des échanges à travers un canal non sécurisé ?
- Algorithmes à clé secrète, à clé publique, connaissance des principaux algorithmes
- Application dans le monde réel : attaques et parades



⇒ Besoin d'ingénieurs possédant une
double compétence en mathématique et informatique

Sciences des données, apprentissage

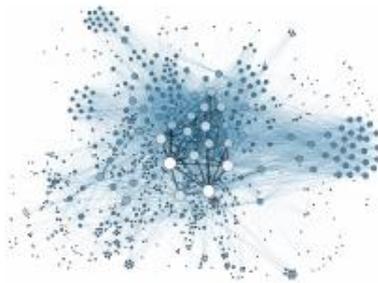
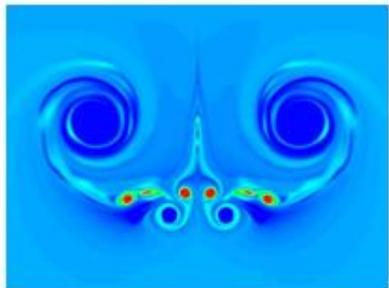
- Analyse statistique des données
- Modèles d'apprentissage supervisé, non supervisé
- Prétraitement des données, gestion du bruit, des données manquantes, des grands volumes
- Projets : analyse d'image, de texte, de données hétérogènes



⇒ Besoin d'ingénieurs possédant une
double compétence en mathématique et informatique

Ingénieur en mathématiques et informatique ?

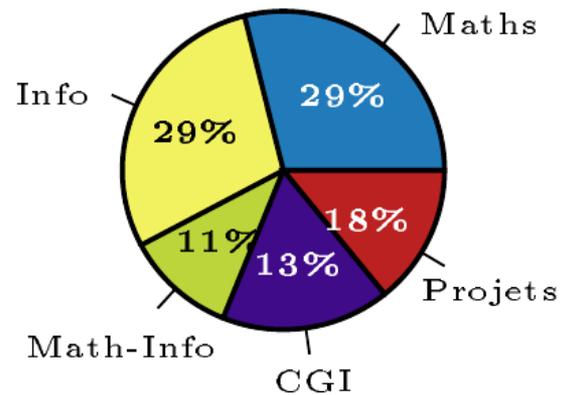
- Secteurs
 - Aéronautique, Transports, Energie, Géophysique, Services informatiques,
 - Santé, Biomédical, Sécurité, Embarqué, Spatial, Assurances
- Exemples de domaine
 - Calcul scientifique, calcul haute performance, cryptographie, sécurité informatique, science des données, apprentissage automatique, calcul embarqué, sûreté de fonctionnement, biostatistiques, traitement d'images...



Étudiants MAIN

- 24 places en MAIN 3
- Provenances :
 - PEIP A (entre 10 et 14 selon les années, entre 6 et 10 de SU)
 - Post-PACES
 - L2
 - CPGE
 - Étranger
- Entre 25 et 40 % de filles selon les promos

Au programme de MAIN



MAIN, année 3

Outils pour l'informatique
Informatique générale (C)
Algorithmique générale
Architecture des ordinateurs
Programmation système
Python
Fortran

Intégration
Analyse hilbertienne
Analyse numérique
Probabilités
Calcul différentiel
Systèmes non linéaires
Optimisation numérique
Processus stochastiques

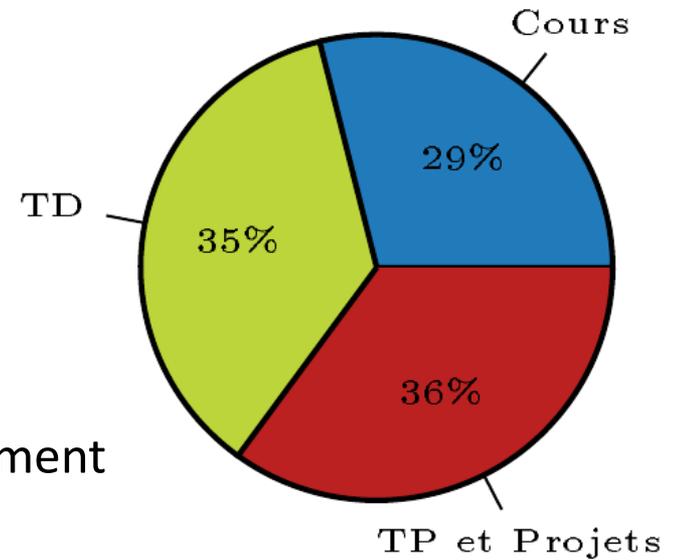
Projet de modélisation pluridisciplinaire
Projet d'initiation

4 gros projets sur 3 ans, + petits projets

Anglais
Entreprise et Management

Méthodes pédagogiques

- Projets
 - Projet de modélisation pluridisciplinaire
 - Projet d'initiation
 - Projet industriel
 - Projet final
 - ... et des projets dans les modules d'enseignement
- Pédagogie inversée
- Apprentissage par problème



Les stages

- Année 3
 - 4 semaines minimum
 - En entreprise
 - *Découverte de l'entreprise*
- Année 4
 - 8 semaines minimum
 - Entreprise ou laboratoire
 - *Contenu technique*
- Année 5
 - 24 semaines minimum
 - Entreprise ou laboratoire
 - Si stage année 5 en laboratoire : 14 semaines minimum en entreprise
 - *Une mission de niveau ingénieur*

Mobilité internationale + TOEIC

- 8 semaines minimum à l'étranger sur l'ensemble du cursus universitaire (sauf cas particuliers)
 - Stage
 - Semestre 9 (1^{er} semestre année 5)
- TOEIC : 785 minimum
 - en 4^{ème} ou 5^{ème} année
 - ou dans les deux années qui suivent la fin des études

Environnement

- Sorbonne Université
 - Laboratoire Jacques Louis-Lions (LJLL, UMR 7598)
 - Laboratoire d'Informatique de Paris 6 (LIP6, UMR 7606)
 - Laboratoire de Probabilités, Statistique et Modélisation (LPSM, UMR 8001)
 - Laboratoire d'Informatique Médicale et d'Ingénierie des Connaissances en e-Santé (LIMICS, UMRS 1142)

 - Institut des Sciences du Calcul et des Données (ISCD)
 - Sorbonne Center for Artificial Intelligence (SCAI)

 - Institut Carnot SMILES
 - Tremplin Carnot Interfaces



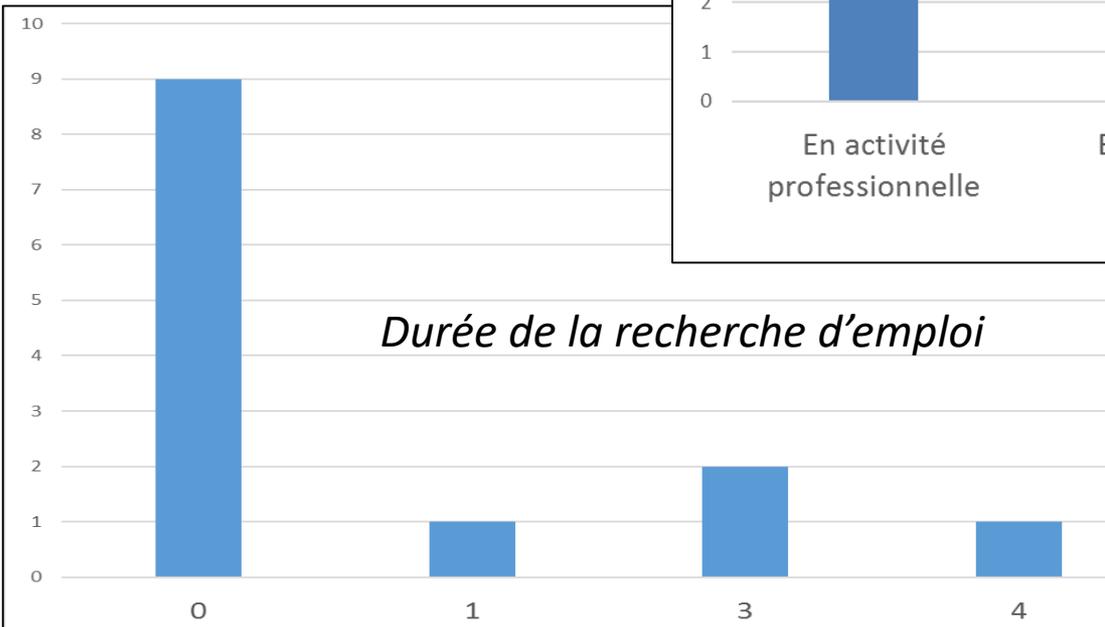
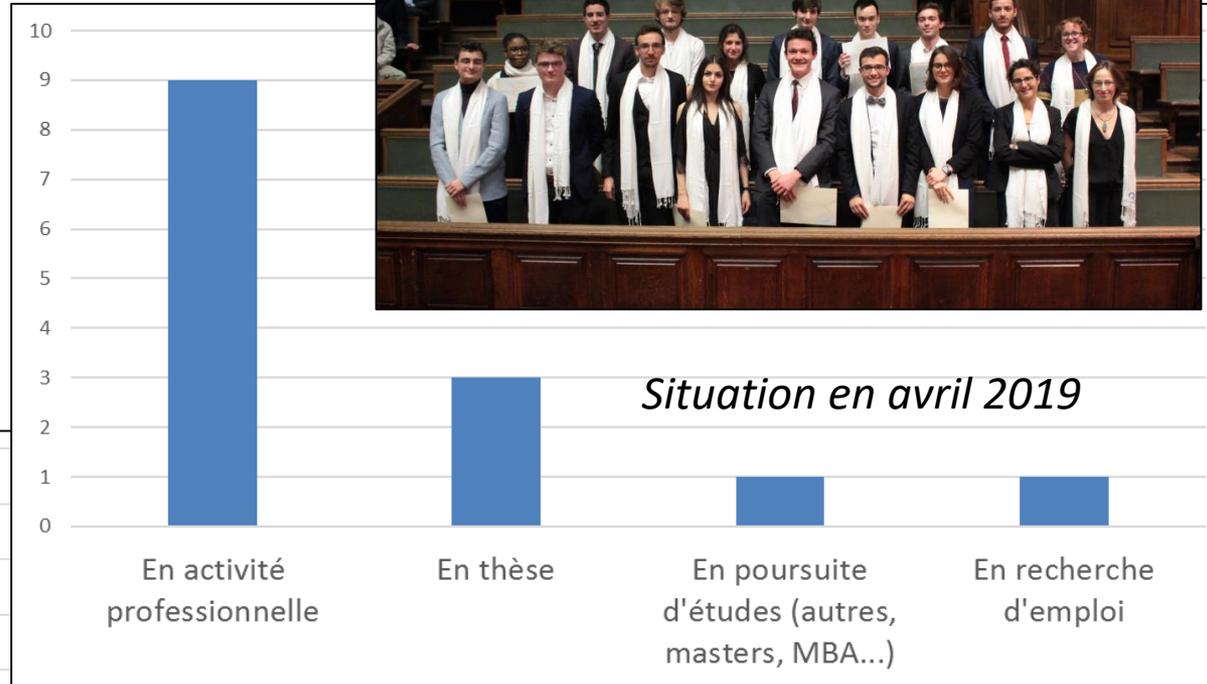
Environnement

- Relations avec le tissu industriel
 - Projets industriels (MAIN4) : L'Oréal, IPFEN, Coventor, Renault, CEA, IBM, Quantmetry, Air France, APHP...
 - Conférences : Renault, Airbus, CGG, Safety-Line, Oberthur, INRIA
 - Stages
 - Forum Emploi Maths
 - Atrium des métiers
 - Simulation d'entretiens



Vos prédécesseurs

- 1^{ère} promotion diplômée (2018)
14 étudiants



Salaire brut moyen à l'embauche :
39 000 €

Vos prédécesseurs

- Les métiers :
 - Consultant data scientist
 - Data Analyst
 - Data Scientist & Consultante
 - Data engineer
 - Risk Analyst
 - Consultant data scientist
 - Statisticien / Data Scientist
 - Développeur Blockchain
 - Earth observation
- Les entreprises :
 - Commission Européenne
 - IBM interactive
 - Meero
 - Deloitte
 - metriq
 - ALTEN
 - IBM
 - Stève Consultants
 - Sia Partners

Projets de modélisation

- De la Terre à la Lune à la voile
- Prévoir El Nino
- Comment savoir s'il va pleuvoir demain
- À la recherche des nouvelles espèces
- Les lois de la sélection naturelle
- Les planètes habitables
- La course de dominos
- La forme des montgolfières
- ...

Etude de la synchronisation d'un système de métronomes posés sur un support ayant un degré de liberté



Fadwa ALOZADE, David DANIELI, Lucas GAUDELET, Jean-Tupac QUIROGA

Equation de Van Der Pol

• Pour 1 métronome

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{m r_{cm} g}{I} \sin\theta + \left[\epsilon \left(\frac{\theta}{\theta_0} \right)^2 - 1 \right] \frac{d\theta}{dt} + \left(\frac{r_{cm} m \cos\theta}{I} \right) \frac{d^2x}{dt^2} = 0$$

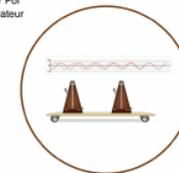
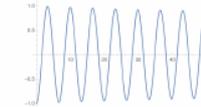
Mouvement du pendule Terme de Van der Pol Echappement du métronome Effet sur le mouvement de la base

• Pour un couple de métronomes

$$\begin{cases} \frac{d^2\theta_1}{dt^2} + (1 + \Delta)\sin\theta_1 + \mu \left(\frac{\theta_1}{\theta_0} \right)^2 - 1 \frac{d\theta_1}{dt} - \beta \cos\theta_1 \frac{d^2}{dt^2}(\sin\theta_1 + \sin\theta_2) = 0, \\ \frac{d^2\theta_2}{dt^2} + (1 - \Delta)\sin\theta_2 + \mu \left(\frac{\theta_2}{\theta_0} \right)^2 - 1 \frac{d\theta_2}{dt} - \beta \cos\theta_2 \frac{d^2}{dt^2}(\sin\theta_1 + \sin\theta_2) = 0. \end{cases}$$

Modélisation d'un seul métronome

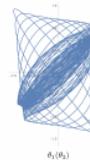
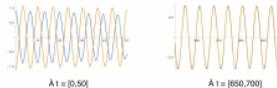
Pour un seul métronome, on utilise l'équation de Van der Pol pour 1 métronome (ci-dessus) qui correspond à un oscillateur harmonique :



Modélisation de 2 métronomes

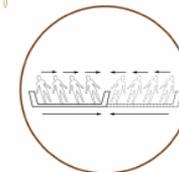
Pour 2 métronomes, on utilise le système d'équations de Van der Pol couplé (ci-dessus).

Représentation des différents θ :



θ_1, θ_2

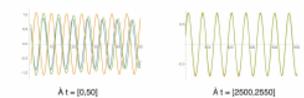
Différence de phase en fonction du temps



Modélisation de 3 métronomes

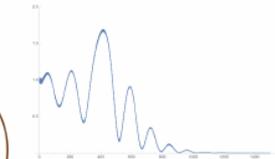
Pour 3 métronomes, on utilise un système de 3 équations de Van der Pol, itéré avec un autre angle d'oscillation.

Représentation des différents θ :

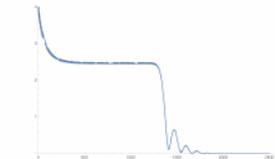


Cas particuliers

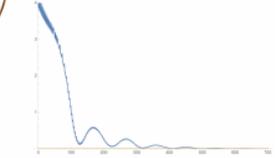
• Cas 1 : on prend 2 métronomes, l'un est lâché à $\Theta = \pi$, l'autre à 0 (il n'est donc pas lâché, il n'a pas d'oscillation initiale). On remarque que la différence de phase augmente un peu avant de diminuer et de tendre vers 0 (ils se synchronisent donc).



• Cas 2 : on prend 2 métronomes en opposition de phase. L'un est lâché à $\Theta = \pi$ et l'autre à $\Theta = -\pi$. On prend $\Delta = 10^{-3}$. On observe que la différence de phase est initialement constante et l'évolution est quasiment nulle, elle augmente par la suite à la sortie de l'antiphase beaucoup plus rapidement et tend vers 0. La position dans laquelle sont les métronomes initialement peut être caractérisée d'instable.



• Cas 3 : on prend 3 métronomes, 2 sont en phase, le dernier en antiphase. Les deux métronomes en phase sont lâchés à $\Theta = \pi$ et l'autre à $\Theta = -\pi$. On prend $\Delta = 10^{-3}$. On remarque une évolution similaire au cas 1, néanmoins cette synchronisation est plus rapide.



Projets d'initiation

Représentation et opérations sur des surfaces discrètes

Comment calculer de manière optimale la distance séparant deux maillages en trois dimensions de l'espace ?

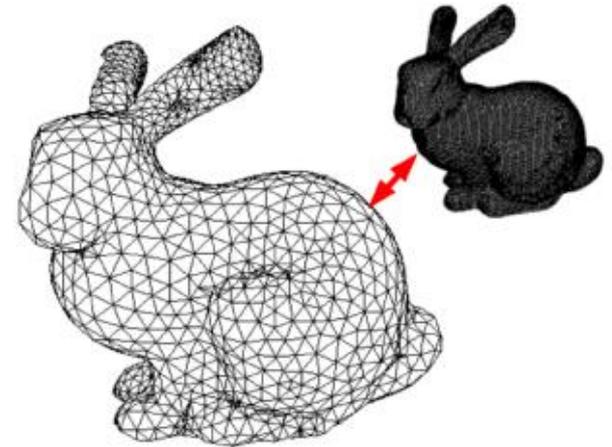


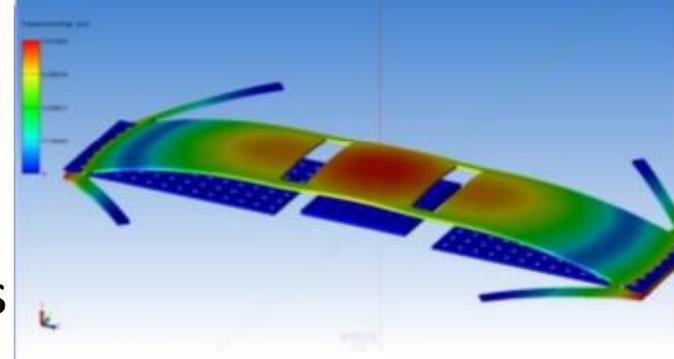
Table de billard, jeu de miroirs et modèle de gaz

Quelles propriétés aura **la trajectoire d'une boule de billard**, en fonction de la façon dont elle est lancée au départ mais aussi de la forme de la table ?

Le but est de traiter ce problème d'un point de vue numérique.

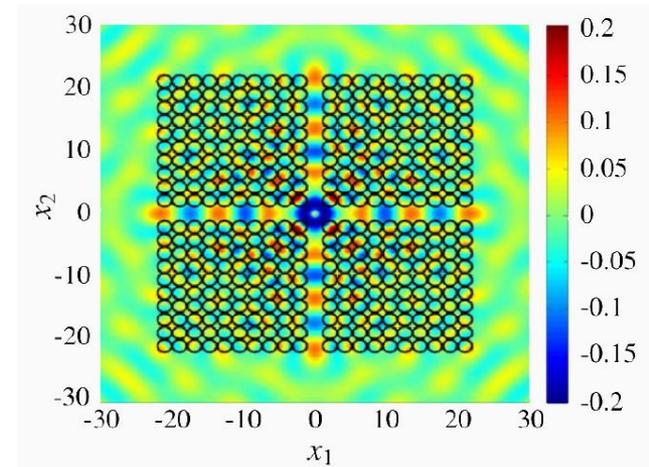
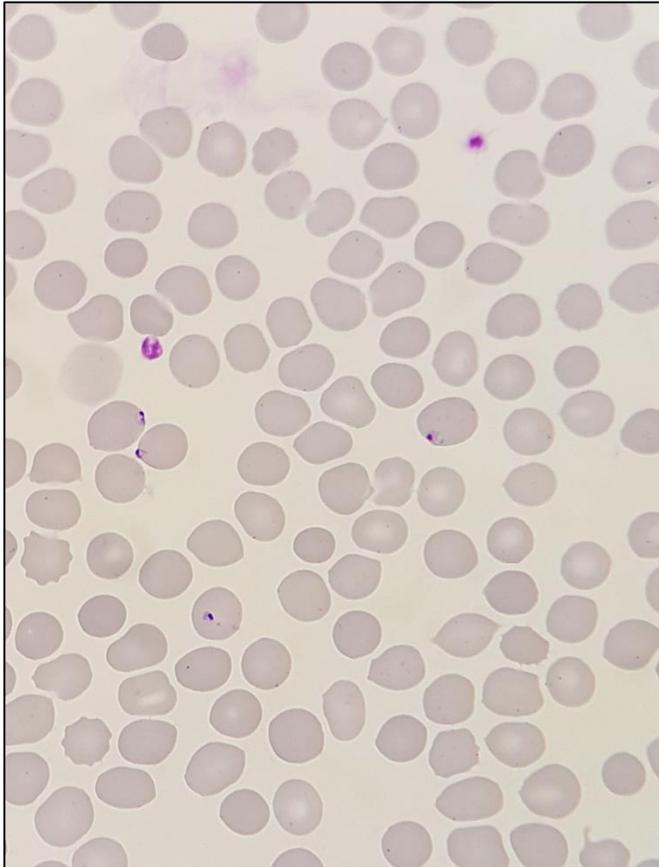
Projets industriels (année 4)

- Un coach sportif pour corriger les mouvements
- Optimisation de paramètres matériaux pour la modélisation de plaques perforées
- Analyser les questions des députés à l'Assemblée
- Classification d'événements observés depuis le nanosatellite Meteorix
- Compression de données appliquée au calcul d'aérodynamique véhicule
- Optimisation des plannings des pilotes
- Modélisation et simulation d'un réseau énergétique optimisé
- ...



Projets années 5

Diffraction multiple par des disques



Détection du paludisme sur les frottis sanguins (comptage des globules rouges infectés)

Projets années 5

Analyse des questionnaires patients à l'APHP

me suis fais engueuler parce que une medecin d'un autre hopital m'avit cosneille de venir ches vous parce que c'était spécialisé poru les personnes agées alor sque nous avons eu une première consurltation à G Roussy. Je n'aurai pas du suivre leur sonseiletc.. d'ou mon effondrement et mes pleurs alors que la situation de ma manman est déjà bien compliquée.

Blockchain et réalité virtuelle

