

Étude sur l'impact socio-économique des mathématiques en France



Cédric Villani lors de la conférence de presse pour la restitution (27 mai 2015) qui eut lieu au Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

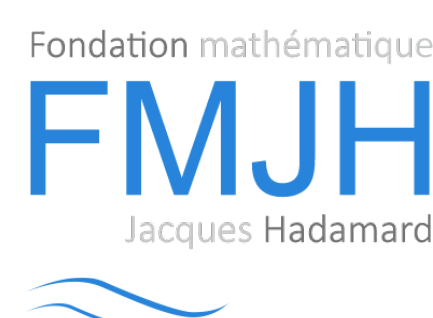
Objectifs

- Mesurer l'impact socio-économique, direct et indirect, des mathématiques en France
 - Analyser les liens entre entreprises et expertises en mathématiques
 - Préciser les domaines thématiques et les outils qui devraient être développés pour une meilleure synergie
 - Comparaison avec les études similaires menées au Royaume-Uni (2012) et aux Pays-Bas (2014)
- ➤ À noter que d'autres études sont en cours ou en projet en Espagne, en Italie et en Allemagne

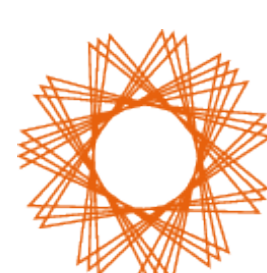
Le commanditaire :



En partenariat avec les fondations :



En association avec les labex :



Avec le soutien des sociétés savantes :



Réalisée par :



#eisem2015



eisem2015



Une recherche d'excellence

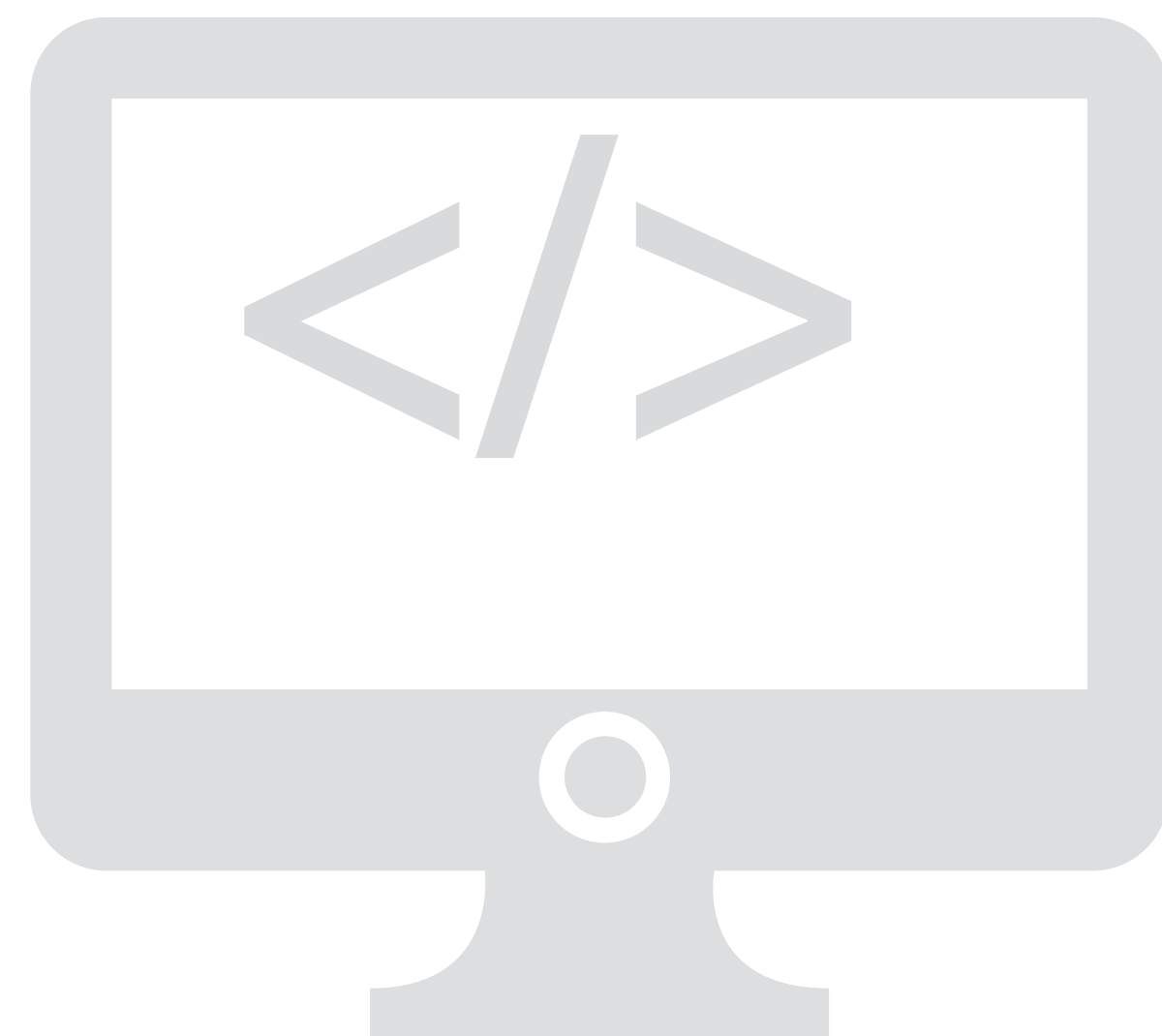
mais une relation recherche-industrie qui manque encore de structuration

4 000 chercheurs et enseignants-chercheurs

500 doctorants par an

60 laboratoires de l'INSMI

16 universités françaises parmi les 200 premières mondiales en mathématiques (classement de Shanghai de 2014).
2 dans le top 10 : Pierre et Marie Curie (4^e) et Paris-Sud (7^e)



Une grande diversité dans les modes de collaborations et les secteurs socio-économiques

Mais la part des ressources contractuelles privées dans le budget consolidé d'un laboratoire n'oscille qu'**entre 1% et 5%**

2^e rang mondial avec **13 médailles Fields**

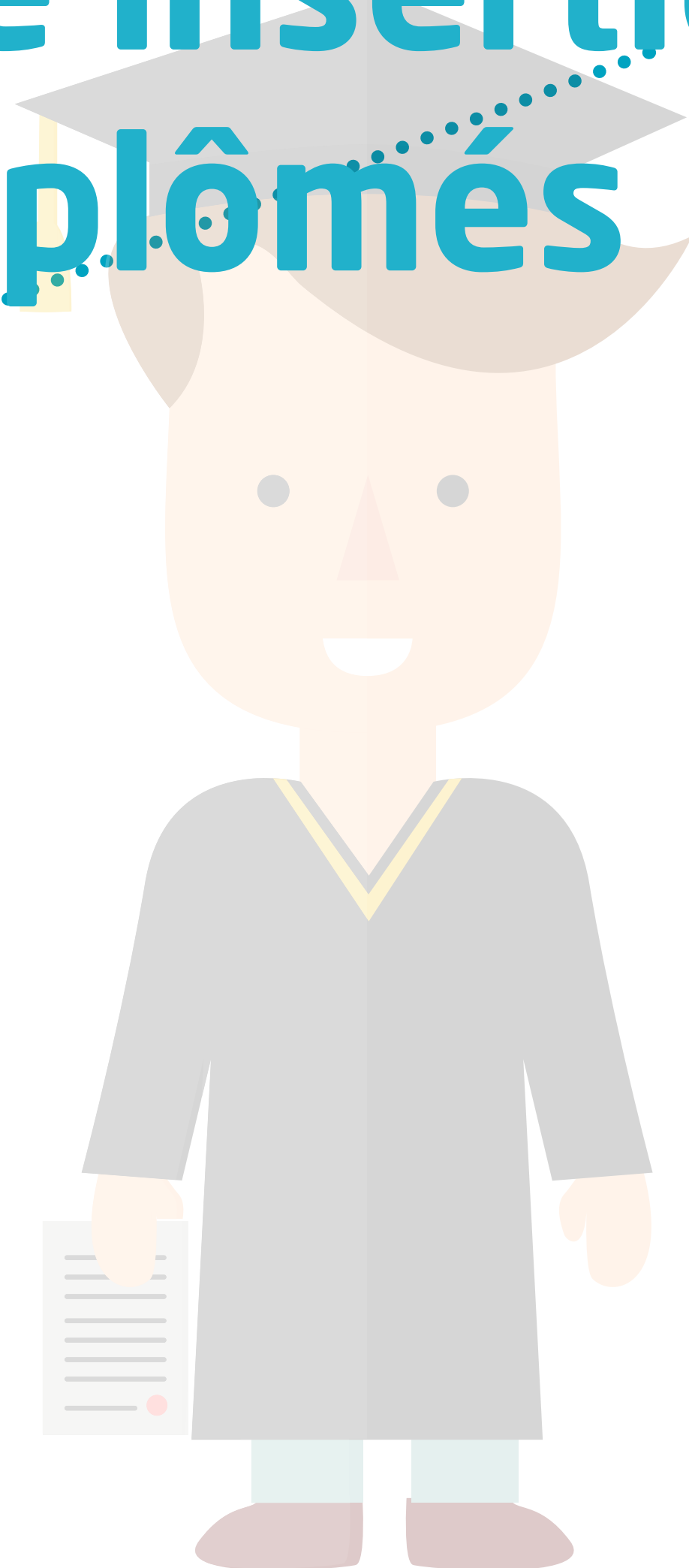
8,5% des publications en mathématiques **les plus citées dans le monde** derrière les États-Unis (27,3%) et la Chine (20,5%)



Une discipline polyvalente favorisant une excellente insertion professionnelle de ses diplômés



Les mathématiques sont la discipline principale de **2,1% des étudiants inscrits en Master et 2,9% des effectifs des formations doctorales**



Moins de 4% des étudiants en Masters en mathématiques en recherche d'emploi 3 ans après leur diplôme



25% des étudiants de niveau Bac+2 à Bac+8 sont formés en ou par les mathématiques

2,1 millions d'actifs en 2015

3 diplômés sur 4 d'un Master en mathématiques travaillent dans le secteur privé. C'est la **tendance inverse pour les docteurs**

Les mathématiques contribuent à la création de valeur ajoutée en France à hauteur de **15% du PIB en 2012**, ce poids est en constante progression depuis 2009



3,8 millions de postes impactés par les mathématiques, 2,4 millions d'emplois, soit 9% de l'emploi

285 gigaeuros de valeur ajoutée
15% du PIB

56% de l'emploi impacté par les mathématiques est concentré sur 3 régions : Île-de-France, Rhône-Alpes et Provence-Alpes-Côte d'Azur

Les **20 secteurs** les plus impactés tirent la croissance du PIB vers le haut : leur croissance, entre 2009 et 2012, est de **2,6% par an** en moyenne **contre 2,3% pour l'ensemble des secteurs** sur la même période

Top 5 des secteurs les plus impactés :

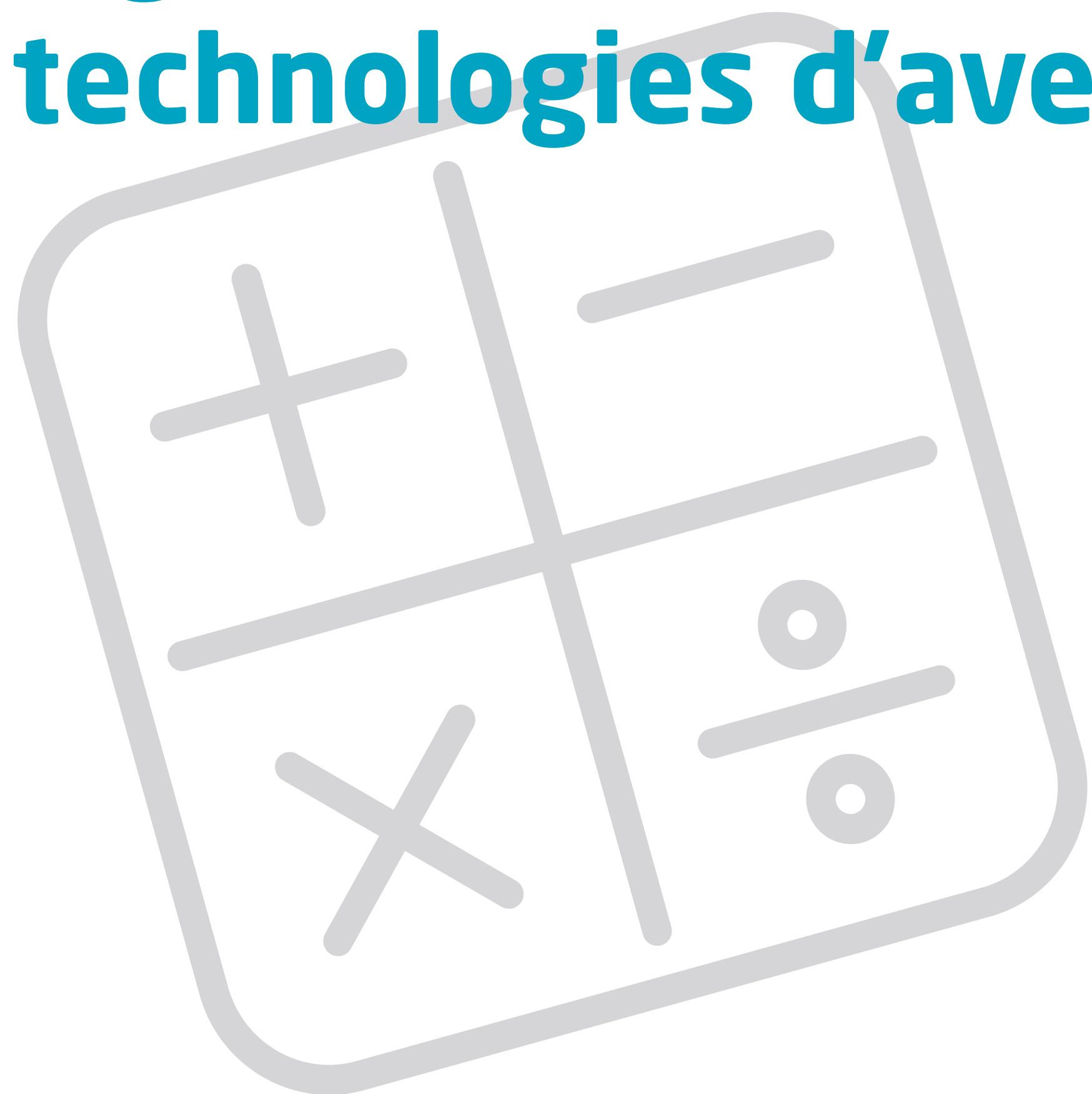
- 75%** : Services IT
- 62%** : R&D scientifique
- 57%** : Production et distribution d'électricité et de gaz
- 56%** : Extraction d'hydrocarbures
- 54%** : Fabrication de produits électroniques

↑5



Les mathématiques sont un facteur essentiel dans la création de valeur et contribuent significativement au développement des technologies d'avenir.

Un rôle amené à se renforcer



5 compétences clés diffusant dans de très nombreux secteurs :

- **Traitement du signal et analyse d'images**
- **Data Mining** (statistiques, analyse de données et apprentissage)
- **MSO** (Modélisation - Simulation - Optimisation)
- **HPC** ("High Performance Computing" ou calcul haute performance)
- **Sécurité des systèmes d'information et Cryptographie**



37 technologies clés sur 85 sont impactées par les mathématiques :

- Simulation moléculaire
- Énergie nucléaire
- Réseaux électriques intelligents
- Technologies d'exploration et de production d'hydrocarbures
- Calcul intensif
- Ingénierie génomique
- Technologies pour l'imagerie du vivant
- Ingénierie de systèmes complexes et systèmes de systèmes
- Progressive/Intelligent Manufacturing
- Sécurité holistique
- Communications et données



Une mobilisation qui fait l'objet d'une attention croissante mais encore peu suivie

Plusieurs modalités d'intégration pour des compétences présentes sur l'ensemble de la chaîne de valeur des entreprises

Une diversité de profils mathématiques recherchés mais **un idéal type : l'ingénieur-docteur**



Un accroissement de recrutements ciblés, en particulier sur le **Data Analytics**

Mais peu d'entreprises pilotent encore formellement les recrutements et le suivi des personnels formés en ou par les mathématiques

Quatre grandes dimensions à prendre en compte pour relever les défis de demain dans les champs de la connaissance

Qualité des liens recherche-industrie

- Extension d'initiatives comme l'hôtel à projets MaiMoSiNE, HPC-PME ou Cemosis
- Intégration de la communauté mathématiques dans les écosystèmes régionaux d'innovation
- Adaptation des critères d'évaluation de la carrière des chercheurs

Adaptation des parcours de formation et valorisation des compétences

- Identification des compétences attendues en Data Analytics et HPC
- Labélisation des compétences HPC, MSO, Data Mining

Soutien à la recherche et à la formation en mathématiques

- Renforcement de la lisibilité des compétences françaises
- Promotion des mathématiques en tant que technologie clé
- Représentation plus directe au sein des grands programmes nationaux et internationaux
- Poursuite du soutien direct à la recherche française

Valorisation des carrières mathématiques

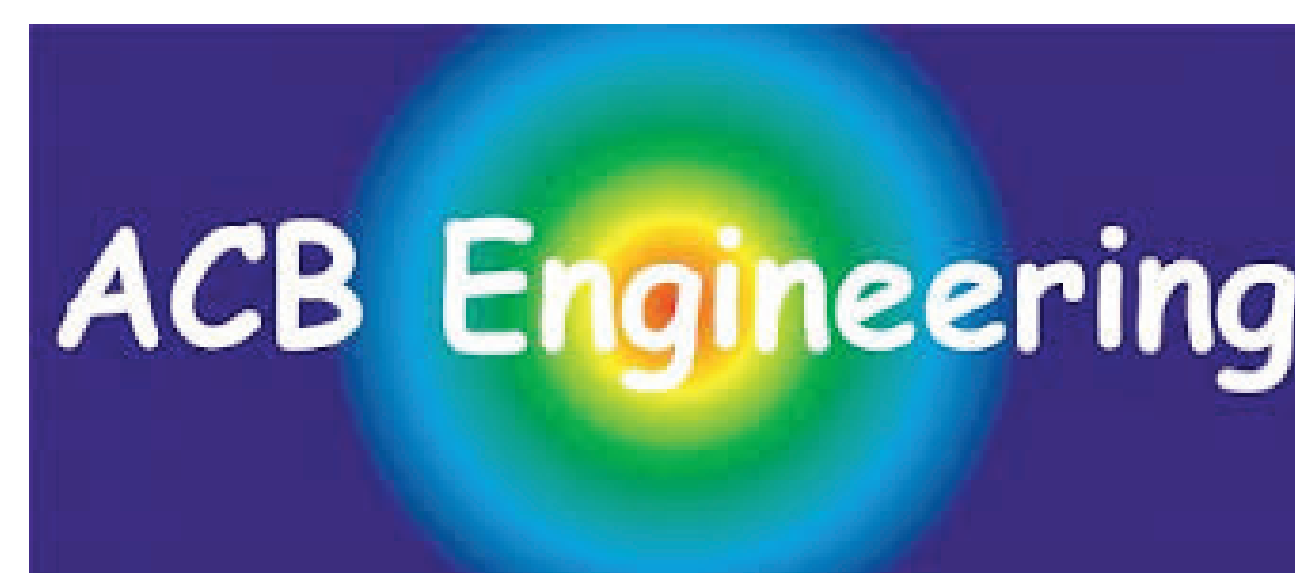
- Suivi des personnels jugés stratégiques pour leur compétences mathématiques
- Valorisation des débouchés professionnels associés aux parcours de formation en mathématiques

Les Maths s'appliquent à l'industrie #1

Reconstitution de sources acoustiques par problème inverse, ou comment voir le bruit en l'écoutant

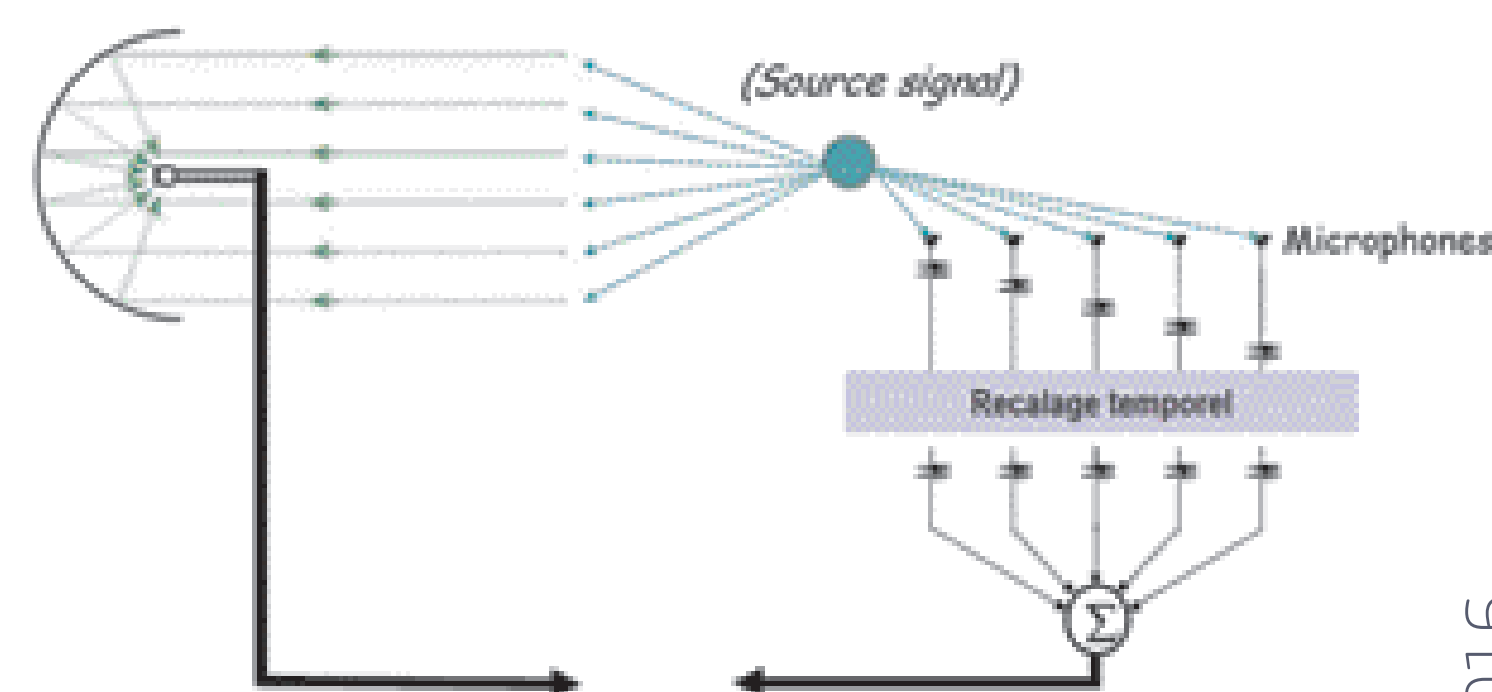


université
PARIS
PARIS 7
DIDEROT



Le bruit est partout, et sans être forcément fort, il est vite gênant. D'autant plus que les petits bruits s'additionnent pour constituer des environnements bruyants.

Il est intéressant de « voir » ces bruits pour décider de les éliminer directement à la source. Pour cela des micros suffisent... si l'on sait ensuite reconstruire une image à partir des enregistrements obtenus.



L'entreprise ACB Engineering propose des « caméras acoustiques », sous forme de tablettes équipées de micros, qui calculent en direct la cartographie des sons.

Les mathématiciens ont apporté leur savoir-faire en « problème inverse » pour optimiser ces calculs et améliorer la directivité de la détection en fonction de la géométrie du réseau de micros.

Les Maths s'appliquent à l'industrie #2

Simulation de cartes de vent sur la côte normande, à partir de très peu de mesures sur le terrain (parcimonie des données)



INSA

INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
ROUEN



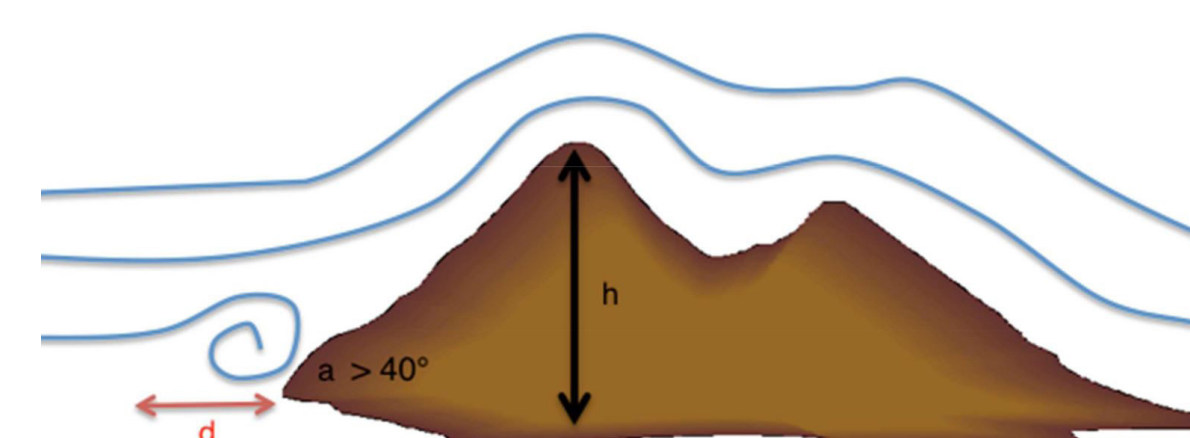
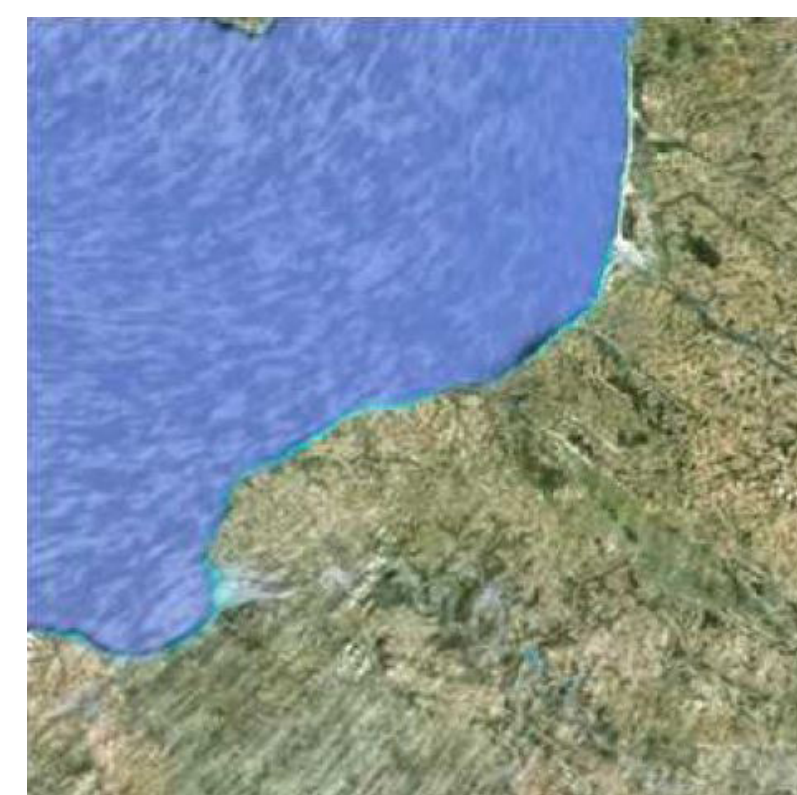
la compagnie
du vent

GDF SUEZ

La côte normande et son relief, des milliers de km^2 . L'implantation d'éoliennes devra se faire aux endroits où le vent est fort et constant.

Pourtant, les mesures de terrain seront très peu nombreuses, car réalisées en conditions réelles à plus de 50 m du sol, au sommet de mâts en plein vent, et donc coûteuses.

Le défi des mathématiciens est de modéliser la totalité des circulations de vent à partir de si peu d'informations.



Les mathématiciens ont approché le problème par la méthode des éléments finis, puis assuré la convergence des résultats en minimisant certains critères (énergie).

Un puissant ordinateur a ensuite pu reconstruire la cartographie des vents pour des durées de plusieurs jours.

Cette étude a débouché sur un projet d'ampleur à l'échelle régionale (M2NUM).

Projet exploratoire « eOlin » financé par AMIES en 2014

Les Maths s'appliquent à l'industrie #3

Analyse d'images de nanostructures, pour en détecter les défauts avec 100% d'efficacité.



LABORATOIRE
JEAN KUNTZMANN
MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES - INFORMATIQUE



POLLEN
METROLOGY

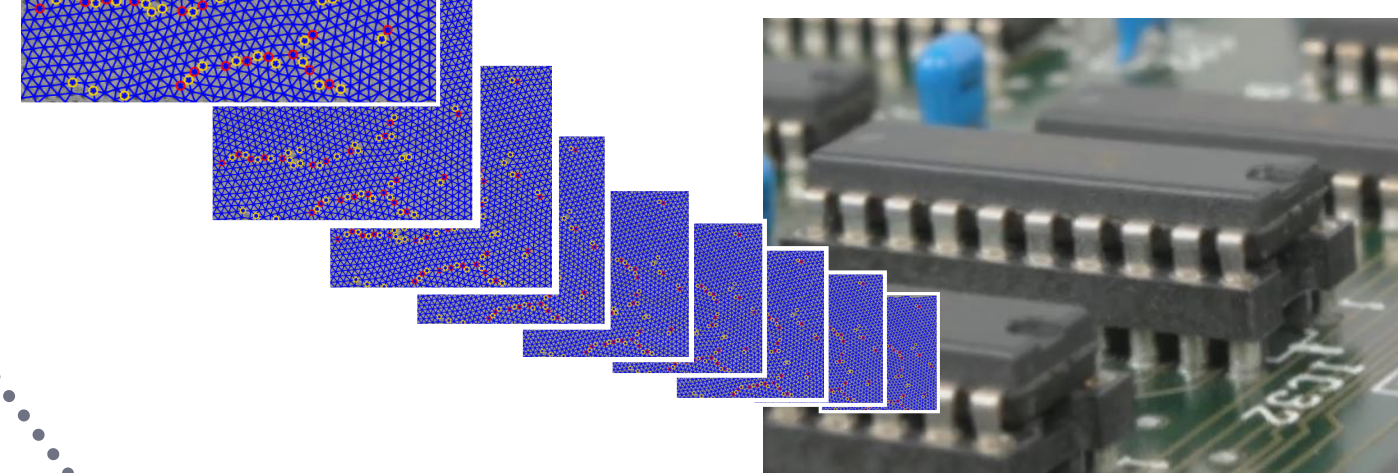
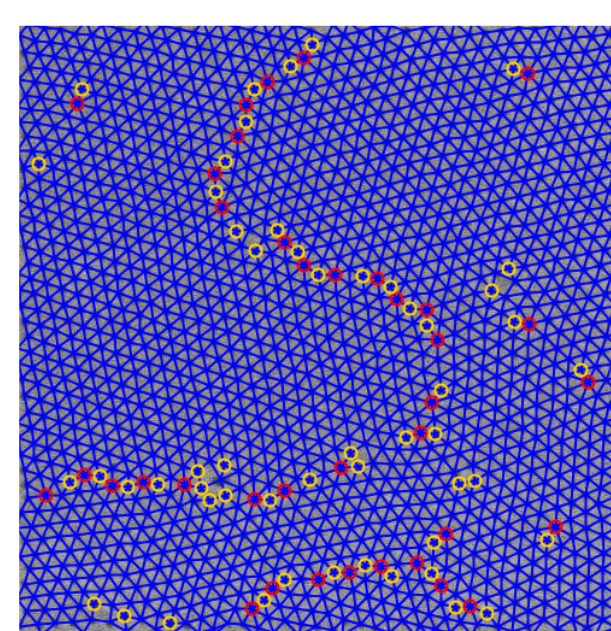
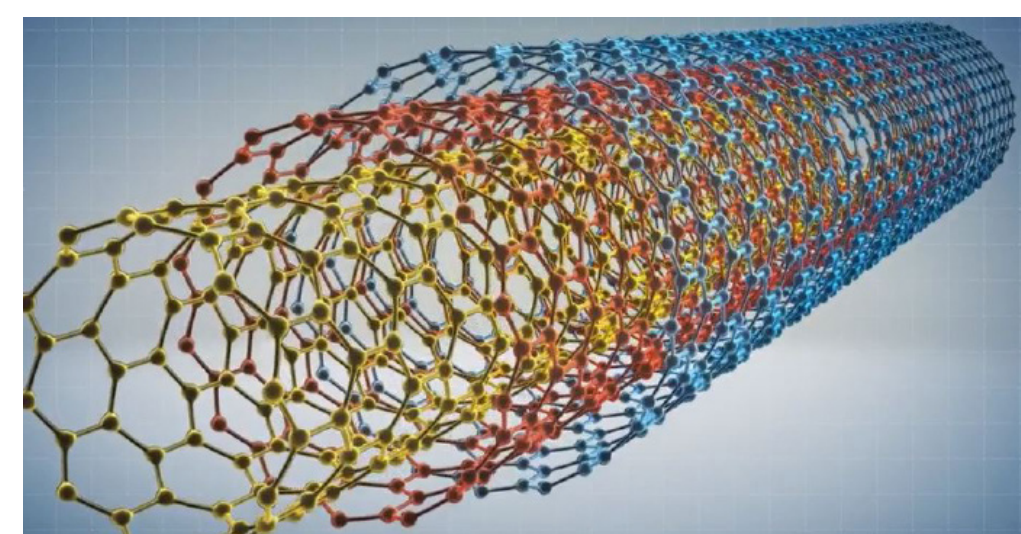
Les nanostructures sont de plus en plus présentes dans notre quotidien, à commencer par les appareils électroniques dont la miniaturisation approche les limites physiques de la matière.

Petites et puissantes, les puces électroniques sont reproduites en grandes séries et doivent être vérifiées avant utilisation.

Il est possible d'obtenir des images de ces minuscules structures, mais il faut ensuite être capable d'y déceler des défauts... très rapidement et sans erreur !

La start-up POLLEN Metrology développe des logiciels d'inspection de ces structures et a fait appel aux mathématiciens afin d'élaborer une méthode de filtrage et de classification rapide des images prises.

Cette étude a mobilisé de la fusion de données, du traitement d'images et de la visualisation 3D performante. Ce qui a permis à cette startup d'atteindre une efficacité de 100% selon les critères de ses clients (des équipementiers), lui octroyant ainsi une grande confiance et un accès au marché international.



Projets exploratoires « Infuz » et « Pollen » financés par AMIES en 2013 et 2015