



L'impact socio-économique des mathématiques en France

DOSSIER DE PRESSE

Contact presse

Laurence Le Masle - Green Lemon Communication

Tél 06 13 56 23 98

l.lemasle@greenlemoncommunication.com

Sommaire

Le rapport d'impact socio-économique des mathématiques en France	Page 3
Les chiffres clés	Page 5
Les partenaires de l'étude	Page 6
De bonnes raisons pour les entreprises de faire appel aux mathématiques	Page 7
Les mathématiques pour les entreprises, un réel vecteur de croissance	Page 9
Les médaillés Fields français et le Prix Gauss	Page 14
A propos d'AMIES	Page 15
A propos des fondations partenaires	Page 16
Liens utiles	Page 17

La vie n'est bonne qu'à étudier et à enseigner les mathématiques.

Blaise Pascal - Mathématicien, Philosophe, Physicien, Scientifique, Théologien (1623 - 1662)

Le rapport d'impact socio-économique des mathématiques en France

Si les mathématiques françaises sont mondialement reconnues pour leur excellence, leur forte contribution à des secteurs en évolution est peu visible. Pourtant, la complexité croissante qui inonde des secteurs en plein développement – voire en pleine révolution – comme l'automobile, l'aéronautique, les sciences du vivant et la santé, les TIC, le bâtiment, la finance, l'assurance, la chimie, les matériaux, les procédés, l'énergie, l'environnement, l'agroalimentaire, etc, font largement appel aux mathématiques, de manière plus ou moins explicites (modèles, statistiques, algorithmes, simulation numérique, optimisation, etc.).

Elles sont donc partout sans que l'on sache vraiment à quelle hauteur se situe leur contribution.

Les instances mathématiques françaises, convaincues de la forte valeur ajoutée de leur discipline, ont souhaité réaliser une étude de l'impact socio-économique des mathématiques en France. Après le Royaume-Uni, les Pays-Bas, l'Australie et le Canada, la France dispose aujourd'hui d'éléments factuels dans le rapport commandité par AMIES, l'Agence pour les Mathématiques en Interaction avec l'Entreprise et la Société, dont les principaux objectifs étaient de :

- **Mesurer l'impact socio-économique, direct et indirect, des mathématiques en France** en objectivant la contribution économique actuelle et potentielle des mathématiques au développement industriel et à l'innovation.
- **Analyser les liens entre entreprises et expertises en mathématiques** pour éclairer les responsables des programmes de recherche et du management dans les entreprises sur l'importance accrue des mathématiques.
- **Préciser les domaines thématiques ainsi que les outils qui devraient être développés** pour une meilleure synergie entre mathématiques et entreprises afin de soutenir la mise en visibilité de l'excellence mathématique française.

Une forte interaction des mathématiques

Dévoilé le 27 mai 2015, le rapport identifie clairement les mathématiques comme une science à la pointe de la recherche publique française. Elle fait partie du top 3 des publications les plus citées à 2 ans dans le monde (8,5%).

Cette force de recherche s'exprime également fortement dans ses interactions avec d'autres disciplines. Les mathématiques avancées sont primordiales pour le développement des technologies clés reconnues comme telles en tant que leviers stratégiques pour la compétitivité des entreprises : sur les 85 technologies répertoriées, 37 voient leurs progrès conditionnés de façon significative par des avancées dans le domaine mathématique, contribuant ainsi à la compétitivité française. L'implication des mathématiciens dans les travaux de recherche peut s'avérer incontournable dans la levée de verrous technologiques. Économiquement parlant, la valeur ajoutée apportée par les mathématiques en France représente 285 milliards d'euros, soit 15% de la valeur ajoutée française. Le nombre d'emplois impactés directement par les mathématiques en France s'élève à 2,4 millions, soit 9% du nombre total d'emplois en 2012, tous secteurs d'activités confondus. Ce n'est pas rien !

Cependant, et malgré l'excellence de la recherche mathématique française mondialement reconnue, son interaction avec le monde industriel est encore trop peu lisible. Les mathématiques fournissent pourtant des outils incomparables en introduisant calculs, statistiques et probabilités dans la boîte à outils des entreprises. Elles offrent un cadre logique et cohérent pour l'industrie et un formalisme universel pour l'analyse, la simulation, l'optimisation et le contrôle des procédés industriels. Couplées à l'informatique, et en interaction avec les sciences du secteur applicatif concerné, elles permettent de construire et de manipuler des modèles complexes, de proposer des simulations numériques, et d'optimiser les solutions, trois éléments à la base de la création de valeur dans l'industrie et les services.

Différentes initiatives menées depuis plusieurs années – par AMIES, par les Maisons de la simulation, par d'autres LabEx –, s'attachent avec succès à structurer les relations recherche-industrie afin de renforcer la compétitivité des entreprises. Il s'agit d'un travail à long terme.

Une formation riche de débouchés

La place significative des enseignements "en et par les mathématiques" dans les formations initiales est également une piste pour favoriser l'appropriation des mathématiques par les entreprises. Avec 3 diplômés sur 4 d'un master en mathématiques travaillant dans le secteur privé, il y a fort à parier qu'ils seront d'excellents ambassadeurs de cette science diffusante.

L'étude souligne le niveau d'insertion extrêmement élevé à la sortie des formations intégrant les mathématiques. Le taux d'insertion des diplômés de niveau master en mathématiques est supérieur à la moyenne nationale. En effet, 30 mois après leur diplôme, 96% des masters mathématiques et 98% des masters MASS – Mathématiques Appliquées et Sciences Sociales ont un emploi, contre 89% des masters toutes disciplines confondues. Les docteurs en mathématiques sont, quant à eux, les plus épargnés du chômage. Seulement 6% des docteurs en mathématiques diplômés en Ile-de-France en 2013 sont en recherche d'emploi un an après l'obtention de leur doctorat. La plupart avaient même signé un contrat de travail avant leur soutenance (59%).

Quelques chiffres relatifs à la formation

6 600 étudiants inscrits en master en mathématiques sur l'année scolaire 2012-2013.

7 780 étudiants formés par les mathématiques dans d'autres disciplines (56%), des masters d'informatique (13%), de statistiques (6%) et d'économie (5%).

21,1% des étudiants inscrits dans des formations courtes (Bac+2 - Bac + 3) mobilisent significativement les mathématiques : 56% des DUT, et 10,4% des BTS, par exemple.

8 diplômés d'écoles d'ingénieurs sur 10 sont embauchés moins d'un an après leur diplôme, et 94% deux ans **ensuite**.

Une technologie clé en devenir ?

La contribution, invisible, directe ou indirecte, mais primordiale des mathématiques dans le développement des technologies clés et/ou produits, procédés et services qui transforment le quotidien, devrait jouer en faveur d'une reconnaissance large de leur intérêt stratégique à l'échelle européenne ; au même titre, probablement que les six technologies clés génériques (nanotechnologies, microélectronique, biotechnologie, photonique, matériaux avancés, systèmes de production / fabrication avancés) fléchées dans le cadre du programme cadre Horizon 2020.

Les mathématiques sont un véritable moteur d'innovation et elles ont un rôle essentiel à jouer pour relever les défis industriels et sociétaux auxquels nous serons de plus en plus soumis dans le futur : santé publique (e-santé), énergie et environnement, société de la connaissance, mobilité, connectivité...

Des efforts à poursuivre vers les entreprises

L'étude souligne enfin la nécessité de renforcer les liens entre le dispositif d'enseignement supérieur et les entreprises, en particulier pour la partie universitaire :

- Lisibilité encore trop faible du dispositif d'enseignement supérieur et de recherche,
- Attractivité insuffisante des carrières en entreprises pour les docteurs,
- Initiatives de soutien en expertise mathématiques à renforcer pour les PME.

C'est en cherchant à corriger ces points de faiblesse que l'excellence scientifique française en mathématiques pourra véritablement constituer un avantage concurrentiel pour notre économie.



Les chiffres clés



4 000 chercheurs enseignants-chercheurs et **500** docteurs par an **55** laboratoires de l'INSMI



26% des effectifs étudiants de niveau Bac+2 à Bac+8 sont formés en mathématiques **2,2 millions** de formés en activité en 2015 **8,5%** de la population active



37 technologies clés sur 85 sont impactées par les mathématiques

Dont 11 très fortement impactées

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



3,8 millions de postes impactés par les mathématiques **285 Mds€** de valeur ajoutée **15%** de l'emploi **9%** de l'emploi

Top 5 des secteurs les plus impactés par les mathématiques (poids des emplois liés aux mathématiques par secteur)



Services IT : **75%**



R&D scientifique : **62%**



Production et distribution d'électricité et de gaz : **57%**



Extraction d'hydrocarbures : **56%**



Fabrication de produits électroniques : **54%**

56% de l'emploi impacté par les mathématiques est concentré sur 3 régions : Ile de France, Rhônes Alpes et PACA

15 secteurs parmi le top 20 des secteurs les plus impactés par les mathématiques ont une croissance supérieure à celle du PIB français.

Les partenaires du rapport national

Le commanditaire de l'étude est **AMIES**, Agence pour les Mathématiques en Interaction avec l'Entreprise et la Société, un laboratoire d'excellence (Labex) piloté par le CNRS en partenariat avec l'Université de Grenoble et INRIA. Labellisé au printemps 2011 dans le cadre du Grand Emprunt, AMIES a deux objectifs principaux : proposer et soutenir des programmes, en formation et recherche, visant à une meilleure interaction des mathématiciens avec les entreprises ; offrir aux entreprises, aux chercheurs et aux étudiants une visibilité des opportunités qui existent dans ce domaine.

AMIES a travaillé en partenariat avec la **Fondation Sciences Mathématiques de Paris (FSMP)** et la **Fondation Mathématique Jacques Hadamard (FMJH)**.

Neuf Labex de mathématiques (**Archimède**, **Bezout**, **Carmin**, **Cempi**, **Cimi**, **Irmia**, **Lebesgue**, **Milyon** et **Persyval**) se sont associés à la démarche, y compris financièrement.

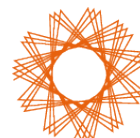
Enfin, les sociétés savantes – la **Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles (SMAI)**, la **Société Française de Statistique (SFdS)**, et la **Société Mathématique de France (SMF)** – ont apporté leur soutien et un support pour relayer la communication autour de ce rapport.

Le rapport a été réalisé par **CMI**, un cabinet de conseil en stratégie qui accompagne des décideurs du secteur privé et du secteur public. Au sein du secteur public, CMI intervient tout particulièrement dans les champs du soutien à la compétitivité, à la recherche, à l'enseignement supérieur et à l'innovation. Le cabinet a développé une expérience de plus de 30 ans sur les enjeux d'évolution, de programmation et d'évaluation des politiques publiques à tous les niveaux institutionnels. CMI accompagne également les acteurs du secteur de l'enseignement supérieur et de la recherche dans leurs projets de développement et d'organisation.



cmi

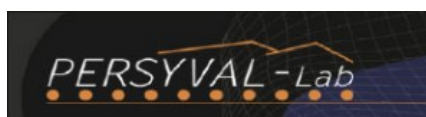
DÉNOURER LES PROBLÉMATIQUES COMPLEXES EST UN ART



CEMPI CENTRE EUROPÉEN
POUR LES MATHÉMATIQUES, LA PHYSIQUE ET
LEURS INTERACTIONS



CENTRE
HENRI LEBESGUE
CENTRE DE MATHÉMATIQUES



De bonnes raisons pour les entreprises de faire appel aux mathématiques

> L'excellence des mathématiques françaises

Depuis la création de la médaille Fields, 52 ont été remises et quatre pays se détachent nettement : les États-Unis (12 médaillés), la France (11), l'URSS et la Russie (9) et le Royaume-Uni (6).

La France a la chance de compter des dizaines de mathématiciens parmi les leaders incontestés de leur discipline, et des centaines d'autres reconnus parmi les meilleurs spécialistes de leurs champs respectifs. Quasiment toutes les universités françaises ont aujourd'hui, dans leur département de mathématiques, quelques-uns de ces chercheurs de premier plan. Grâce à la médiation d'AMIES, les entreprises peuvent accéder plus facilement et rapidement à ces talents.

> Une discipline omniprésente

Aujourd'hui, les mathématiques sont présentes dans de très nombreux secteurs.

Big Data, modélisation, calcul intensif, simulation, optimisation, modélisation, algorithmes, fiabilité, statistiques, cryptographie... Autant de spécialités qui répondent aux besoins de secteurs en évolution et où la complexité est croissante : l'automobile, l'aéronautique, les sciences du vivant/la santé, les TIC, le bâtiment, la banque, la finance, l'assurance, la chimie, les matériaux, les procédés, l'énergie, l'environnement, la santé, l'agriculture, l'agroalimentaire, les transports, etc.

Sans mathématiques :

- pas d'ordinateurs, pas de systèmes d'information, pas de téléphonie mobile ;
- pas d'ateliers de conception pour les constructeurs automobiles et aéronautiques ;
- pas de systèmes de localisation par satellite, de traitement du signal (et donc de retransmission télévisuelle en direct), de décodage du génome, de prévisions météo ;
- pas de systèmes de cryptographie, de cartes à puce, de robots, etc.

C'est une discipline qui se nourrit de ses liens avec les autres sciences et avec le monde réel, mais qui s'enrichit également elle-même : les théories ne se démolissent pas, elles s'enrichissent les unes les autres.

> Un outil opérationnel efficace pour les entreprises

Les mathématiciens, forts de leur capacité d'abstraction, apportent un regard neuf sur des problématiques industrielles. Modélisations et puissance de calculs sont des atouts pour l'industrie et des accélérateurs de performance, notamment pour :

- la minimisation des coûts,
- l'amélioration des temps de réaction,
- la démultiplication des tests clients,
- l'optimisation de l'utilisation des données,
- l'accroissement du pouvoir de prévision,
- le contrôle des actions,
- etc.

AMIES propose aux entreprises des compétences multidisciplinaires à travers toute la France, des dispositifs d'accompagnement spécifiques, et l'accès à des outils adaptés aux besoins des entreprises.

> Une valeur ajoutée reconnue et mesurée !

Au Royaume-Uni, Deloitte a été missionné pour mesurer l'impact des mathématiques sur l'économie anglaise (Deloitte Report - Measuring the Economic Benefits of Mathematical Science Research in the UK). Son rapport, sur l'année 2010, estime que leur contribution est tout à fait remarquable que ce soit en termes d'emplois (2,8 millions soit environ 10% de l'ensemble des emplois au Royaume-Uni) ou de valeur ajoutée brute avec 208 Mds£ (soit environ 16% de la valeur ajoutée brute totale).

La productivité (mesurée par valeur ajoutée brute directe par travailleur) est significativement plus élevée dans les professions faisant appel aux sciences mathématiques par rapport à la moyenne du Royaume-Uni (environ 74 000 £ contre 36 000 £), et en tant que tel l'impact de la valeur ajoutée brute directe des sciences mathématiques est proportionnellement plus élevée que la part d'emploi directe.

En plus de ces effets directs, les activités de recherche mathématiques ont un impact sur la chaîne d'approvisionnement (effets indirects) et influent également sur les dépenses des ménages (effets induits). Plus largement des répercussions positives sont également observées dans les organisations/entreprises faisant appel aux mathématiques.

Les secteurs contribuant à ces effets sont notamment les services informatiques, l'aérospatiale, les télécommunications, la R&D, la santé, la finance, l'administration publique et la défense. L'impact du domaine de l'analyse de données, et de sa contribution à l'innovation et aux nouveaux investissements, est particulièrement souligné.

Les Pays-Bas, par le biais de " Platform Wiskunde Nederland ", l'organisation qui représente la communauté mathématique néerlandaise, ont également confié à Deloitte une étude sur " les sciences mathématiques et leur apport à l'économie néerlandaise ".

Il en ressort que :

- près d'un million de salariés néerlandais utilisent les mathématiques,
- les mathématiques contribuent grandement à l'économie néerlandaise avec 26 % des emplois et 30% de la valeur ajoutée brute,
- les mathématiques sont un pilier essentiel d'une économie avancée reposant sur les technologies d'excellence,
- compte tenu de la forte contribution des mathématiques à l'économie, ne pas promouvoir les mathématiques auprès des jeunes talents affaiblit la compétitivité néerlandaise (et les Pays-Bas ont, en Europe, le plus faible pourcentage d'étudiants dans les domaines des mathématiques, de l'ingénierie et des sciences).

L'impact direct des mathématiques sur l'économie néerlandaise est d'environ 71 Mds d'euros dans la valeur ajoutée brute (VAB), c'est 13,2% du total national. La productivité par emploi est de 77 000 €, 21% au dessus de la moyenne nationale.

Comparaison entre les études anglaise et néerlandaise

	Employment (x1000)				Gross Value Added (€ / £)			
	Direct	Indirect	Induced	Total	Direct	Indirect	Induced	Total
NL	928	542	789	2,259	€ 71bn	€ 37bn	€ 51bn	€ 159bn
	10.7%	6.2%	9.1%	26%	13.2%	6.9%	9.5%	30%
UK	2,800	2,900	4,100	9,800	£ 192bn	£ 155bn	£ 208bn	£ 555bn
	9.8%	10.2%	14.4%	34%	16%	12%	15%	43%

Les mathématiques pour les entreprises, un réel vecteur de croissance

L'industrie et le monde de l'entreprise regorgent de mathématiques plus ou moins explicites : modèles, statistique, algorithmes, optimisation, simulation numérique etc. Et si les mathématiques françaises sont reconnues pour leur excellence, leur interaction avec le monde industriel est encore trop peu développée. Pourtant les entreprises auraient beaucoup à gagner en faisant davantage appel aux mathématiciens qui savent apporter un regard neuf sur leurs problématiques. AMIES s'attache à favoriser et développer ces collaborations, convaincue de l'apport indéniable des mathématiques.

Les deux cas concrets présentés ci-dessous illustrent cet apport.

(extraits de success stories mathématiques en France, [publiées sur le sites d'AMIES](#))

Cas n°1 : Modèles et méthodes numériques pour la production de biocarburants

> Description

Les microalgues sont des organismes microscopiques, habituellement cultivés pour la production de molécules à haute valeur ajoutée (pharmaceutiques, cosmétiques etc). Certaines espèces, à forte teneur en lipides, pourraient conduire à la production de biocarburant de 3^{ème} génération. Elles offrent, par rapport à la culture de plantes supérieures, des rendements potentiellement supérieurs d'un ordre de grandeur.



Un bassin de culture de microalgues. La roue à aubes sert à l'agitation et au maintien en suspension des microalgues (Source : INRA (Projet ANR Symbiose))

> Objectifs

Optimiser la production de biomasse en intervenant sur les paramètres d'entrées maîtrisables : dimensions et forme du bassin de culture, forme et vitesse de rotation des pales, apport de nutriments.

> Problématique

Il s'agit de modéliser sous forme d'équations aux dérivées partielles la dynamique de l'écoulement dans le bassin ainsi que l'évolution des concentrations des espèces biologiques. Les modèles obtenus seront confrontés aux mesures expérimentales afin de vérifier leur pertinence.

Du point de vue de la modélisation, le problème posé correspond à la résolution conjointe de deux sortes d'équations :

- Pour l'hydrodynamique, on considère les équations de Navier-Stokes à surface libre.
- Pour modéliser la croissance des microalgues, on adopte un modèle de type Droop (1983).

> Implémentation

La résolution numérique des équations de Navier-Stokes 3D à surface libre est réalisée grâce aux modèles développés au sein de l'équipe ANGE (équipe commune Inria-UPMC-CNRS-CETMEF).

Tout au long de l'étude, il a été porté le plus grand soin à valider les hypothèses mathématique pour simplifier le système et le rendre modélisable avec des moyens raisonnables (puissance de calcul, temps d'exécution).

A chaque étape, les implications physiques ont été estimées en précisant dans quel cadre les approximations étaient faites : topographies libres, densités discrètes, profondeurs non limitées, etc.

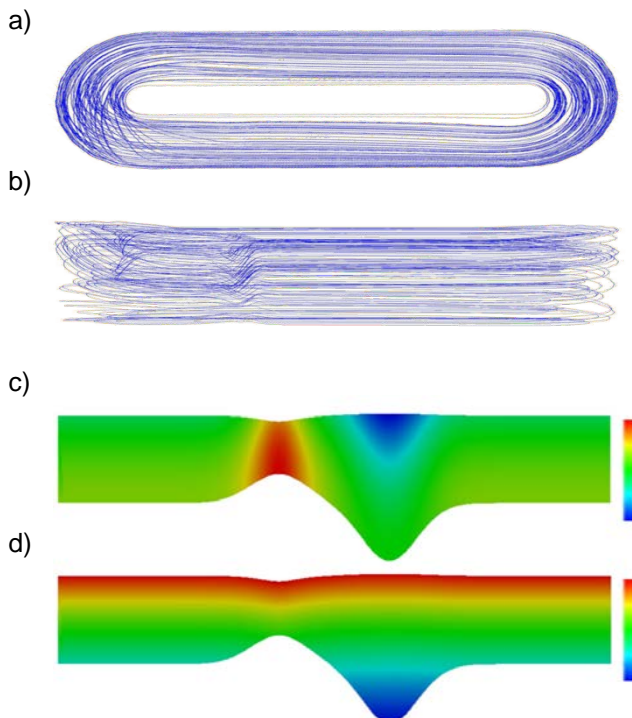
> Résultats

Une fois résolus informatiquement, ces modèles permettent d'obtenir des simulations numériques et donnent accès à des quantités physiques utiles. On peut ainsi améliorer l'agitation générée par la roue à aubes ou encore optimiser la croissance des espèces de microalgues cultivées dans le bassin, tout en réduisant/optimisant la dépense énergétique associée à la production.

Les simulations présentées ci-dessous ont été validées par des mesures expérimentales réalisées dans le bassin.

Simulations correspondant à la géométrie du bassin expérimental

- a) & b) Trajectoire des particules modèle lagrangien
- c) Vitesse des particules modèle eulérien
- d) Masse organique disponible modèle eulérien



> Perspectives

Une fois le modèle validé, il devient aisé de modifier les paramètres du système en jouant sur des quantités telles que :

- Hauteur d'eau
- Nutriments
- Espèces d'algues
- Géométries du bassin : dimensions, formes, obstacles
- Vitesse et géométries du brassage

Des améliorations sont envisagées sans trop complexifier le système. Par exemple en introduisant d'autres organismes (bactéries) ou en tenant compte de l'adaptation des microalgues à l'ensoleillement. Un bilan prédictif du système devient aisément possible en incluant les coûts de fabrication et de consommation électrique.

Cas n°2 Algorithmes de reconstruction et imagerie laser tomographique

> Contexte

Voir et identifier un objet à travers un matériau opaque ou obscurcissant est un défi concernant différents axes industriels : la défense, la sécurité et l'imagerie médicale. Thales a développé une technique brevetée de reconstruction tridimensionnelle d'objets camouflés utilisant des images de l'objet obtenues en faisant varier l'angle d'incidence d'une illumination laser, cette technique repose sur l'inversion de transformées de type Radon par des méthodes de rétroprojection filtrée. L'amélioration des images tridimensionnelles a été obtenue grâce à une collaboration avec la PME SISPIA en introduisant une technique de complétion (projet RAPID Datdriv3D). Ces avancées scientifiques ont fait l'objet de brevets¹ communs (SISPIA-THALES).

Il est apparu nécessaire d'introduire une analyse mathématique et une preuve mathématique solide de l'utilisation des transformées de Radon dans ce contexte d'image utilisant l'intensité rétrodiffusée par l'ensemble de la scène illuminée. Ce fut naturellement le point de départ du projet AMIES permettant une collaboration entre Thales et l'Université de Lorraine.

> Problématique

Ce projet s'inscrit plus spécifiquement dans l'axe de l'imagerie laser tridimensionnelle. Cette technique utilise une source laser illuminant l'objet camouflé derrière des structures opaques ou diffusant l'onde laser ; cette technologie s'applique entre autres à la sécurité et à la défense. Elle offre pour le secteur médical une nouvelle possibilité d'imagerie à haute résolution non-invasive.

Les techniques d'imagerie laser passent par des avancées technologiques en optronique : laser à fort taux de répétition, émission dans la bande IR proche, grande matrice de détecteurs. Elles nécessitent aussi des recherches collaboratives entre universitaires et industriels, adressant notamment la résolution de problèmes mathématiques liés aux équations de l'électromagnétisme, de type calcul scientifique ou traitement de l'image.

> Objectifs

Une série d'images bidimensionnelles est obtenue par réflexion de l'onde laser sur l'objet. En utilisant comme paramètre l'angle d'incidence du faisceau laser, nous reconstruisons l'objet en trois dimensions à des fins d'identification. Les algorithmes développés par Thales ont permis de reconstruire des images tridimensionnelles exploitables d'objets camouflés.

Afin de permettre aux partenaires d'aller au-delà du problème physique, une analyse mathématique de l'heuristique a été proposée par le partenaire industriel THALES. Elle s'inscrit dans l'analyse des techniques d'imagerie non-conventionnelle 3D qui seront amenées à révolutionner l'imagerie classique.

Après avoir étudié le problème mathématique d'imagerie en transmission, nous avons testé l'usage de ces méthodes sur des jeux d'images laser réelles, fournis par le partenaire industriel. Nous avons enfin identifié un problème mathématique modèle sous-jacent.

> Implémentation

Les méthodes développées en tomographie médicale (Computed Tomography) pour les scanners à rayons X sont très intéressantes pour traiter notre sujet. Ce type de méthodes a par ailleurs également fait ses preuves dans le spectre visible (OPT). Dans les méthodes CT et OPT, le signal est acquis en transmission,

i.e. traverse le milieu à imager entre l'émission et la réception ; pour le problème que l'on étudie ici, le signal est enregistré en réflexion : le faisceau laser incident est diffusé par les différentes structures rugueuses de la scène. Dans ce cas, les données utilisables sont donc restreintes puisque l'identification ne pourra utiliser que des données diffusées, et en intensité, sans référence de phase.

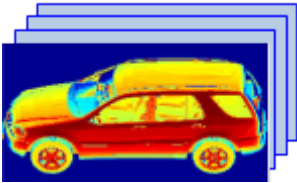
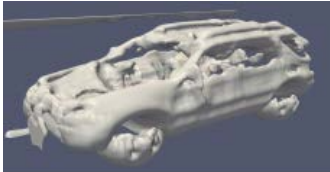
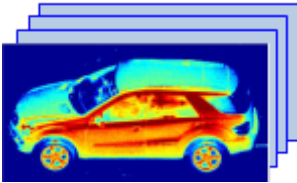
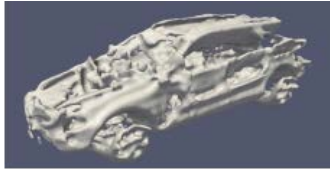
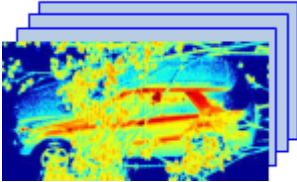

La formulation mathématique du problème repose sur l'inversion de transformées de type Radon par des méthodes de rétroprojection filtrée. Citons également le célèbre algorithme FDK permettant des reconstructions 3D en adaptant une formule de rétroprojection 2D.

Dans un deuxième temps, nous nous sommes intéressés à l'analyse mathématique de ces méthodes pour l'imagerie laser. Nous présentons le problème concerné ainsi que ses similitudes mathématiques avec le problème de la tomographie.

> Résultats

Lors de cette collaboration, nous avons revu les bases mathématiques de la tomographie par transmission. En particulier, nous avons implémenté l'algorithme FDK. Puis, nous avons étudié un problème industriel d'imagerie laser tridimensionnelle. Nous avons ainsi testé l'algorithme sur des séquences d'images laser réelles. Les résultats de ce type de techniques ouvrent des perspectives intéressantes en imagerie, en particulier concernant l'identification d'objets dissimulés, et permet d'explorer une voie mathématique concernant les techniques de reconstruction tridimensionnelle.

Nous illustrons notre propos à l'aide de résultats numériques produits après implémentation des méthodes Radon (rétroprojection filtrée) et FDK :

Jeu d'images 2D	Volume 3D reconstruit
<p>Image simulée</p> 	
<p>Image réelle</p> 	
<p>Image réelle camouflée</p> 	

Il est remarquable de constater que les techniques déployées, similaires à celles de la tomographie médicale, aboutissent à des résultats probants.

Nous avons là un algorithme de rétroprojection, qui, bien qu'utilisé hors de son domaine de validité théorique (données de tomographie de transmission), donne de bons résultats.

Ce fossé reste un problème ouvert à ce jour et il est très important de répondre convenablement à cette question d'un point de vue mathématique ; i.e. il s'agit de trouver un analogue de la transformée de Radon et

de son inverse, adapté pour des objets réfléchissants dont les fluctuations de la surface sont de l'ordre de la longueur d'onde.

D'un point de vue plus pratique, cela pourrait permettre de trouver des prétraitements et post-traitements plus efficaces, trouver une méthode d'extraction du camouflage, déterminer les limites de la méthode de reconstruction, etc. .

> **Perspectives**

Ce type de projet est particulièrement important pour l'ouverture des mathématiques aux problèmes physiques et technologiques industriels.

D'un point de vue théorique, une difficulté majeure est le passage de la transmission à la réflexion. Un problème mathématique modèle revient à traiter la reconstruction d'une fonction surfacique, non uniforme, définie sur le bord d'un convexe, à partir de ses projections en réflexion, dans la configuration du balayage parallèle en 2D. Expliquer rigoureusement l'effet de la rétroprojection filtrée dans ce contexte est un problème mathématique ouvert qui est une piste à explorer quant à la compréhension des problèmes d'imagerie laser.

Les médaillés Fields français et le Prix Gauss

La médaille Fields, équivalent du prix Nobel qui n'existe pas en mathématiques, est la plus prestigieuse récompense de cette discipline.

Elle est attribuée tous les quatre ans au cours du congrès international des mathématiciens à, au plus, quatre mathématiciens devant avoir moins de 40 ans au 1^{er} janvier de l'année en cours.

Depuis 1936 (avec une interruption jusqu'en 1950), 52 médailles ont été décernées dont 11 à des mathématiciens français, ainsi que 7 à des mathématiciens étrangers travaillant en France.

Année	Lauréat
1950	Laurent Schwartz
1954	Jean-Pierre Serre
1958	René Thom
1982	Alain Connes
1994	Pierre-Louis Lions, Jean-Christophe Yoccoz
1998	Maxim Kontsevich
2002	Laurent Lafforgue
2006	Wendelin Werner
2010	Ngô Bảo Châu, Cédric Villani
2014	Artur Avila

Le prix Gauss

Moins connu, mais également prestigieux, le prix Gauss, orienté « mathématiques appliquées », vient récompenser les « contributions remarquables débouchant sur des applications significatives en dehors du champ des mathématiques ».

En 2010, la deuxième édition couronnait Yves Meyer pour ses travaux sur les ondelettes. Notamment utilisée dans la compression de données, cette technique permet de réduire la taille d'information numérique (qualité de l'information compressée à partir de l'information complète), mais aussi d'accélérer l'affichage d'information (qualité de l'affichage à partir d'un fichier compressé). Sans travaux sur les ondelettes, pas de Roland Garros, de Coupe du Monde de football ou de Tour de France retransmis en direct avec la qualité que l'on connaît !

A propos d'AMIES

Agence pour les Mathématiques en Interaction avec l'Entreprise et la Société, [AMIES](#) est un laboratoire d'excellence (Labex) labellisé au printemps 2011 dans le cadre du Grand Emprunt. Piloté par l'Institut National des Sciences Mathématiques et de leurs Interactions du CNRS en partenariat avec l'Université de Grenoble et INRIA, AMIES a deux objectifs principaux :

- proposer et soutenir des programmes, en formation et recherche, visant à une meilleure interaction des mathématiciens avec les entreprises ;
- offrir aux entreprises, aux chercheurs et aux étudiants une visibilité des opportunités qui existent dans ce domaine.

AMIES, qui est au cœur des réseaux nationaux et locaux regroupant équipes et outils mathématiques, est l'interlocuteur privilégié des entreprises. L'agence se propose de travailler avec elles afin d'analyser leurs besoins en compétence mathématique et de déterminer le(s) meilleur(s) moyen(s)/outil(s) à mettre en œuvre pour y répondre.

Les entreprises peuvent ainsi bénéficier de :

- Expertise, conseil,
- Doctorants-conseils, stagiaires,
- Thèses, post-doc, CDD, CDI,
- Crédit Impôt Recherche,
- Subventions ciblées :
 - AMIES pour les mathématiques,
 - Initiative HPC-PME pour les calculateurs,
 - Accès aux machines de calcul

L'idée est de mettre à la disposition de l'entreprise, quelle que soit sa taille, une équipe de recherche supplémentaire temporaire afin de travailler sur sa problématique.

Exemple d'expertises proposées

- Calculs
- Calcul intensif
- Simulation
- Modélisation
- Cryptographie
- Risque/Fiabilité
- Big Data
- Systèmes complexes
- Statistique
- Probabilité

Par ailleurs, AMIES co-organise chaque année le Forum Emploi-Maths dont les objectifs sont de présenter les nombreux débouchés offerts aux mathématiciens (ingénierie et R&D en entreprise ou recherche académique) d'une part, les formations proposées par l'école française de mathématiques d'autre part, et de faciliter ainsi l'insertion professionnelle des étudiants. Lors de [la 4^{ème} édition](#), qui s'est tenue à Paris le 2 décembre 2014, 1450 étudiants (contre 1250 en 2013) sont venus rencontrer les professionnels ; 350 responsables de filières de formation et représentants d'entreprise (contre 300 en 2013) étaient là pour échanger avec eux sur les opportunités de formation et de carrières dans le domaine des mathématiques. AMIES y a remis, pour la 2^{ème} fois, son prix de thèse.

Enfin, AMIES organise plusieurs fois par an des "semaines d'Etude Maths Entreprises ([SEME](#))" dont le principe est de permettre à des doctorants de travailler par petits groupes, dans un temps limité, sur des sujets proposés par des entreprises. Le premier jour est consacré à l'exposé des sujets et à la répartition des groupes ; le dernier jour, les étudiants exposent les pistes explorées pour résoudre le problème posé. Un rapport est ensuite rédigé par les étudiants et publié dans une collection HAL. Pendant la semaine, des tuteurs universitaires et de l'entreprise suivent le travail des étudiants en leur laissant le maximum d'autonomie.

A propos des fondations partenaires

La Fondation Sciences Mathématiques de Paris est un réseau d'excellence fondé par des universités et institutions de recherche parisiennes. Ses partenaires sont l'Université Pierre et Marie Curie, l'Université Paris Diderot, l'École Normale Supérieure, le Centre National de la Recherche Scientifique, l'Université Paris-Dauphine, le Collège de France, l'INRIA, l'Université Paris-Descartes, l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne et l'Université Paris Nord. Elle fédère 12 laboratoires de sciences mathématiques et réunit plus de 1200 chercheurs, parmi lesquels 5 médaillés Fields, 17 Académiciens, 120 lauréats de prix nationaux et internationaux. La Fondation est également porteuse d'un Laboratoire d'Excellence, le LabEx SMP.

Ses missions sont :

- Faire de Paris le pôle le plus attractif dans le domaine des sciences mathématiques pour les meilleurs étudiants et chercheurs du monde entier. Pour cela, la Fondation initie et finance des programmes d'envergure internationale : bourses, chaires d'excellence, positions post-doctorales, invitations de chercheurs...
- Favoriser les collaborations entre les chercheurs en sciences mathématiques et le monde économique et industriel.
- Développer l'intérêt général pour les mathématiques.

Elle bénéficie du seul label de Réseau thématique de recherche avancée (RTRA) en sciences mathématiques, accordé en 2006 par le gouvernement français aux projets scientifiques d'excellence.

En savoir plus : www.sciencesmaths-paris.fr

La Fondation Mathématique Jacques Hadamard (FMJH) a pour vocation de rassembler les mathématiciens du campus de Saclay au plus haut niveau dans leur domaine. Ses membres fondateurs sont le [CNRS](http://www.cnrs.fr) et les laboratoires associés au CNRS de l'ENS Cachan ([CMLA](http://www.cmla.fr)), de l'Université Paris Sud ([Laboratoire de mathématiques d'Orsay](http://www.lam.jussieu.fr)), de l'École polytechnique ([CMAP](http://www.cmapx.jussieu.fr) et [CMLS](http://www.cmls.jussieu.fr)) et de l'[IHÉS](http://www.ihes.fr). Au cœur d'un pôle universitaire et d'ingénierie, la Fondation Mathématique Jacques Hadamard (FMJH) s'investit dans la recherche mathématique fondamentale ou appliquée. Scientifiquement, elle vise à favoriser le décloisonnement thématique et les relations entre les mathématiques et les autres disciplines, de même qu'entre les mathématiques et les entreprises. Institutionnellement, la fondation est délibérément tournée vers l'international et son ambition est de présenter des programmes communs à ses partenaires internationaux, favorisant ainsi le décloisonnement entre les institutions. Plus généralement, la fondation vise à illustrer la vitalité exceptionnelle de la recherche mathématique auprès de ses nombreux partenaires : étudiants, entreprises et communauté internationale.

En savoir plus : www.fondation-hadamard.fr

Liens utiles

Rapport français

<https://www.facebook.com/pages/Etude-de-lImpact-Socio-Economique-des-Math%C3%A9matiques-en-France/468367466649113?sk=timeline>

Etudes étrangères

<https://www.science.org.au/publications/science-impacts-economy> (en anglais)

http://www.ima.org.uk/viewItem.cfm-cit_id=384406.html (en anglais)

<http://www.euro-math-soc.eu/system/files/uploads/DeloitteNL.pdf> (en anglais)

Partenaires

<http://www.agence-maths-entreprises.fr>

<http://www.sciencesmaths-paris.fr>

<http://www.fondation-hadamard.fr/>

<http://www.cmi-strategies.fr/>

[Labex ARCHIMEDE](#)

[Labex BEZOUT](#)

[Labex CARMIN](#)

[Labex CEMPI](#)

[Labex CIMI](#)

[Labex IRMIA](#)

[Labex LEBESGUE](#)

[Labex MILYON](#)

[Labex PERSYVAL-Lab](#)

[SMAI](#)

[SFdS](#)

[SMF](#)

Autres

<http://www.forum-emploi-maths.org>

<http://www.agence-maths-entreprises.fr/a/?q=fr/node/248> (les Semaines d'Etude Math-Entreprises)

<https://lejournal.cnrs.fr/articles/dans-les-arcanes-de-la-medaille-fields>

<http://www.latribune.fr/opinions/20100916trib000549450/pourquoi-tant-de-medailles-fields-sont-francais.html>

<http://smf.emath.fr/content/icm-2014-seoul>

http://www.esf.org/fileadmin/Public_documents/Publications/mathematics&industry.pdf (en anglais)

[Labex CALSIMLAB](#)

[Labex CPU](#)

[Labex MME-DDI](#)

[Labex NUMEV](#)