

WORKSHOP

SCIENCES DU NUMERIQUE POUR L'USINE DU FUTUR

Applications, Enjeux, Besoins, Interactions Laboratoires/Entreprises

- 23 novembre 2016 -

Institut Elie Cartan de Lorraine

Salle de Conférences – NANCY

(<http://iecl.univ-lorraine.fr/venirIECLnancy.html>)

PROGRAMME

09h00 – **Accueil, Introduction FCH - Materalia**

9h30 – **Conférences**

9h30–10h30 : **Diagnostic, gestion de défaillances et tolérance aux fautes en aéronautique : des résultats d'aujourd'hui aux défis de demain.**

Ali ZOLGHADRI (IMS, Bordeaux)

10h30–11h00 : **Industrie du Futur**

Carmen MULLER (CETIM, Grand Est)

11h00 – 12h15 : **Présentations Financements Régionaux/Nationaux/Européens**

Guilhem FRESKALINE (ANRT – service CIFRE, Paris)

Sakina SEGHIR (Pôle de Compétitivité Materalia, Metz)

12h30 – **Pause, déjeuner**

14h00 – **Collaboration Laboratoires/Entreprises (Exposés/Témoignages)**

14h00–14h45 : **Propagation de fissures dans différents environnements : algorithmes de détection de changement de régime**

Florine GRECIET (IECL, Nancy et SAFRAN AIRCRAFT ENGINES)

Le sondage optique des matériaux semi-transparents fortement diffusants par une technique non-intrusive basée sur le rayonnement visible et (proche)

Fatmir ASLLANAJ (LEMMA, Nancy)

14h45–15h30 : **Pilotage / Maintenance intelligents : Vers une maîtrise de la conformité des produits par une maîtrise adaptée du process, de ses composants et de leurs dégradations.**

Benoit IUNG et André THOMAS (CRAN, Nancy)

15h30–16h15 : **Utilisation raisonnée de la Réalité Augmentée en fabrication et maintenance industrielle**

Gilles SIMON (LORIA, Nancy)

16h15 – **Conclusion**

Organisation:

Sakina SEGHIR (Pôle Materalia) – sakina.seghir@materalia.fr

Marc JUNGERS (CRAN, Nancy) – marc.jungers@univ-lorraine.fr

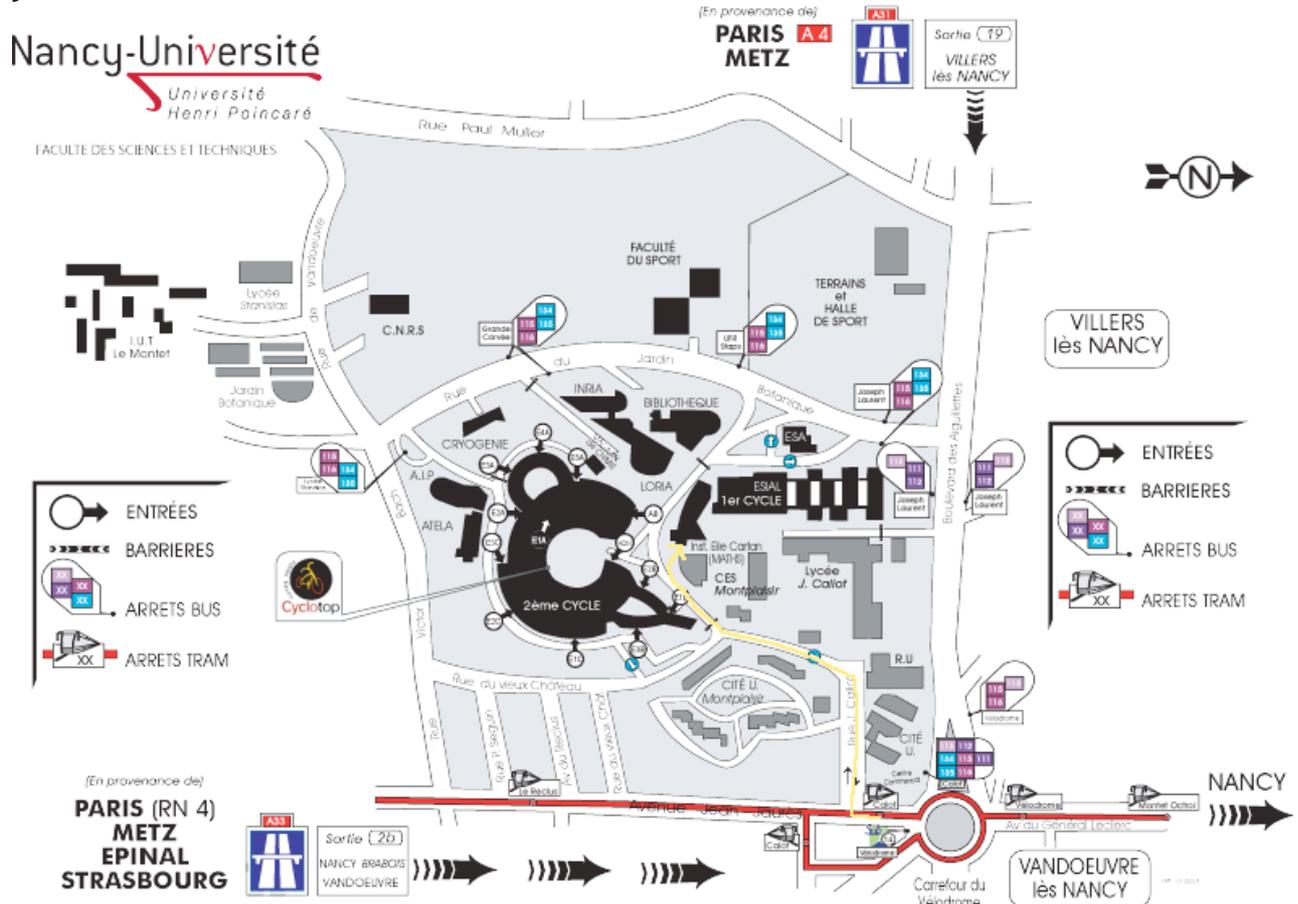
— Fédération Charles Hermite & Pôle de compétitivité Materalia —



Accès à l'Institut Elie Cartan de Lorraine.

Accès en tram depuis la gare de Nancy (sous réserve de modifications)

En sortant de la gare, vous prenez la ligne de tram T1 (direction *CHU de Brabois*). Vous prenez ce tram à l'arrêt *Nancy-Gare* et descendez à l'arrêt *Callot* (qui se trouve Carrefour du Vélodrome). Ensuite, vous suivez les indications du plan ci-dessous. Il vous reste environ 300 m à faire à pied. Ce tram passe environ toutes les 6-7 mn en journée.



Accès en voiture

En provenance de Lyon (ou de Paris)

Sur l'A31, prendre la direction de Nancy. Au premier feu, prendre à droite, passer devant le centre commercial "La Sapinière" (AUCHAN), et prendre la direction Vandoeuvre dans le rond-point. Au bout de la "voie rapide", prendre tout droit au feu. Vous êtes alors Boulevard des Aiguillettes. 800 mètres et quelques feux plus loin, prenez à droite en direction du Lycée de Biotechnologies et du Jardin Botanique. L'IECL Nancy est à votre gauche après 500 mètres supplémentaires...

Passez la barrière, vous y êtes !

En provenance d'Epinal

Sur la B33, prendre la direction de Villers. Suivez la direction Villers les Nancy. Arrivé au Rond Point du Velodrome, suivre les mêmes indications qu'au dessus.





MATERALIA,

Matériaux & Procédés...

Innovation technologique et scientifique



Pôle de Compétitivité MATERALIA

Montage et Accompagnement de projets

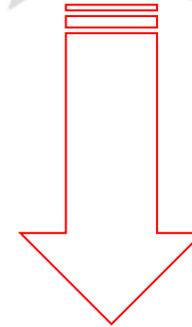
23.11.2016



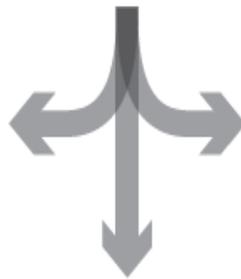
Qu'est-ce qu'un Pôle de Compétitivité?



71
pôles de compétitivité
ont été labellisés en France
entre 2005 et 2012



Faciliter l'émergence de projets collaboratifs de R&D
(Identification du besoin de l'entreprise, organisation de groupes de réflexions thématiques, partenariats avec d'autres membres du pôle...)



Promouvoir l'Innovation
(valorisation des produits jusqu'à la commercialisation)

Accompagner le développement de produits innovants
(aide au montage de projets, aide à la recherche de compétences, labellisation, aide à l'obtention de financements...)

- Politique Industrielle pour favoriser l'innovation
- Accompagnement à la mise sur le marché de nouveaux produits, services ou procédés issus des projets de recherche
- Favoriser l'échange et l'innovation à travers le développement de projets collaboratifs et innovants de recherche et développement

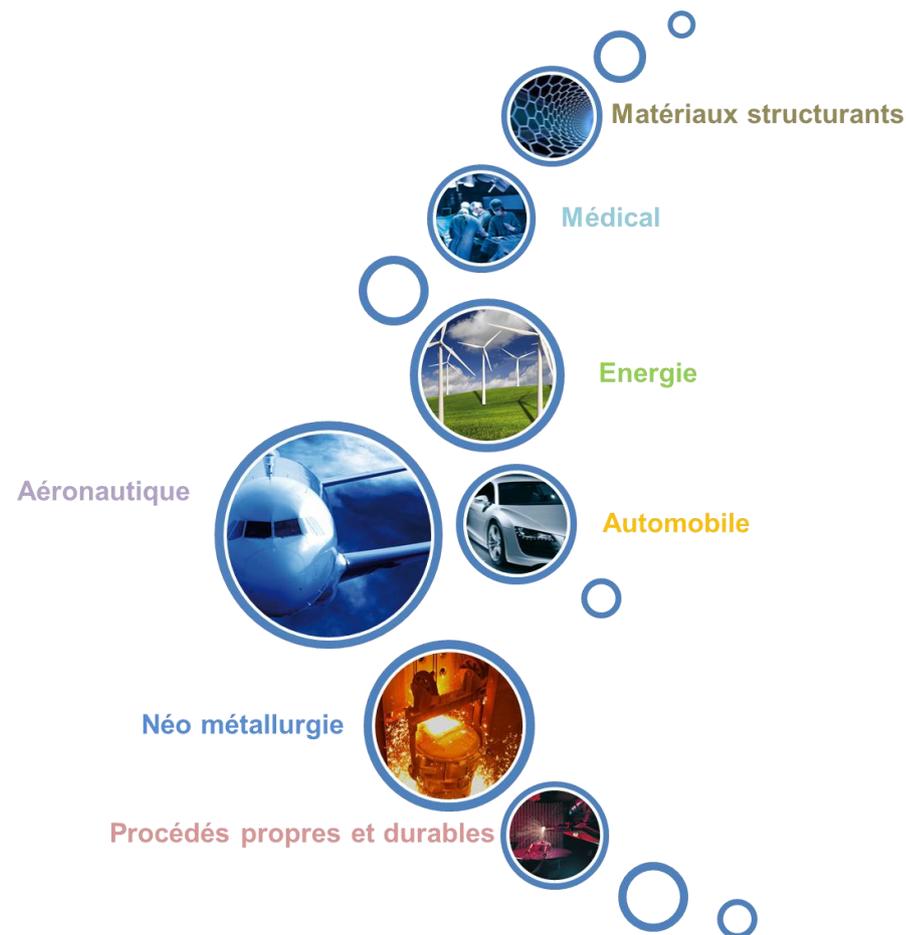
Ecosystème des pôles de compétitivité



UN ACTEUR MAJEUR
au service des entreprises de Lorraine
et Champagne-Ardenne

UN EXPERT RECONNU
dans les matériaux métalliques, composites,
plastiques, d'origine minérale ou organique
et dans les procédés

UN SOUTIEN D'EXCELLENCE
pour ses membres autour des marchés de l'Automobile,
l'Aéronautique, l'Énergie et le Médical



MATERIALIA favorise les partenariats approfondis entre acteurs industriels et chercheurs autour de projets d'innovation collaboratifs dans le but de « **développer les entreprises grâce à l'industrialisation d'innovations à base de matériaux** »

Notre Vocation

**La Montée en Gamme technologique des
Entreprises par l'Industrialisation
d'Innovations dans le domaine des Matériaux
et des Procédés**

Notre Cœur de Métier:

**La détection et le montage de projets
de R&D collaboratifs innovants**



Objectif

Passer de « l'usine à projets » vers « l'usine à produits d'avenir »
ou comment transformer les idées en produits

Stratégie

Innovation technologique et scientifique
«**Matériaux & Procédés**»

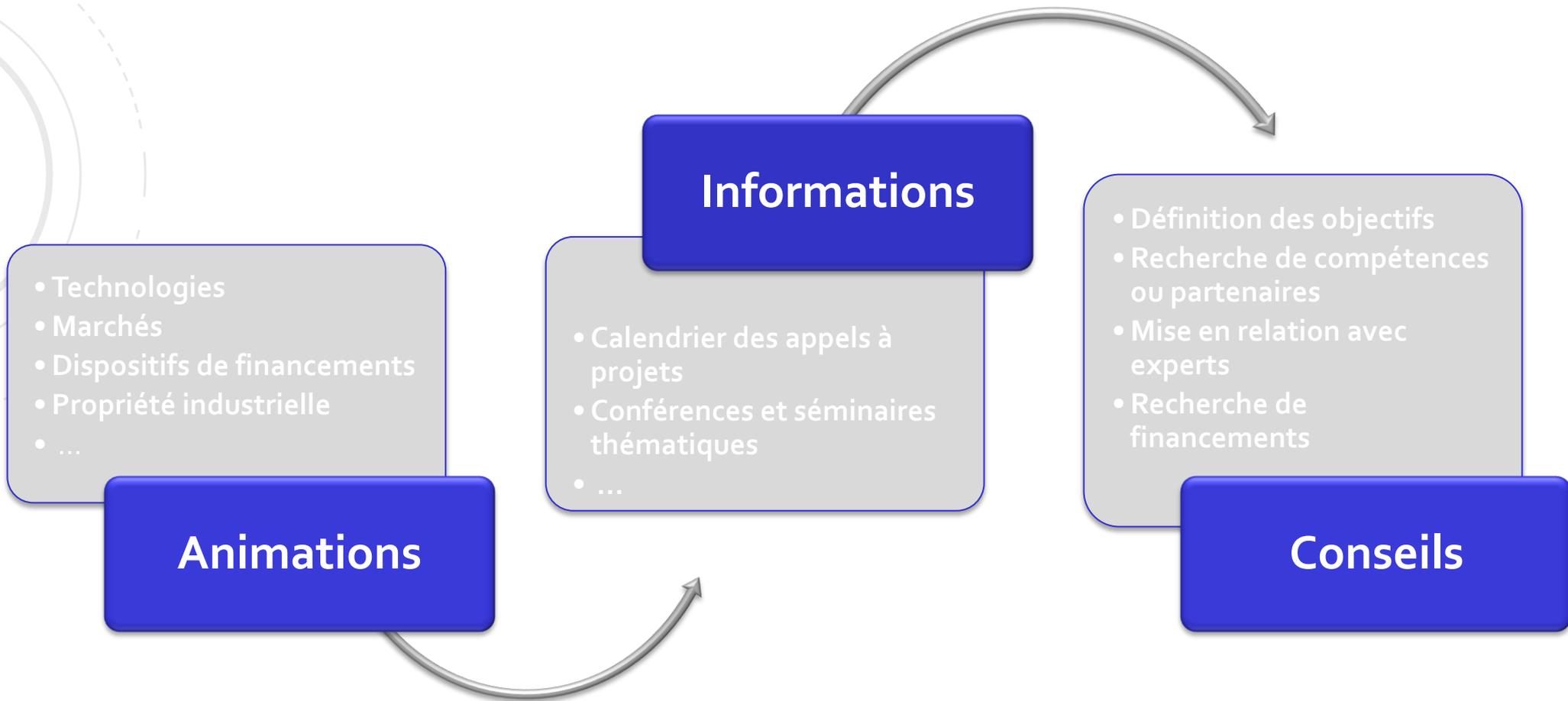
Accompagnement des Entreprises

Montée en compétence,
Technologies clés, Ateliers créativité, Ateliers industriels

Montée en gamme technologique des ENTREPRISES

par l'industrialisation d'innovations dans le domaine des **Matériaux** et des **Procédés**

COMMENT??



Transformer les idées en produits

Enjeux

- Evaluer et améliorer la performance globale et la capacité à innover

Idées

- Trouver de nouvelles idées
- Confronter ces idées
- Valider les idées de projets

Projets

- Identifier des partenaires
- Identifier des technologies
- Conforter la propriété industrielle
- Structurer et sécuriser les projets
- Maîtriser les aspects normatifs et réglementaires
- Financer les projets
- Accéder aux programmes européens de R&D et d'Innovation
- Commercialiser les produits



La Nouvelle France Industrielle



1 plan transverse



9 solutions thématiques



Industrie du Futur

Modernisation de l'outil de production et transformation des modèles d'affaires



Transports de demain

Un transport des personnes et des marchandises plus écologique et plus compétitif



Objets intelligents

L'internet des objets pour améliorer le quotidien



Nouvelles ressources

De nouveaux matériaux biosourcés et recyclés pour toutes les industries



Médecine du futur

Un parcours de soins plus performant grâce à l'innovation médicale et digitale



Confiance numérique

Un environnement numérique de confiance plus protecteur des entreprises et des individus



Ville durable

La ville économe de ses ressources, du producteur au consommateur



Economie des données

Une meilleure gestion et valorisation des données dans les entreprises et dans les services publics



Alimentation intelligente

Une alimentation sûre, saine, durable et exportable



Mobilité écologique

Une mobilité moins chère, plus libre, plus respectueuse de l'environnement et plus sûre au quotidien

Alliance
**INDUSTRIE
DU FUTUR**

Développer l'offre technologique du futur

Se doter des technologies gagnantes de l'industrie du futur

- ➔ **Objectif** : Construire des projets et des plateformes sur chaque enjeu
- ➔ Documenter les technologies clés, en particulier pour les PME
- ➔ Construire une offre française intégrée de pointe

- Multi-matériaux
- Composites grande cadence
- Surfaces fonctionnelles

Composites
et matériaux



- Prototypage virtuel
- Cloud computing
- Big data
- Internet of Things

Digitalisation



- Frittage laser
- Optimisation des structures
- Personnalisation
- Prototypes

Fabrication
additive



- Moteurs haut rendement
- Smart Grid
- Optimisation énergétique
- Eco-conception

Efficacité
énergétique



- Machines intelligentes
- Micro-usines autonomes
- Traçabilité

Transitique
& robotique



- Cobotique
- Réalité augmentée
- Programmation intuitive

Place de
l'homme



- Maintenance préventive
- Capteurs intelligents
- Systèmes cyberphysiques

Monitoring
et contrôle



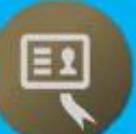
Panorama des Dispositifs de financement *Industrie du Futur*

Au niveau national Recherche de Financements



Appels à projets, Appels à manifestations d'intérêt et actions du programme d'investissements d'avenir (PIA)



 Relever les défis de l'énergie	 Accompagner la révolution numérique	 Développer l'industrie et les transports
 Financement des entreprises	 Concilier Urbanisme et Cohésion sociale	 Réussir la formation en alternance et développer l'emploi
 S'engager en faveur de l'éducation et de la solidarité	 Investir dans la santé et les biotechnologies	 Soutenir l'excellence dans l'enseignement supérieur et la recherche
 Valoriser la Recherche	 Partenariats régionaux d'Innovation	

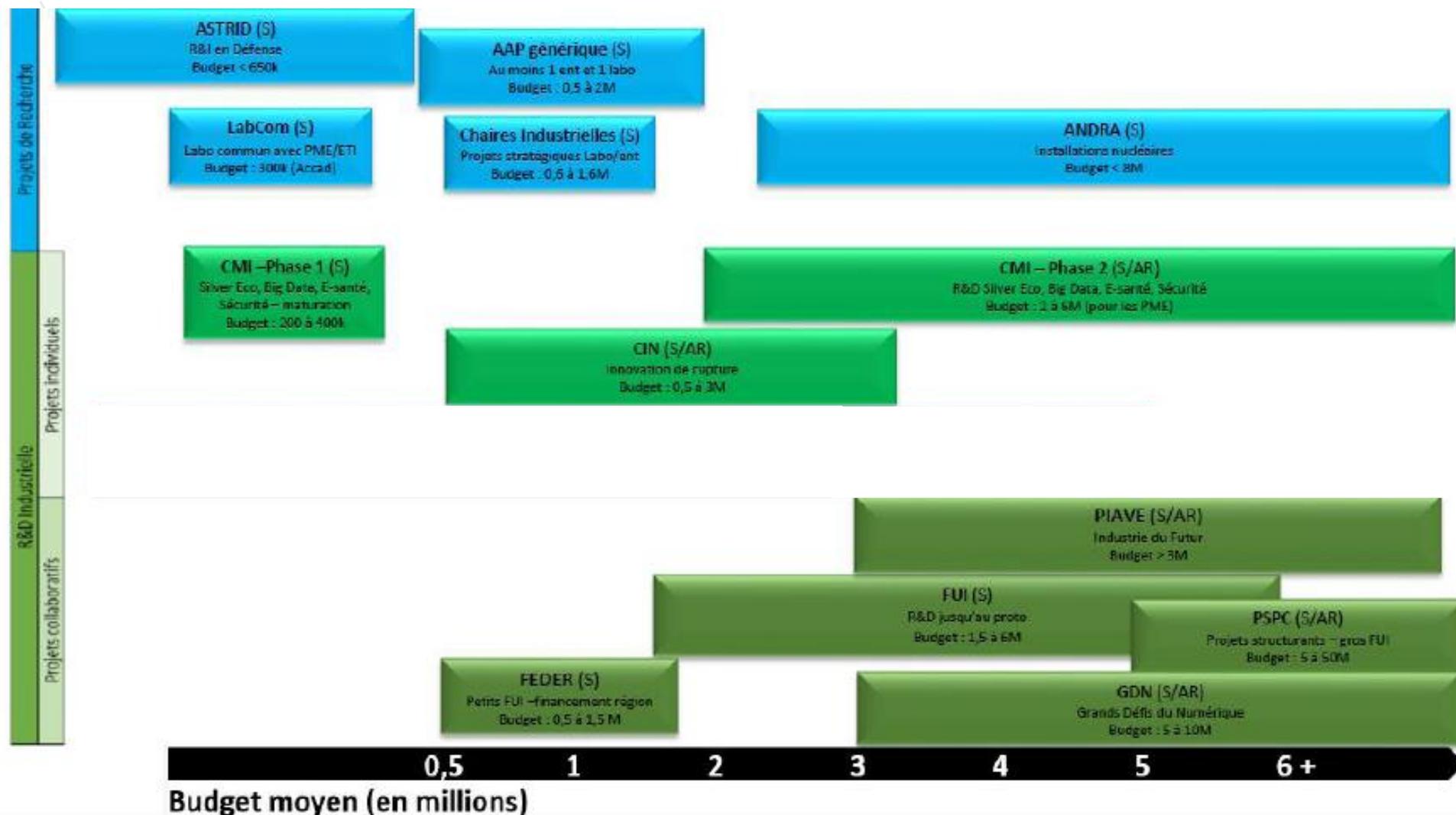


AAP

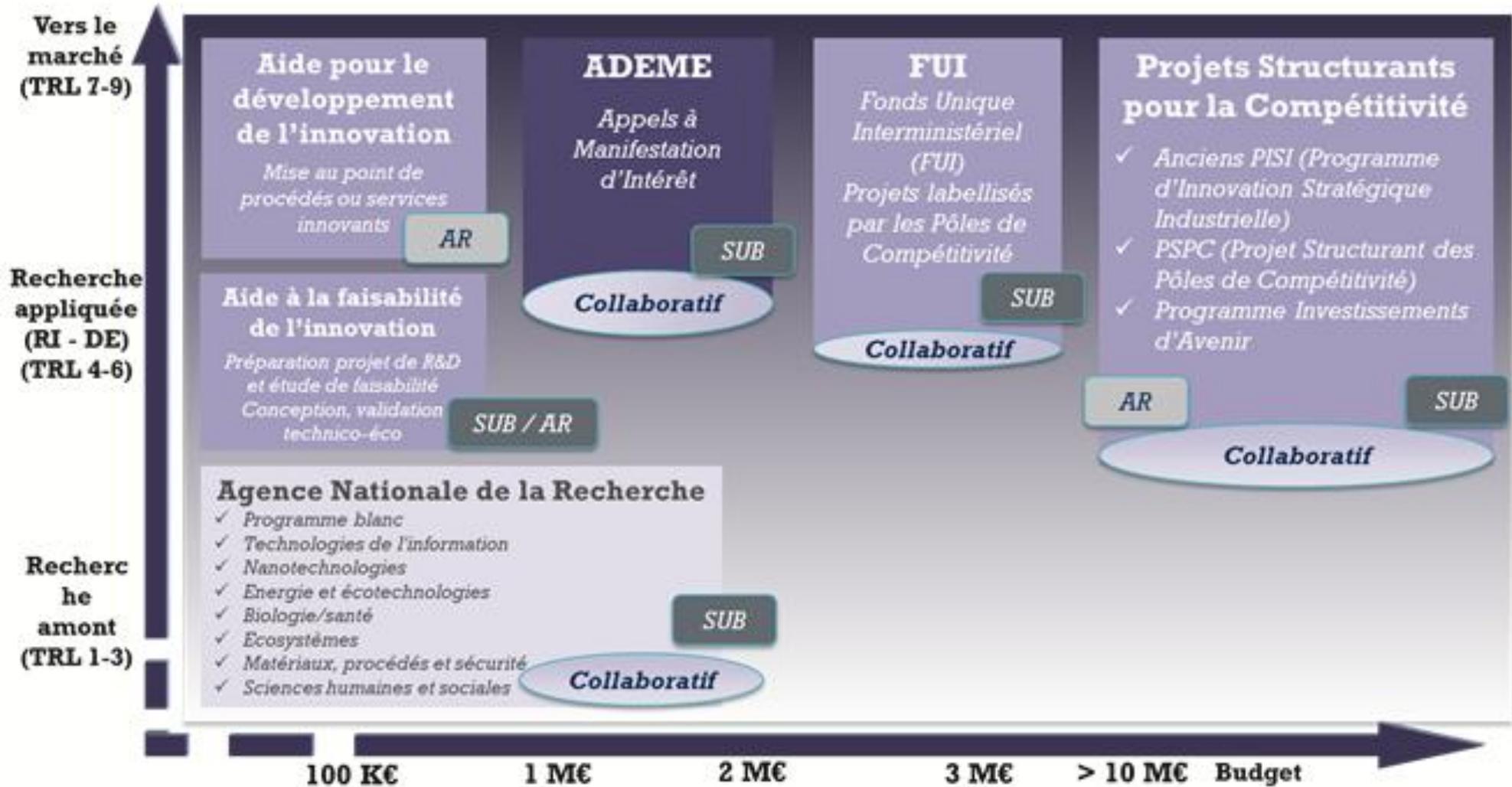
Au niveau national Recherche de Financements

Panorama des appels à projets nationaux

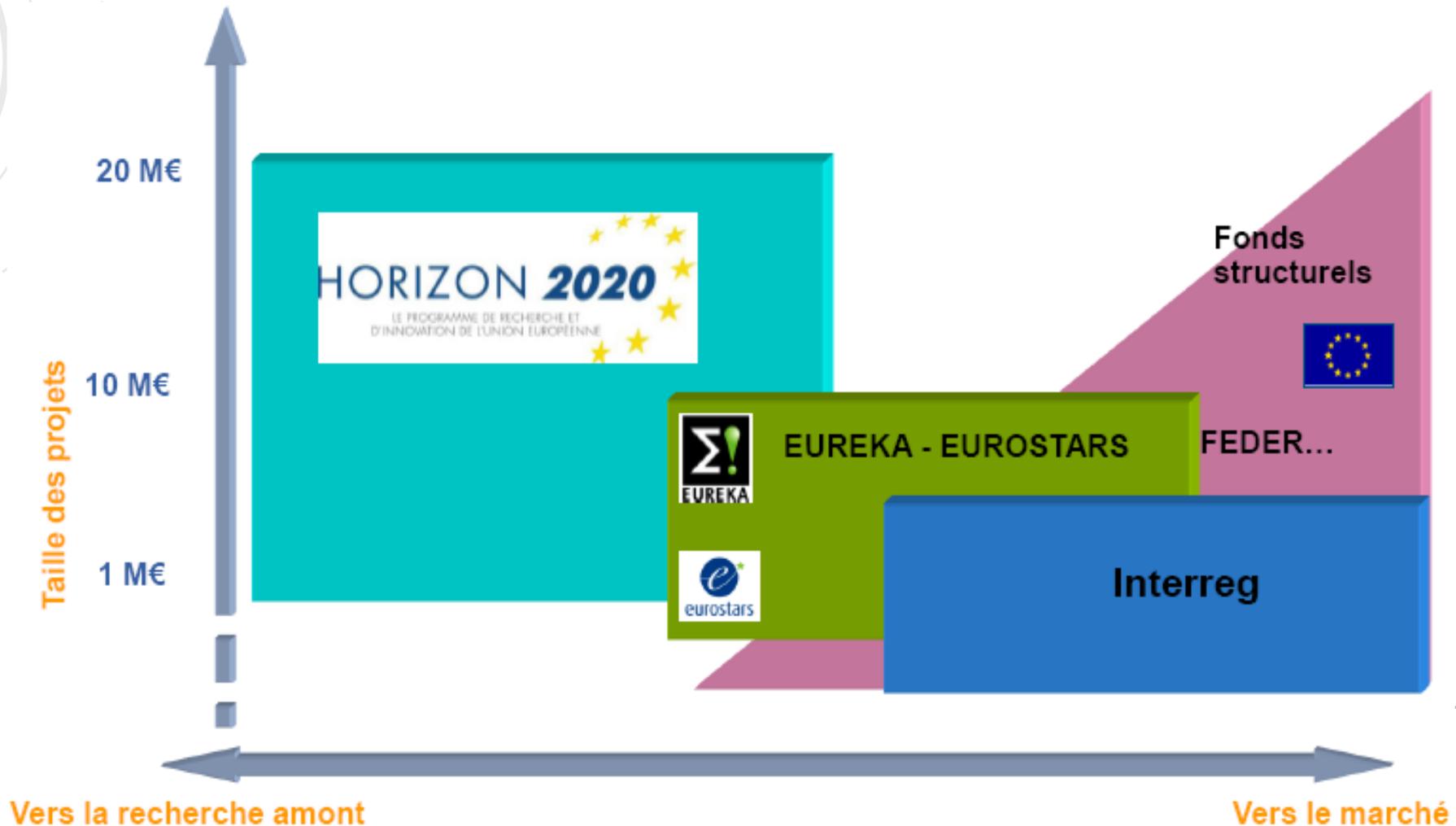
(S) : Subvention
(AR) : Avance remboursable



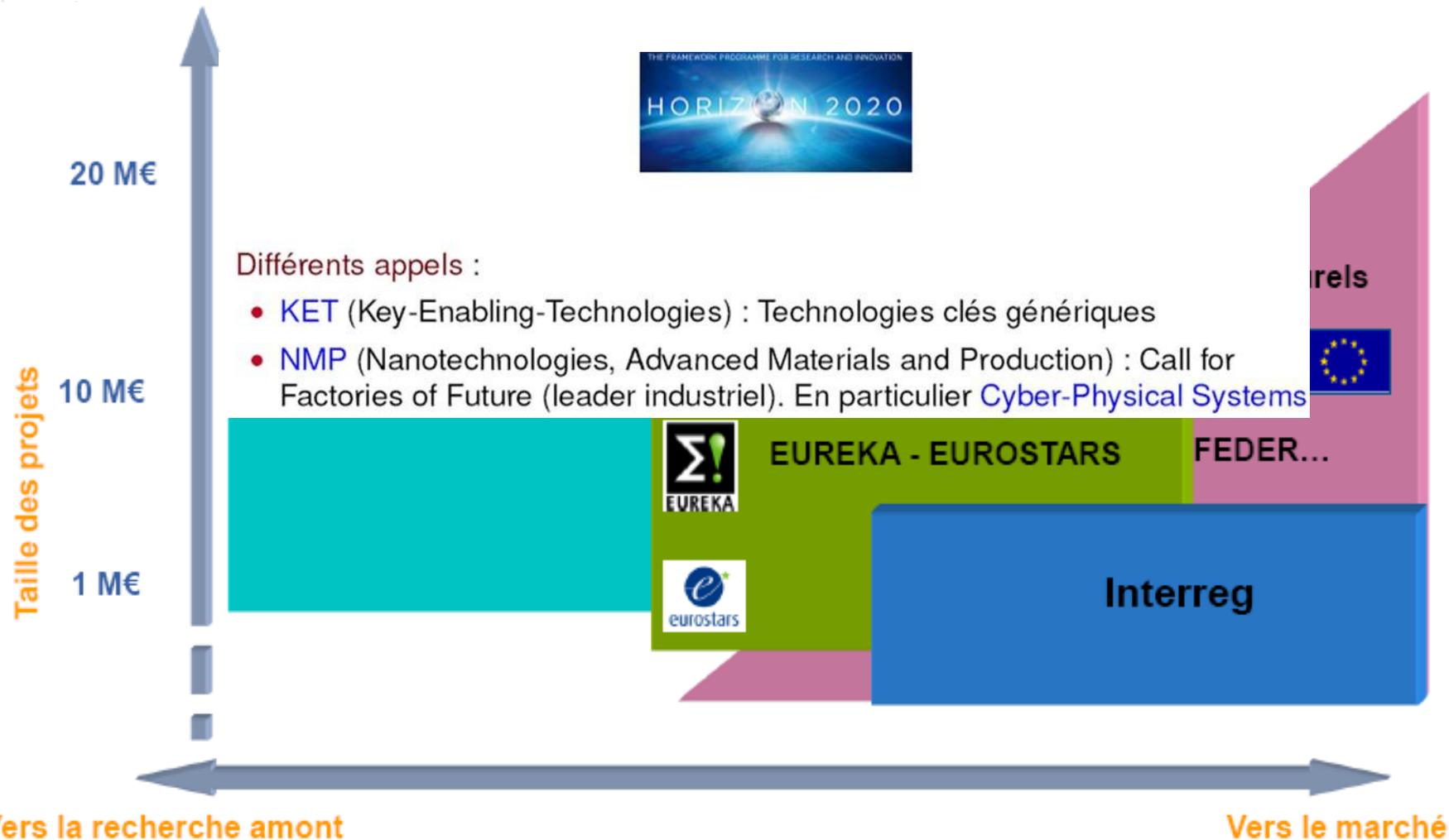
Au niveau national Recherche de Financements

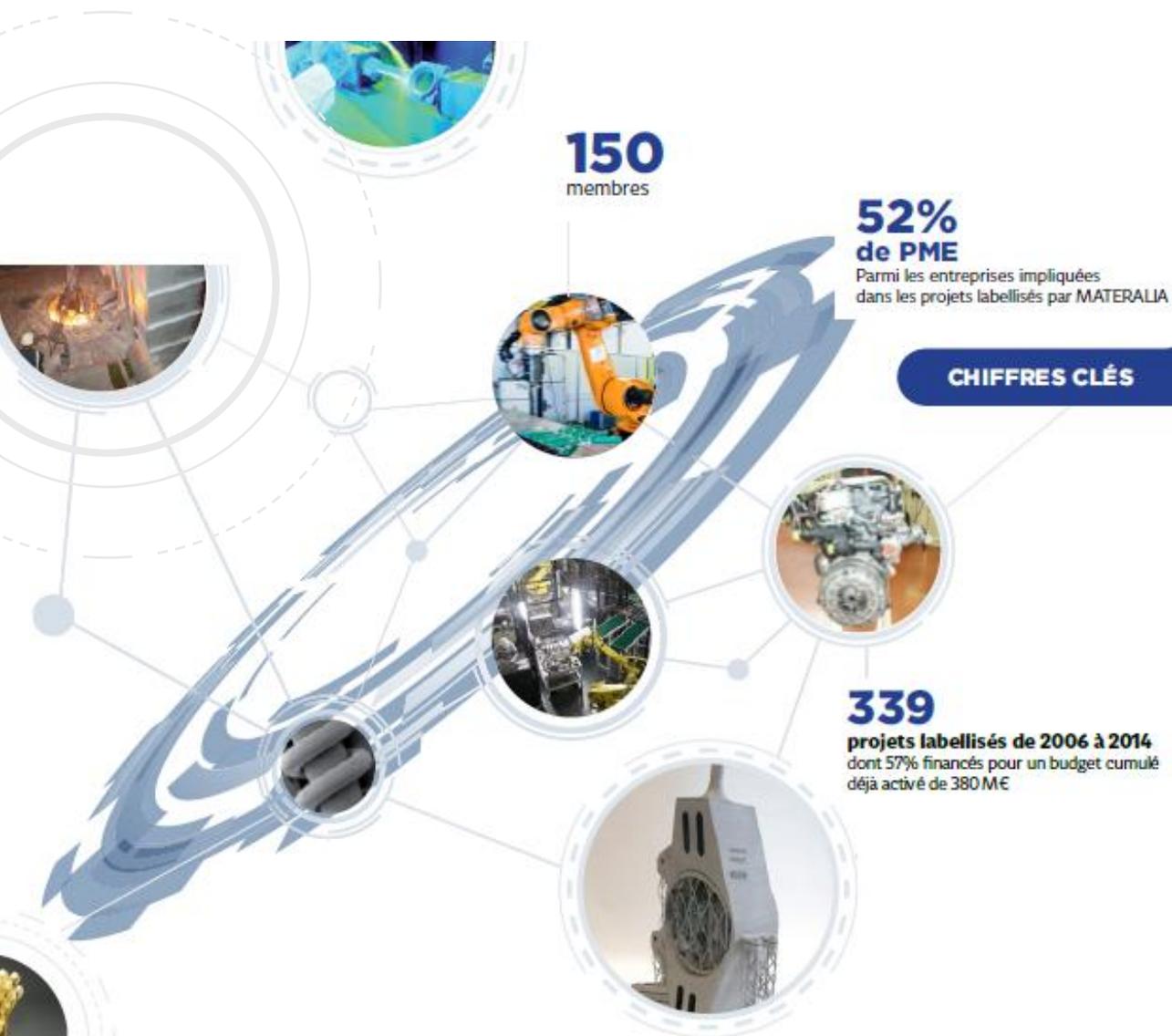


Financements Européens



Financements Européens





Merci de votre attention

METZ
Ciram – 4 rue Augustin Fresnel
57070 Metz
☎ : 03 87 37 42 82

CHARLEVILLE-MEZIERES
1, avenue Gustave Gailly
08000 Charleville-Mézières
☎ : 03 24 36 29 51

www.materialia.fr



FCH
Fédération Charles Hermite

Fédération Charles Hermite

Automatique, Mathématiques, Informatique et leurs Interactions

Université de Lorraine - CNRS

Journée Scientifique

**« SCIENCE DU NUMERIQUE POUR L'USINE DU
FUTUR »**

23 novembre 2016

IECL

Organisateurs : S. SEGHIR (Materalia) – M. JUNGERS (CRAN)



La Fédération Charles Hermite a été constituée en **2009**. Elle regroupe 3 laboratoires :

- Le Centre de Recherche en Automatique de Nancy (**CRAN**)
- L'Institut Elie Cartan de Lorraine (**IECL**)
- Le Laboratoire Lorrain de Recherche en Informatique et ses Applications (**Loria**)

intégrés dans le Pôle Scientifique : Automatique, Mathématiques, Informatique et leurs Interactions (**AM2I**)



La Fédération favorise **l'interdisciplinarité** à travers trois actions emblématiques :

- le parrainage de nombreuses **journées scientifiques** sur des thèmes transverses (5 à 6/an)
- l'attribution **d'une allocation de Thèse** par an (avec la Région Grand Est) dont le sujet associe deux chercheurs de deux laboratoires différents



- **Pérenniser les interactions** entre les Entreprises et les laboratoires de recherche en Automatique, Mathématiques et Informatique de la Fédération Charles Hermite via :
 - ✧ **un Forum** tous les 2 ans
 - ✧ **des groupes de travail** thématiques



Comment organiser une journée scientifique FCH ?

- **Prendre contact avec P. Vallois**
- **Définir un thème qui implique deux disciplines**
- **Fixer une date, un programme avec des intervenants lorrains ou extérieurs**

L'organisation pratique est assurée par N. Benito.

La Fédération prend en charge les frais de transport, d'hébergement et les pauses/buffet.

Alliance
**INDUSTRIE
DU FUTUR**



Entrez
dans l'industrie
du futur...



Industrie du futur

Les repères clés



Le futur
existe déjà

Modernisation
de l'outil
productif

Personnalisation
Productions unitaires
Agilité, flexibilité

Automatisation
Maîtrise process
Technologies

Autonomisation
Nouveaux métiers

19 ans

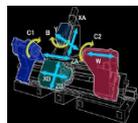
1
=
100

35
=
140

>50%
2030

Continuité numérique
Confiance numérique
Usine synchronisée

Données = nouvelle matière 1^{ère}
Nouvelles chaînes de valeur
Nouveaux modèles économiques



Inversion pyramide des compétences
Nouvelles organisations
Nouveaux modes de management

Industrie du futur est

Connectée



Optimisée

Créative



Alliance
INDUSTRIE
DU FUTUR



Des supports
et outils
opérationnels



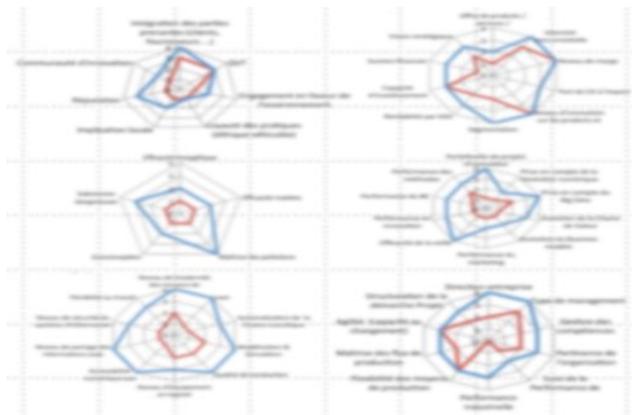


Les 8 leviers de compétitivité du référentiel Industrie du futur

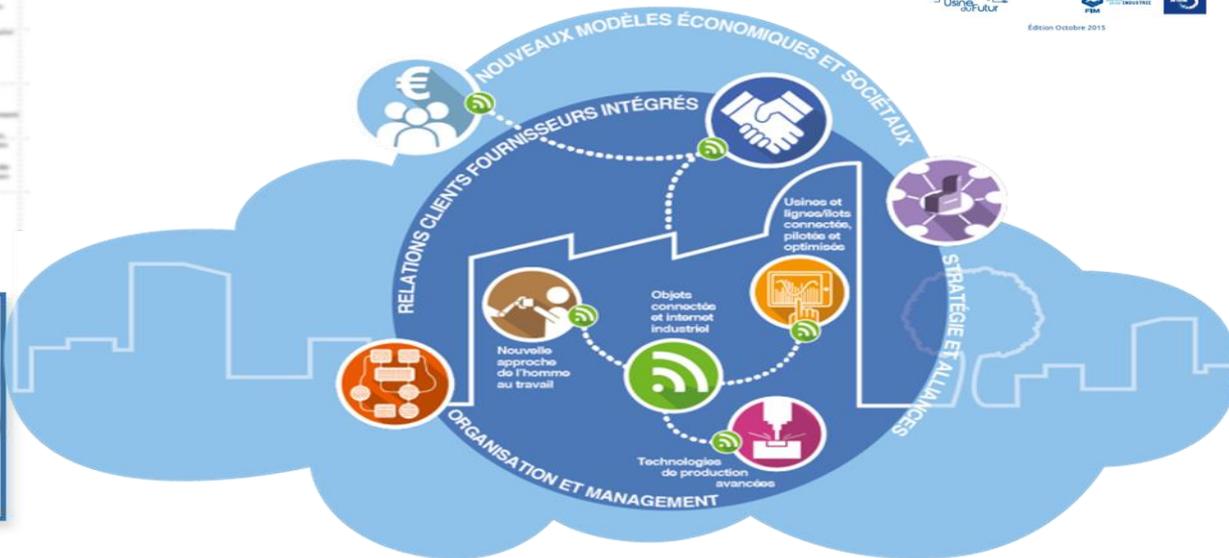


Exemples de supports disponibles

INDUSTRIE DU FUTUR ZOOM TECHNO



Édition Octobre 2015



Recensement de "Use Cases" Industrie du Futur

- 162 exemples d'application en PME
- Provenant de secteurs variés
- Avec des témoignages d'industriels
- Sélection par Région, mot-clé, technologie, ...

The screenshot displays the website interface. On the left, a map of France is overlaid with 162 numbered blue circular markers indicating the locations of various use cases. The markers are distributed across the country, with higher concentrations in the north and west. The website header includes navigation menus for 'ENJEUX', 'LEVIERS DE COMPÉTITIVITÉ', 'RÉGIONS', 'DÉPARTEMENTS', and 'TAILLE DE L'ENTREPRISE'. A search bar on the right shows the results for the query 'LA ROBOTIQUE POUR RECONQUÉRIR L'EXPORT AZ METAL'. The results table lists the following details:

ENJEUX	Marché, Technologique, Organisationnel
LEVIERS DE COMPÉTITIVITÉ	Organisation industrielle et management ; Usines et lignes connectées, pilotes, optimisées
RÉGION	Bretagne
DÉPARTEMENT	Côtes d'Armor
TAILLE DE L'ENTREPRISE	20 - 49

Below the search results, there are buttons for 'BEIRENS', 'LA DÉMATÉRIALISATION POUR BILSING AUTOMATION', and 'BOUST SIN'. A video player is visible in the bottom right corner, showing a robotic welding process with a blue flame.

<http://exemples-aif.industrie-dufutur.org/>



- Proposez un cas dans votre entreprise

DEPLOIEMENT OPERATIONNEL DE L'INDUSTRIE DU FUTUR DANS VOTRE ENTREPRISE

COMMENT UTILISER CETTE APPLICATION

Cette application est votre boîte à outils pour le déploiement de l'industrie du futur dans votre entreprise. Vous pouvez naviguer dans le référentiel Industrie du Futur développé au sein de l'Alliance Industrie du Futur et découvrir ses différentes briques technologiques et non technologiques. Vous trouverez également une sélection de témoignages, de fiches pratiques et de réponses aux questions les plus fréquentes posées par les PME/PMI.

L'application vous permet de vous poser les questions essentielles pour aborder l'industrie du futur dans votre entreprise et ainsi dresser le profil de votre organisation actuelle et future. Vous pourrez alors nous poser vos questions particulières pour aller plus loin dans le déploiement de votre industrie du futur.

Pour vos premiers pas, l'application vous propose à la rubrique Médias quelques vidéos de découvertes de l'industrie du futur.

COMMENT NAVIGUER DANS LE SITE ?

DECOUVERTE INTERACTIVE

Naviguez
dans l'arborescence
industrie du futur
mise à disposition

Accédez directement
à l'information recherchée
par mots clés

RECHERCHE

FAQ

Quelques réponses
à vos questions
les plus fréquentes

A VOUS DE JOUER

Dressez votre profil industrie du futur
et posez-nous vos questions
pour aller plus loin, pour préparer
votre parcours industrie du futur

BOITE A OUTILS

Découvrez l'ensemble
des témoignages et cas pratiques
mis à votre disposition

MEDIAS



DERNIERES PUBLICATIONS

06 Nov 2016

Une vidéo pédagogique qui vous fait découvrir les différentes facettes de la robotique industrielle avancée
Lire la suite >>



DECouvrez UNE AUTRE
MANIERE DE NAVIGUER DANS
LE REFERENTIEL
INDUSTRIE DU FUTUR



« Lignes et lignes/lots connectés, pilotés et optimisés : la virtualisation pour l'optimisation du système de production ?
Conception et qualification virtuelle des systèmes de production »

PRÉSENTATION | INTRODUCTION | DÉFINITION | MÉTHODOLOGIE

Sélectionnez un levier
 puis cliquez de droite à gauche dans les thématiques et les leviers.

LEVIERS
 Mettre en favori

USINES ET LIGNES/LOTS CONNECTÉS PILOTÉS ET OPTIMISÉS

Les bots, les lignes et les usines vont être connectés, optimisés et pilotés en s'affranchissant des organisations linéaires et des fonctionnements en silos. Dans l'industrie du futur, les processus industriels avec conception/production puis industrialisation/production puis maintenance/opérations vont disparaître. Demain on va, avant même d'avoir créé le moindre élément matériel d'une ligne de production, la concevoir complètement, la qualifier, la tester, l'optimiser et former les opérateurs. L'achèvement des gammes dans l'atelier sera de plus en plus automatisé pour devenir fluide et flexible. Les interactions entre le physique et le numérique vont se multiplier, s'intégrer. L'industrialisation des produits est optimisée par la virtualisation de prototypes 3D directement sur la ligne de fabrication. Dès aujourd'hui, les informations sont collectées sur le terrain puis analysées en temps réel pour agir directement sur le processus ou pour alimenter l'atelier à la décision de l'opérateur. L'expérience devient une donnée, une information de connexion est directement transmise à l'équipement à l'origine du problème, qu'il soit dans l'usine ou chez un fournisseur. Tout cela va complètement changer la relation de l'homme au travail et les modes de pilotage des ateliers.

LA VIRTUALISATION POUR L'OPTIMISATION DU SYSTEME DE PRODUCTION

THEMATIQUES
Mettre en favori

La virtualisation des systèmes de production permet de modéliser toutes les opérations nécessaires à la fabrication des produits ou services avant le lancement en production, de façon à éliminer tous les problèmes qui pourraient survenir, ou à optimiser la planification, par exemple. Simuler la panne d'une machine, modifier l'ordre d'un processus, changer de production permet de prévoir les meilleures actions à mettre en place pour préserver la flexibilité.

TEMOIGNAGES, EXEMPLES ET CAS PRATIQUES 1

- Video pédagogique : les outils numériques au service de la conception proposée par le Cstec.

CONCEPTION ET QUALIFICATION VIRTUELLE DES SYSTEMES DE PRODUCTION

METHODOLOGIE
Mettre en favori

L'industrie du futur permettra de simuler les procédés et les processus afin d'optimiser la manufacturing en termes de coût, qualité, vitesse.

PROCES ASSURÉS

- Assurance de la simulation numérique avec les technologies de CAE/DAE/FAE.
- Intégration de la production virtuelle de la chaîne des données.
- Optimisation de la phase R&D par la prise en compte des aspects de qualification en CAE (paramètres critiques de comportement).
- Qualification virtuelle collaborative.
- Modélisation du fonctionnement interne de systèmes complexes par la simulation de qualification.
- Contraintes des systèmes.
- Optimisation des processus de production.
- Revente.

TEMOIGNAGES, EXEMPLES ET CAS PRATIQUES

Témoignage : une industrialisation de concept à la virtuelisation.
Témoignage : des tests à la production virtuelle d'une nouvelle ligne de conditionnement.
Proposé par Visualize.
Témoignage : Etude de conception de chaînes automatisées - Proposé par Visualize.

Votre image de marque industrielle du futur



FÉDÉRER, ACCÉLÉRER, TRANSFORMER



#BrickMyFutur

La vision de mon industrie du futur

Leviers	Thématiques	Macrobriques
■	Produits connectés	07 12
■	Technologies de connexion des machines	11 07
■	Infrastructure d'échange de données	17 23 32 36 55 56 12
■	Nouveaux matériaux et matériaux intelligents	01 41 42
■	Procédés de fabrication innovants	27 14 24 28 44 50 00 04
■	Procédés éco-responsables	51 59
■	Robotique avancée et machines intelligentes	36 11 26
■	Automatisation, machines et robots industriels	06 39
■	Composants intelligents	13
■	Surveillance et captation multi-physique	57 43 48
■	Contrôle Commande	58 12
■	Applications mobiles et sociales	03
■	Qualité de Vie au Travail (QVT)	34 40
■	Assistance physique	10 05
■	Assistance cognitive	15 02 03
■	La virtualisation pour l'optimisation du système de production	40 16 53
■	Intelligence opérationnelle : traitement en temps réel des données	08 48 49

« Livrer et ignorer les correctifs, pièces et optimiser ». La virtualisation pour l'optimisation du système de production ?
Conception et qualification virtuelle des systèmes de production

PRÉSENTATION
INTRODUCTION
CONCEPTS

Sélectionner un levier puis cliquer de droite à gauche dans les thématiques et les briques.

USINES ET LIGNES/LOTS CONNECTÉS PILOTÉS ET OPTIMISÉS

LEVIERS
Mettre en favori

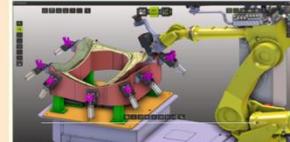


Les lots, les lignes et les usines vont être connectés, optimisés et pilotés en s'affranchissant des organisations linéaires et des fonctionnements en silos. Dans l'industrie du futur, les processus linéaires avec conception/production puis industrialisation/production puis maintenance/commercialisation vont disparaître. Demain on va, avant même d'avoir créé le moindre élément matériel d'une ligne de production, la concevoir complètement, la qualifier, la tester, l'optimiser et former les opérateurs. L'achèvement des pièces dans l'atelier sera de plus en plus automatisé pour devenir fluide et flexible. Les interactions entre le physique et le numérique vont se multiplier, s'intégrer. L'évaluation des produits est optimisée par la visualisation de prototypes 3D directement sur la ligne de fabrication. Dès aujourd'hui, les informations sont collectées sur le terrain puis analysées en temps réel pour agir directement sur le processus ou pour alimenter l'atelier à la décision de l'opérateur. L'information devient une donnée, une information de connexion est directement transmise à l'équipement à l'origine du problème, qu'il soit dans l'usine ou chez un fournisseur. Tout cela va complètement changer la relation de l'homme au travail et les modes de pilotage des ateliers.

LA VIRTUALISATION POUR L'OPTIMISATION DU SYSTÈME DE PRODUCTION

←
THÉMATIQUES
→

Mettre en favori



La virtualisation des systèmes de production permet de mobiliser toutes les capacités nécessaires à la fabrication des produits ou services avant le lancement en production, de façon à éliminer tous les problèmes qui pourraient survenir, ou à optimiser la planification, par exemple. Simuler la panne d'une machine, modifier l'ordre de flux, modifier les centres de production permet de prévoir les meilleures actions à mettre en place pour préserver la flexibilité.

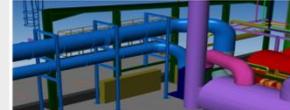
TEMOIGNAGES, EXEMPLES ET CAS PRATIQUES 1

- Vidéo pédagogique : les outils numériques au service de la conception proposée par le Cstec

CONCEPTION ET QUALIFICATION VIRTUELLE DES SYSTÈMES DE PRODUCTION

←
MASQUE
→

Mettre en favori



L'industrie du futur permettra de simuler les procédés et les processus afin d'optimiser la manufacturing en termes de coût, qualité, service.

PROJETS ASSOCIÉS

- Association de la modélisation numérique avec les technologies de CAD/FAO/FAEM.
- Numérique X : le pilot d'opérateur de la conception des défauts.
- Optimisation de la phase R&D par la prise en compte des aspects de qualification en CAD (paramètres physiques de comportement).
- Qualification virtuelle collaborative.
- Réalisation du fonctionnement externe de systèmes complexes par la simulation de qualification.
- Comparabilité des systèmes.
- Optimisation des processus de production.
- Réalité.

TEMOIGNAGES, EXEMPLES ET CAS PRATIQUES

Témoignage : une modélisation du contrat à la virtualité.
Témoignage : les 3D dans la conception virtuelle d'une nouvelle ligne de conditionnement.
Projeté par Visual.
Témoignage : Etats connectés de chaînes automobiles - Projeté par Visual.

* Voir l'image de mon industrie du futur



Les dispositifs Cifre

Dopez vos performances avec un doctorant

Guilhem FRESCALINE, PhD

Développement de la formation doctorale

Service Cifre - ANRT

frescaline@anrt.asso.fr



MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION NATIONALE,
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE

Présentation du dispositif

➤ Objectifs

- Placer les **doctorants** dans des **conditions d'emploi optimales**
- Concourir au **développement de la recherche partenariale** entre les entreprises françaises et les laboratoires français et étrangers

➤ Quelques chiffres

- **35 ans d'existence**
- **1400 Cifre ouvertes en 2016**
- **4 200 Cifre en cours** avec 1800 entreprises distinctes

➤ Dépôt des demandes

- **Toute l'année**
- **Toutes disciplines scientifiques, tous secteurs d'activité**
- **Candidat doctorant de toute nationalité**

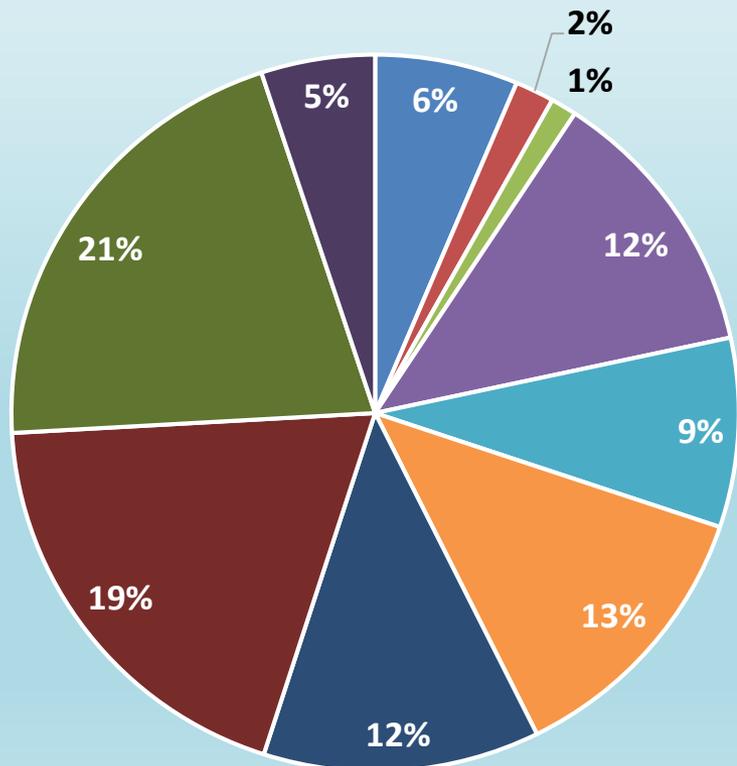
➤ Financées par le



MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION NATIONALE,
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE

Des Cifre dans tous les domaines scientifiques

Disciplines scientifiques des 1383 Cifre acceptées en 2015



- Mathématiques
- Physique
- Sciences de la Terre
- Chimie/Matériaux
- Santé
- Sciences de l'Homme
- Sciences de la Société
- Sciences pour l'ingénieur
- STIC
- Agronomie/Agroalimentaire

Organisation des Cifre



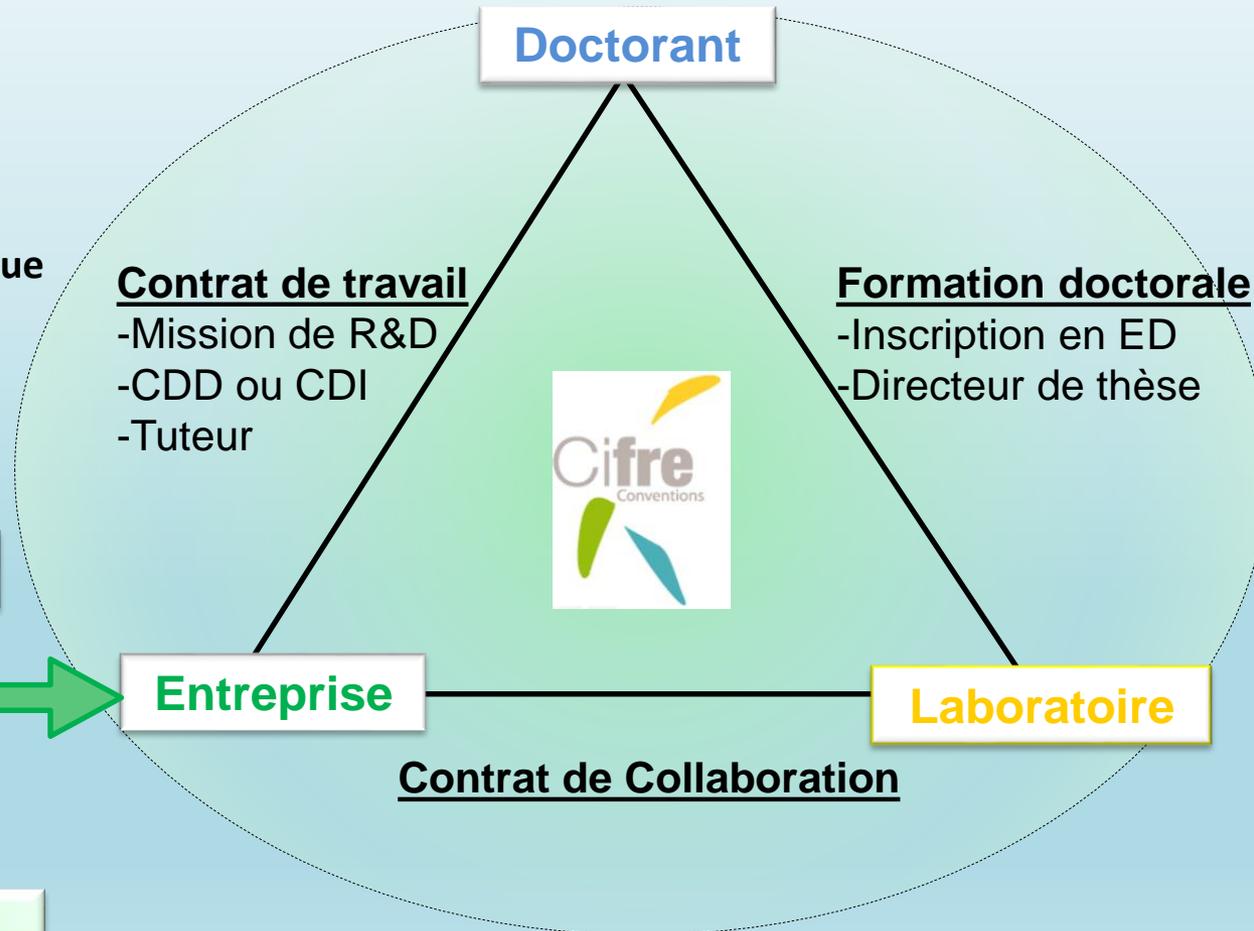
- Eligibilité
- Complétude
- Expertise socio-économique
- Expertise scientifique
- Décision du CES



Signature de la CIFRE

14.000 € / an
= 42 000 € sur 3 ans

+ CIR possible
= 10 595 € /an minimum
(si éligible)



1. CIR sur les coûts salariaux

- Pour un salaire minimal brut de 23 484 €
 - CIR = 10 595€

Bilan financier

32 878 € (salaire chargé)
- 14 000 € (subvention Cifre)
- 10 595 € (CIR)

= 8283 €

2. CIR sur le contrat de collaboration

Concernent les dépenses engendrées par la collaboration avec le laboratoire académique

- Exemple : pour une participation annuelle de l'entreprise de 10.000 €
 - CIR = (10 000 x 2) x 0.30 = **6.000 €**
- Conditions : prestation de R&D concourant à lever un « verrou technologique » et non à de l'innovation
- Recommandation : se rapprocher de l'administration fiscale

- 1. Se doter d'une ressource humaine performante**
 - ✓ Se doter d'une expertise dans le traitement de problèmes complexes
 - ✓ Anticiper des problématiques
 - ✓ Avoir une visibilité précise des travaux de recherche
 - ✓ Internaliser/intégrer les compétences

- 2. Collaborer avec le laboratoire de recherche académique**
 - ✓ Obtenir des résultats de haut niveau
 - ✓ Accéder aux compétences scientifiques des chercheurs
 - ✓ Accéder aux ressources/plateformes technologiques

- 3. Sécuriser le temps consacré à la R&D**

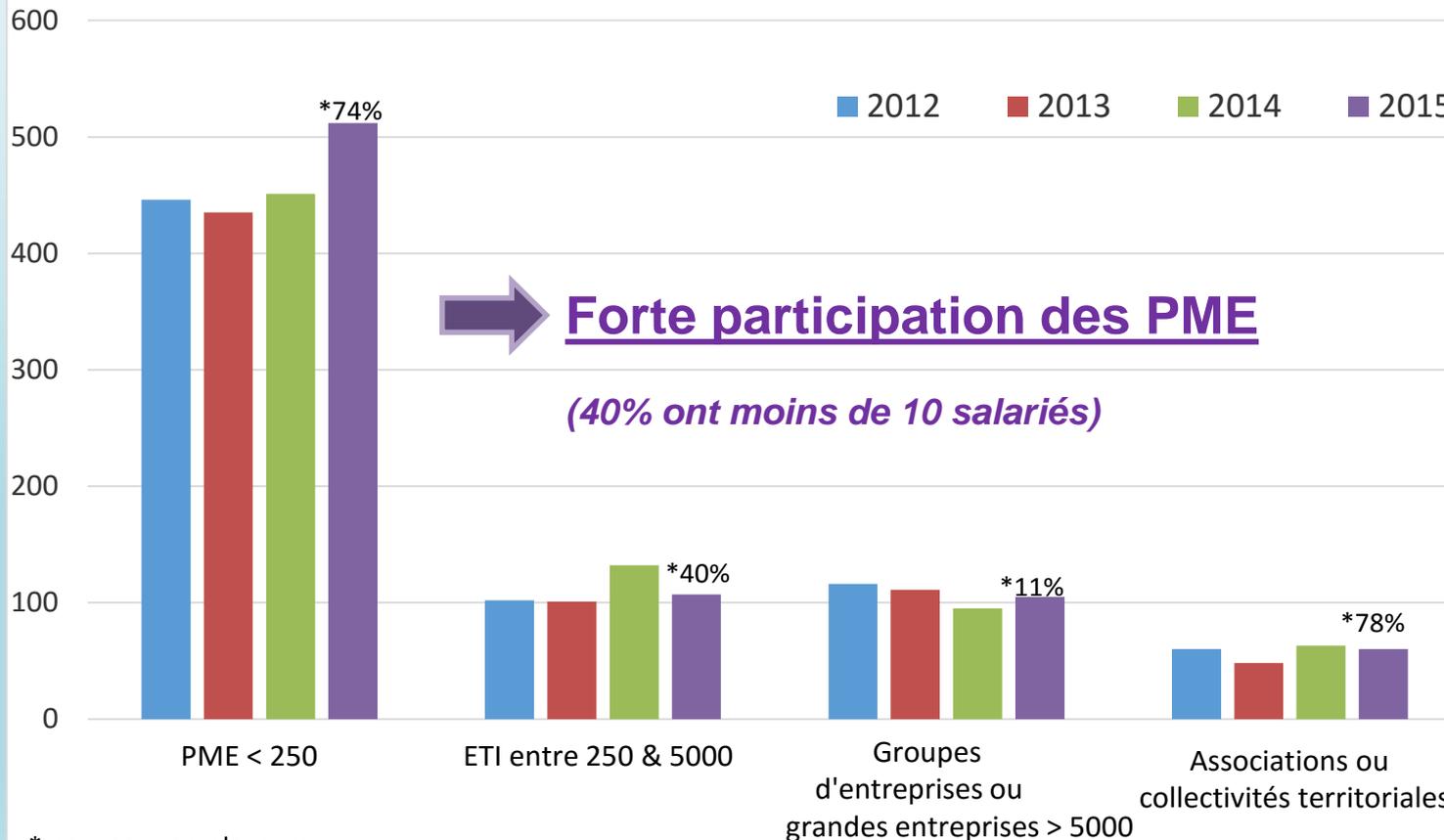
- 1. Placer leurs doctorants dans des conditions de travail optimales et leur offrir une véritable voie de professionnalisation**
- 2. Confronter ses axes stratégiques de recherche avec les besoins des entreprises, et se doter d'un potentiel de transfert et de valorisation des recherches.**
- 3. Permettre aux chercheurs de développer de nouveaux concepts combinant une approche fondamentale et la construction de solutions concrètes**
- 4. Travailler sur le long terme pour pouvoir construire une relation**

Bénéfices pour les étudiants

1. **Une expérience et un travail de recherche** reconnus dans les contextes académiques et entrepreneurial
2. **Une bi-culturalité** recherchée par les employeurs
3. **Un double encadrement**
4. **Des conditions de travail et de soutenance optimales**
 - ✓ Un contrat de travail et un salaire minimal de 23.484 € brut annuel
 - ✓ Moyenne brut annuel 2015 : 28.972 € (toute discipline confondue)
 - ✓ Taux de soutenance élevé (> 90%)
5. **Une employabilité démontrée (90% dans les 6 mois).**

Typologie des entreprises - Nombre d'employeurs -

784 en 2015 dont 61%* de nouvelles



* nouveaux employeurs

Typologie des entreprises - Nombre de Cifre -

Nombre de Cifre allouées en 2015
selon la typologie des employeurs



Présentation du dispositif



➤ Objectifs

- La DGA a confié à l'ANRT la mise en œuvre des CIFRE-Défense, financées par le Ministère de la défense (DGA) afin de favoriser la recherche partenariale publique-privée sur des sujets d'intérêt défense

➤ Quelques chiffres

- Depuis 2009
- 20 Cifre-Défense en 2016

➤ Dépôt des demandes

- entre mars et septembre (date limite : mi-septembre)
- Sur des disciplines scientifiques fixées par la DGA
- Réservé aux étudiants européens (+ suisse)

➤ Financées par le



A la fin de la Cifre

- 1/3 restent dans l'entreprise partenaire de la Cifre
- 70% sont en emploi dans les 3 mois qui suivent la fin de Cifre
- 70% des « en emploi » ont anticipé leur recherche d'emploi avant la fin de la Cifre

De 1 à 5 ans après

- 2/3 dans le secteur privé
- 1/3 dans l'Enseignement supérieur et la Recherche

Pour quel type de missions?

- Missions de recherche (40%)
- Missions d'expertise technologique (53%)
- Missions d'expertise tertiaire (6%)

(enquête portant sur un panel des 834 cas de Cifre terminées entre 2012 et 2014)

Organisation des Cifre



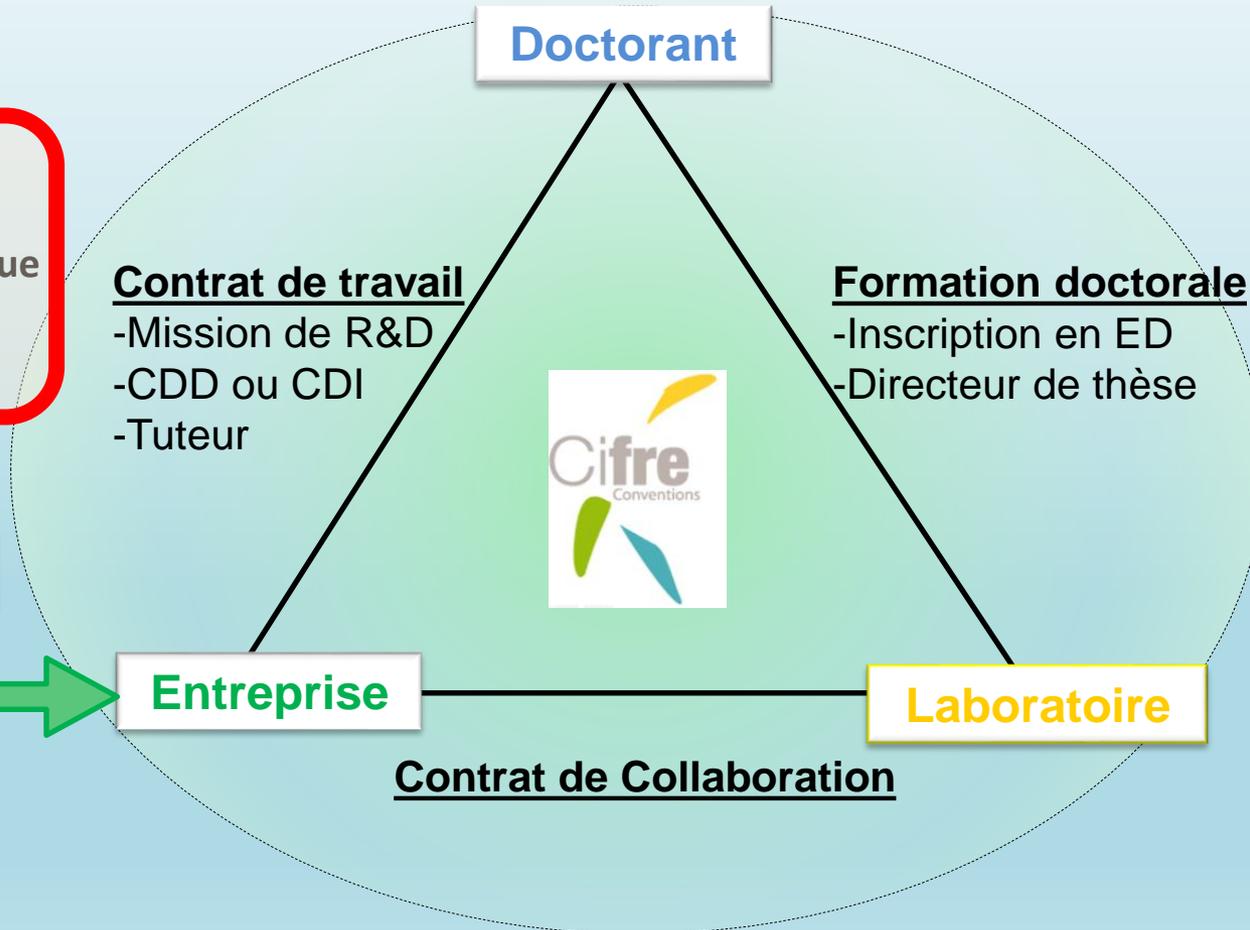
- Eligibilité
- Complétude
- Expertise socio-économique
- Expertise scientifique
- Décision du CES



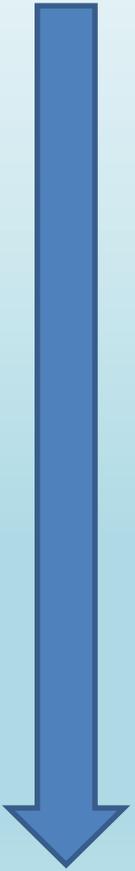
Signature de la CIFRE

14.000 € / an
= 42 000 € sur 3 ans

+ CIR possible
= 10 595 € /an



Candidater à une Cifre : Les grandes étapes

- 
- ✓ Identification et sélection de partenaires éligibles
 - ✓ Préparation et dépôt du dossier
 - ✓ Etape d'éligibilité
 - ✓ Etape d'Instruction (3 mois)
 - ✓ expertises scientifique
 - ✓ expertise socio-économique pour les entreprises déposant pour la première fois ou qui n'ont pas déposé depuis plus de 5 ans
 - ✓ Sélection mensuelle des dossiers par le Comité d'Evaluation et de Suivi
 - ✓ Début de la CIFRE (4 mois)

Conditions d'éligibilité

L'entreprise

- Structure de droit français (Numéro SIRET)
- Start-up, PME, ETI , Grand groupe
- Association, collectivité territoriale, chambre consulaire.
- **SAUF:** si la mission principale est mentionnée :
 - L 112-1 du code de la recherche
 - L 123-3 du code de l'éducation

Le laboratoire académique

- Implanté dans une université, une école, un organisme public de recherche

Le candidat

- Avoir ou être en cours d'obtention d'un **diplôme de grade Master (Bac+5)**
- **Inscription en thèse** inférieure ou égale à 9 mois à la date de dépôt
- **Embauche en entreprise** inférieure ou égale 9 mois à la date de dépôt
(Hors période de stage et d'apprentissage)

➤ Sélectionner vos partenaires

- Déposer une offre de Cifre
- Consulter des propositions de partenariat d'entreprises, de labos
- Consulter des candidatures d'étudiants
- Consulter l'annuaire des laboratoires de recherche académique mis en place par le ministère

➤ Préparer ensemble votre dossier

- Se parler, se rencontrer, écrire ensemble le projet
- S'y prendre à l'avance
 - avant diplomation du candidat
 - négociations

Offres de cifre

L'ANRT met à votre disposition des offres d'entreprises et des propositions de partenariats de laboratoires pour vous aider à monter votre projet de CIFRE.

Offres entreprises Etudiants, laboratoires, accédez aux offres de cifre des entreprises.	Propositions laboratoires Entreprises, étudiants, accédez aux propositions de partenariats des laboratoires.
Propositions candidatures Entreprises, laboratoires, accédez à des candidatures d'étudiants intéressés par le dispositif Cifre.	Annuaire laboratoires * Entreprises identifiez l'équipe partenaire répondant au mieux à votre problématique de recherche. Etudiants identifiez l'équipe qui pourrait constituer le meilleur berceau d'accueil pour réaliser votre doctorat.

Annuaire des formations doctorales et des unités de recherche

Recherche par mots-clés des unités de Recherche

La recherche porte sur : les libellés, les numéros, les noms de Responsable, les Codes postaux, les établissements, les domaines, les mots clés

Vous devez saisir des termes compris entre 3 et 50 caractères (sauf pour les recherches portant sur des nombres).

Liste des unités de Recherche concernées par le mot-clé : aéronautique.

Cliquez sur un intitulé pour accéder à la description de l'unité de Recherche correspondante.

intitulé	discipline
UMR 8011 CENTRE D'ELABORATION DE MATERIAUX ET D'ETUDES STRUCTURALES - GEMES	
UMR 5213 LABORATOIRE PLASMA ET CONVERSION D'ENERGIE (LAPLACE)	
EA 785 INSTITUT DU DROIT DE L'ESPACE, DES TERRITOIRES ET DE LA COMMUNICATION IETCOM	
UMR 5589 LABORATOIRE DE MECANIQUE DES FLUIDES ET D'AERODYNAMIQUE	
UMR 5519 LABORATOIRE DES ECOULEMENTS GEOPHYSIQUES ET INDUSTRIELS	
EA 4496 LABORATOIRE MECASURF	
EA 2460 CENTRE D'ETUDE DES TECHNIQUES, DES CONNAISSANCES ET DES PRATIQUES (CETCOPRA)	

Soumettre en ligne sa candidature

- Se rendre sur <http://cifre.anrt.asso.fr>
- Créer son espace en ligne
- Remplir les onglets
- Détailler le projet de thèse
- Fournir les documents demandés

Établissement d'embauche

1. Groupe

2. Établissement d'embauche

3. Établissement d'exercice

4. Contacts

Type d'entreprise: Entreprise privée

Dénomination: []

Statut juridique: SA

Autre : prélevez []

Numéro Siret []

Code NAF []

Adresse []

Code postal []

Ville []

Cedex []

Membre du pôle de compétitivité: Aucun

Téléphone []

Effectifs []

Site web []

Nombre de candidatures reçues []

Statut du doctorant []

Type de contrat: CDD privé

Salaire d'embauche envisagé (annuel BRUT) []

Date de début de CIFRE souhaitée []

Un stage a-t-il été effectué antérieurement dans l'entreprise ? oui non

Qui a eu l'initiative de la CFRE ? Entreprise Laboratoire Doctorant

Institution principale à laquelle appartient le laboratoire

1. Institution principale

2. Laboratoire

3. Autre laboratoire

4. Direction thèse

Dénomination: ANRT

Sigle: ANRT

Adresse: 41, boulevard des capucines

Code postal: 75002

Ville: Paris

Cedex []

Pays: France

Téléphone: 0155352570

Précédent

Continuer

* Champs obligatoires pour la transmission du dossier

Changer de dossier CIFRE

Sauvegarder

Documents à joindre

École doctorale

1. École doctorale

2. Salarié - doctorant

3. Sujet

Numéro de l'école: ED

Dénomination: ANRT

Établissement principal de rattachement []

Discipline scientifique principale: Sciences humaines et jum.

Pays: France

Adresse: 41, boulevard des capucines

Code postal: 75002

Ville: Paris

Cedex []

Téléphone: 0155352570

Directeur de l'école doctorale

Civilité: Mme

Nom: MIRANDA

Prénom: Carole

Téléphone: 0155352570

Email: miranda@anrt.asso.fr

Précédent

Continuer

* Champs obligatoires pour la transmission de dossier

Documents à fournir pour la demande de Cifre

➤ **Présentations de l'entreprise + du laboratoire**

➤ **Les renseignements sur le candidat**

- CV chronologique détaillé à jour
- **Notes de Master** déjà obtenues au moment du dépôt

➤ **3 lettres formelles d'engagement**

- d'un fondé de pouvoir de l'entreprise
- du directeur du laboratoire
- du directeur de l'ED

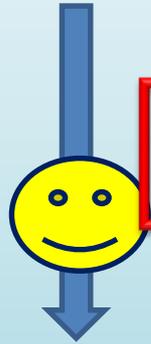
➤ **La description du projet de recherche**

- Format libre,
- Éléments présents dans une demande de financement
- 3 à 5 pages minimum

Critères de l'évaluation scientifique

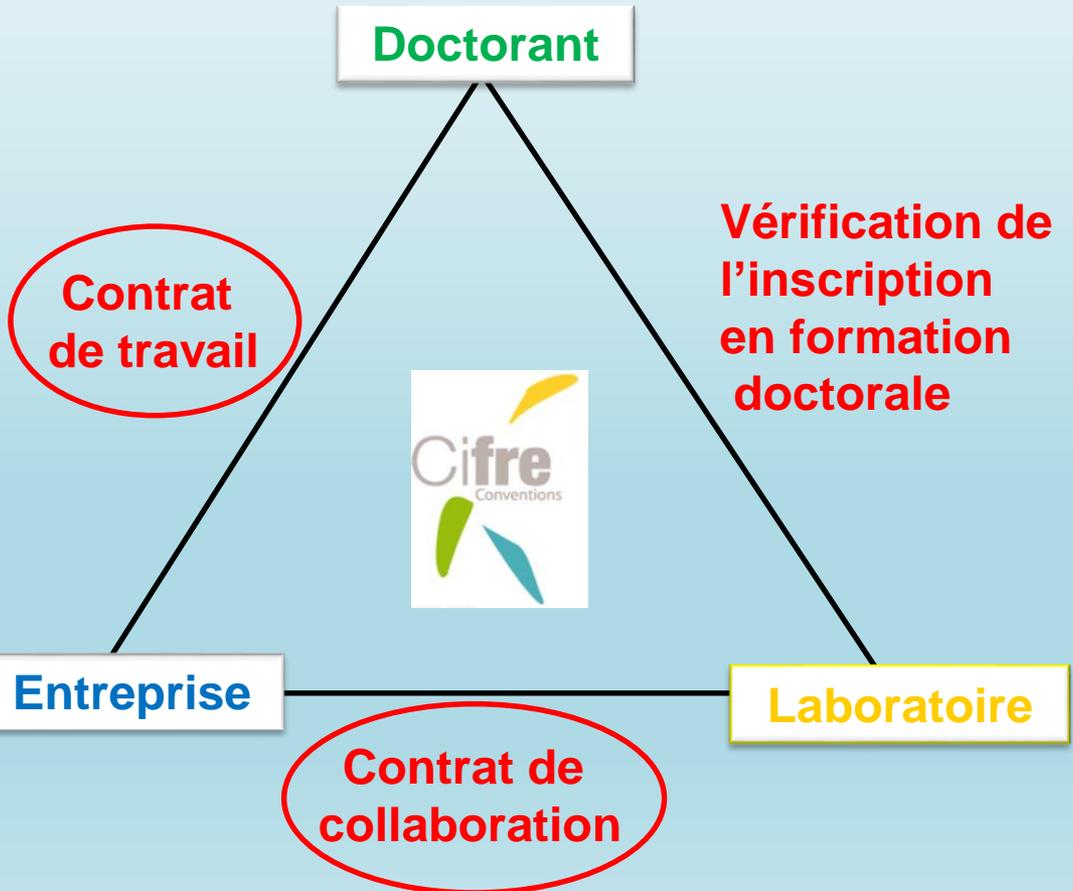
- 1. L'implication de l'entreprise et la pertinence du projet dans son contexte entrepreneurial**
- 2. L'adéquation du laboratoire et sa pertinence dans le partenariat**
- 3. La qualité et l'adéquation du cursus du doctorant**
- 4. La qualité scientifique du projet de recherche**

Après acceptation de la demande de Cifre



✓ **Décision du
CES**

✓ **Signature de
la CIFRE**



CIFRE

- Contrat personnalisé entre l'Entreprise et l'ANRT
- Obligatoire, termes imposés
- Annexes à la CIFRE :
 - Certificat scolarité + APT (ou titre de séjour)
 - RIB + Déclaration préalable d'embauche
 - Contrat de travail + Contrat de collaboration

Contrat de travail

- Contrat personnalisé entre l'Entreprise et le Salarié-doctorant
- Application de la convention collective de l'entreprise
- Minimum salarial annuel : 23.484 € brut
- CDI ou CDD 3 ans (CDD art. D 1242 – 3&6)

Contrat de Collaboration

- Contrat personnalisé entre l'Entreprise et le laboratoire
- Négociation directe entre les partenaires (ANRT non signataire)
 - ✓ Répartition du temps de présence du doctorant entre les effectifs
 - ✓ Propriété des résultats, PI, confidentialité
 - ✓ Participation aux frais
- Préparer le plus en amont possible de la CIFRE
- Remis à l'ANRT dans les 6 mois après début de la CIFRE

Etre doctorant Cifre, c'est aussi ...

- Appartenir à la **communauté des Cifre**
- Suivre des formations à la Propriété intellectuelle (13 sessions/an) → gratuites, décentralisées,
- Participer aux **24H de l'entrepreneuriat** (1 session/an)
- **ReSci ma Recherche j'en parle !** (3 à 4 sessions/an)
→ Rencontres scientifiques avec d'autres doctorants, chercheurs et industriels



Pour en savoir plus.....

- Parcourir le site (témoignages, faq, plaquettes ...) : www.anrt.asso.fr
- Poser vos questions à : cifre@anrt.asso.fr
- S'inscrire en ligne aux RDV réservés aux entreprises et aux laboratoires
 - «RDV TEL découverte» : 15 mn d'entretien personnalisé
 - «Petits déjeuner Cifre» : 1h d'information détaillée
- Participez au [Forum Cifre](#)
 - 1 journée de rencontre entre les étudiants et les entreprises
 - Prochaine édition le 02 mars 2017 à Paris



MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION NATIONALE,
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE



The logo for Alliance Industrie du Futur is located in the top-left corner. It features the text "Alliance INDUSTRIE DU FUTUR" in white, with "Alliance" in a smaller font above "INDUSTRIE" and "DU FUTUR". To the right of the text is a stylized white arc composed of small, colorful squares (blue, red, white) that form a partial circle. The entire logo is set against a dark blue circular background.

Alliance
INDUSTRIE
DU FUTUR

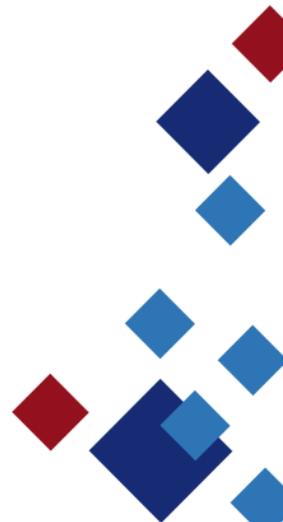
MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Carmen Muller

CETIM

Responsable territorial Grand Est

carmen.muller@cetim.fr



Propagation de fissures dans différents environnements : algorithmes de détection de changement de régime

Florine Greciet

Doctorante CIFRE Safran Aircraft Engines
IECL Université de Lorraine
Équipe BIGS INRIA

23 novembre 2016



- 1 Safran Aircraft Engines
- 2 Contexte industriel : la sécurité aérienne
- 3 Le phénomène de propagation de fissure
- 4 Développement méthodologique
- 5 Perspectives
- 6 Bibliographie

- 1 Safran Aircraft Engines
- 2 Contexte industriel : la sécurité aérienne
- 3 Le phénomène de propagation de fissure
- 4 Développement méthodologique
- 5 Perspectives
- 6 Bibliographie

Safran Aircraft Engines

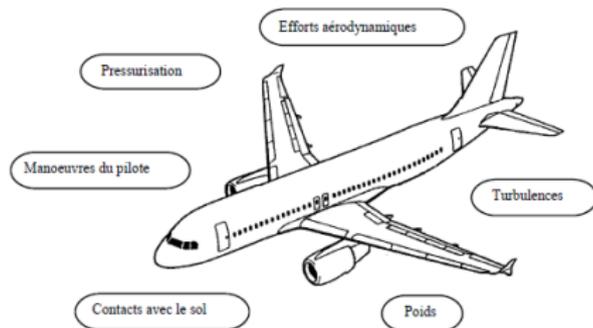
- Spécialiste de l'industrie aéronautique et spatiale ;
- Étude, fabrication et maintenance de moteurs d'avions civils et militaires ;
- Division des Matériaux et Procédés :

Objectif : fournir des données de dimensionnement aux bureaux d'études.

- 1 Safran Aircraft Engines
- 2 Contexte industriel : la sécurité aérienne
- 3 Le phénomène de propagation de fissure
- 4 Développement méthodologique
- 5 Perspectives
- 6 Bibliographie

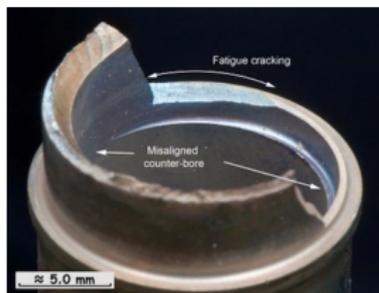
Défaillance des structures

Risques de défaillances des structures fortement augmentés par l'environnement extrême



Sollicitations \Rightarrow initiation et propagation de fissures sur une structure

Le vol 32 Quantas



Fissuration de la turbine du réacteur



Explosion du réacteur

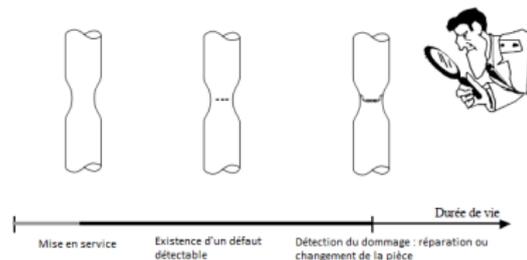
- Vol entre Londres et Sydney
- Explosion turbine réacteur
⇒ rupture moteur
- Cause de l'accident :
 - défauts de fabrication
⇒ frottements d'un composant
⇒ apparition de fissures

Dimensionnement et les procédures de maintenance

Le dimensionnement

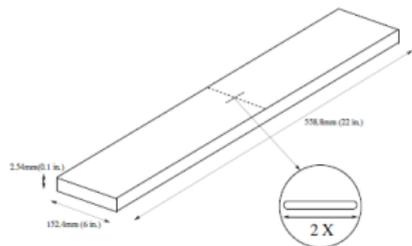
- Première étape de la conception des pièces du moteur ;
- Pièces conçues pour résister aux sollicitations qui leurs sont appliquées.

Réglementation : Tolérance aux dommages

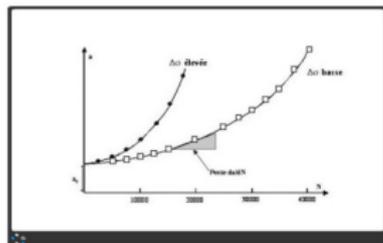


- Autorisation de l'apparition de fissures ;
- Détection et réparation des pièces.

Un essai de propagation de fissures



Éprouvette testée



Résultats observés

- Choix du matériau ;
- Découpage en éprouvettes ;
- Choix des conditions d'essais ;
- Préfissuration ;
- Lancement de l'essai ;
- Échantillon mesuré : longueur de fissures vs nombre de cycles.

Loi de propagation des fissures

Loi donnant la vitesse de propagation d'une fissure da/dN en $m/cycle$ en fonction du facteur d'intensité des contraintes ΔK en $MPa\sqrt{m}$

- Vitesse de propagation : déterminée à l'aide des résultats d'essais ;
- Facteur d'intensité des contraintes : fonction de
 - la longueur de fissure ;
 - la géométrie de l'éprouvette ;
 - la contrainte appliquée.

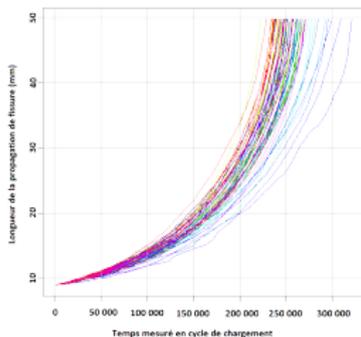
Objectif de la thèse

Faire avancer les connaissances sur la modélisation des lois de propagation de fissures

- ⇒ Améliorer le dimensionnement des pièces en amont ;
- ⇒ Améliorer les procédures de maintenance.

- 1 Safran Aircraft Engines
- 2 Contexte industriel : la sécurité aérienne
- 3 Le phénomène de propagation de fissure**
- 4 Développement méthodologique
- 5 Perspectives
- 6 Bibliographie

Propagation de fissure : un phénomène aléatoire



Données de Virkler : longueurs de fissures en fonction du nombre de cycles

- 68 essais de propagation de fissures ;
- Conditions d'essais identiques car très contrôlées.

- Forte dispersion (rupture entre 210 000 et 320 000 cycles de chargement) ;
- Aléa exacerbé en conditions réelles (phénomènes environnementaux).

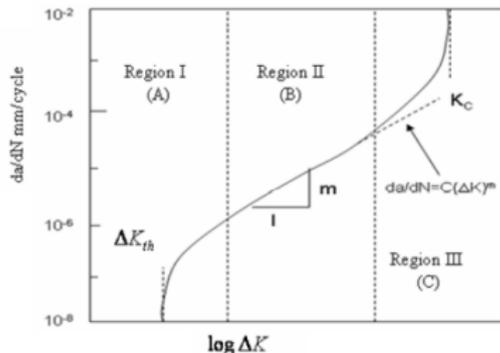
Lois déterministes de propagation non adaptées



Développement de modèles stochastiques

Vitesse de propagation : phénomène à différents régimes

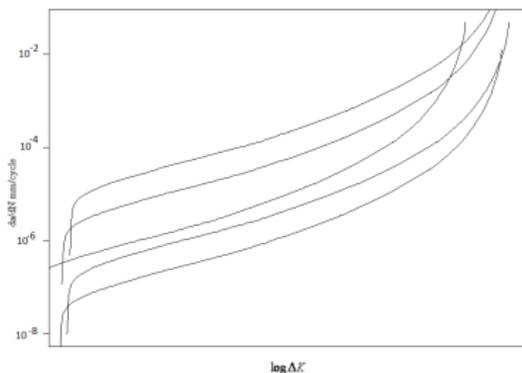
Modélisation de la loi de propagation de fissures par l'étude de la vitesse de propagation en fonction du facteur d'intensité des contraintes



- Région I : amorçage de la fissure ;
- Région II : évolution linéaire de la fissure ;
- Région III : accélération et rupture finale.

Schéma type des vitesses de propagation

Vitesse de propagation : déterministe et aléatoire



- Formes communes ;
- Modèle de chaque régime considéré connu ;
- Paramètres des modèles différents selon l'essai ;
- Instants de transitions différents selon l'essai.

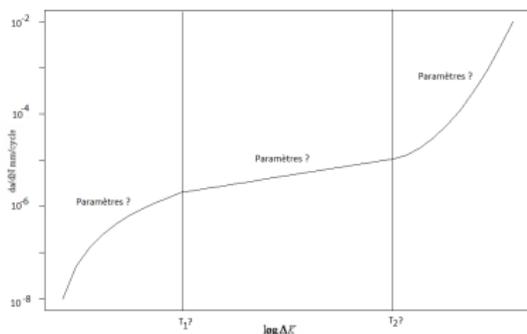
⇒ **Modèles déterministes : adaptés dans chaque régime**

⇒ **Modèles probabilistes : paramètres et instants de sauts**

Idée de modèle

Processus de markov déterministes par morceaux (PDMP)

- Modèles stochastiques ;
- Combinent trajectoires déterministes et transitions (sauts) aléatoires.

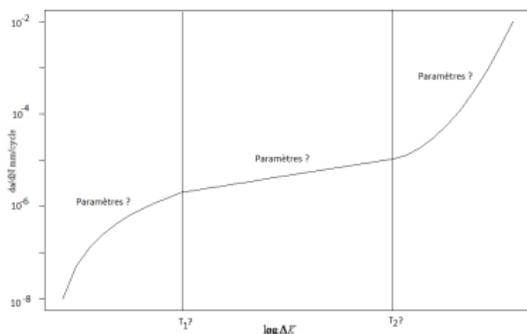


Trajectoire cachée

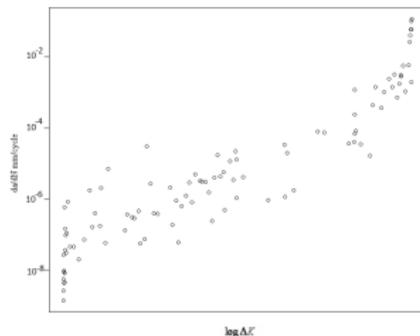
Idée de modèle

Processus de markov déterministes par morceaux (PDMP)

- Modèles stochastiques ;
- Combinent trajectoires déterministes et transitions (sauts) aléatoires.



Trajectoire cachée

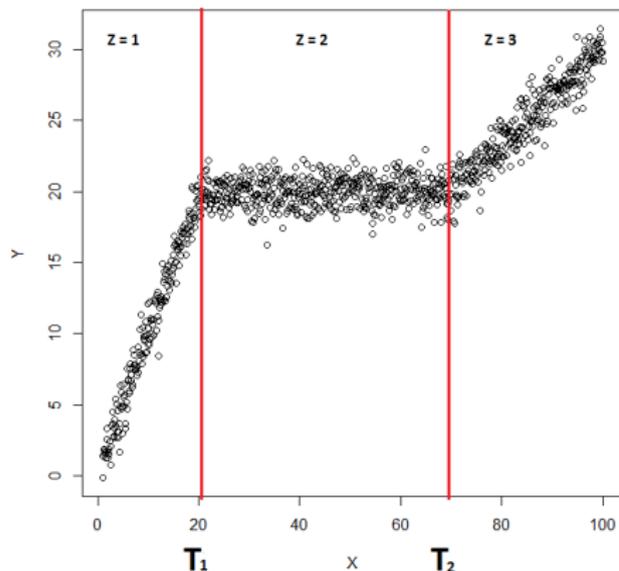


Données observées

- 1 Safran Aircraft Engines
- 2 Contexte industriel : la sécurité aérienne
- 3 Le phénomène de propagation de fissure
- 4 Développement méthodologique**
- 5 Perspectives
- 6 Bibliographie

Le modèle

Dans chaque régime : modèle polynomial avec bruit gaussien



- X : variable des instants de mesures. Les X_1, \dots, X_n sont fixés ;
- Z : variable indiquant le régime à l'instant X_i : $Z_i \in \{1, 2, 3\}$;
- Y : variable générée selon le modèle ci-dessous, si $Z_i = k$:

$$Y_i = a_k X_i + b_k + \epsilon_{i,k},$$

$$\forall k \in \{1, 2, 3\}, 1 \leq i \leq n$$

où, $\epsilon_{i,k} \sim N(0, \sigma_k^2)$

Objectif et méthodologie

Objectif sur une courbe cachée :

- Retrouver les régimes et les instants de transitions ;
- Retrouver les paramètres des différentes lois.

Cadre paramétrique \Rightarrow maximum de vraisemblance.

Ici : présence d'une variable cachée (régime) \Rightarrow **algorithme EM**.

Algorithme EM

- Algorithme d'optimisation itératif ;
- Trouve les paramètres de vraisemblance maximum d'un modèle probabiliste en présence de variables latentes.

Il se comporte de la façon suivante :

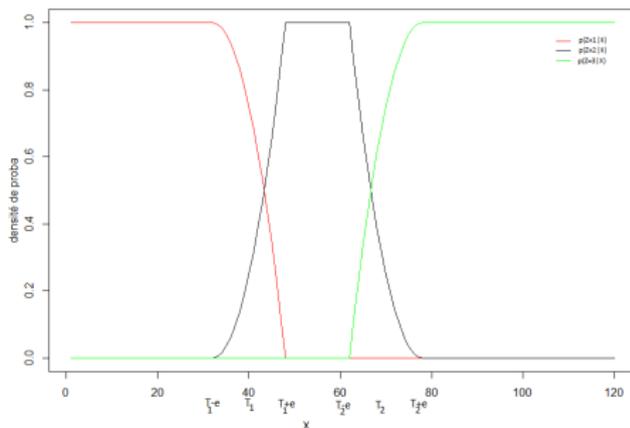
- Paramètres d'initialisation ;
- Évaluation de l'espérance (E) : calcul de l'espérance de la vraisemblance sachant les dernières variables observées ;
↓ ↑
- Maximisation (M) : estime le maximum de vraisemblance en maximisant la vraisemblance trouvée à l'étape E.

Modèle des variables latentes

- Le régime est inconnu ;
- Pour assurer le bon fonctionnement de l'algorithme EM :

⇒ Densité de probabilité d'être dans chaque classe en fonction de l'instant X :

$$p(Z = k|X), k \in \{1, 2, 3\}$$



Log-vraisemblance conditionnelle

$$\mathcal{L}(Y; \theta, \theta_k) = -\frac{n}{2} \ln(2\pi) + \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^n g(Z_i = j | Y_i, X_i) \ln(p(Z_i = j | X_i))$$
$$-\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^J \left[\ln(\sigma_j^2) + \frac{(Y_i - (a_j X_i + b_j))^2}{\sigma_j^2} \right] g(Z_i = j | Y_i, X_i)$$

- $g(Z = j | Y, X)$ densité au point k de la loi de $Z | Y, X$;
- θ : paramètres à estimer ;
- θ_k : paramètres d'initialisation de l'algorithme *EM* (présents dans $g(Z = j | Y, X)$ et $p(Z_i = j | X_i)$);
- T_1, T_2 : dans l'expression $g(Z = j | Y, X)$.

Log-vraisemblance conditionnelle

$$\mathcal{L}(Y; \theta, \theta_k) = -\frac{n}{2} \ln(2\pi) + \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^n g(Z_i = j | Y_i, X_i) \ln(p(Z_i = j | X_i))$$
$$- \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^J \left[\ln(\sigma_j^2) + \frac{(Y_i - (a_j X_i + b_j))^2}{\sigma_j^2} \right] g(Z_i = j | Y_i, X_i)$$

- $g(Z = j | Y, X)$ densité au point k de la loi de $Z | Y, X$;
- θ : paramètres à estimer ;
- θ_k : paramètres d'initialisation de l'algorithme *EM* (présents dans $g(Z = j | Y, X)$ et $p(Z_i = j | X_i)$);
- T_1, T_2 : dans l'expression $g(Z = j | Y, X)$ et $p(Z_i = j | X_i)$.

Optimisation sous contraintes

Paramètres à estimer :

$$\theta = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \sigma_1^2 \\ \sigma_2^2 \\ \sigma_3^2 \\ T_1 \\ T_2 \end{pmatrix}$$

Méthode :

Maximisation sous contraintes :
multiplicateur de Lagrange.

$$q_1(\theta) = a_1 T_1 + b_1 - a_2 T_1 - b_2 = 0$$

$$q_2(\theta) = a_2 T_2 + b_2 - a_3 T_2 - b_3 = 0$$

Optimisation sous contraintes

- Estimation des changements de régime à partir de la log-vraisemblance complète ;

Problème plus simple : résolution à instants de sauts connus

- Système linéaire pour une partie des paramètres.

$$M \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \mu \\ \beta \end{pmatrix} = \gamma$$

- Résolution analytique (avec Maple par exemple) non exploitable ;
⇒ Résolution numérique

Optimisation sous contraintes

Il existe une fonction q connue, mais non linéaire :

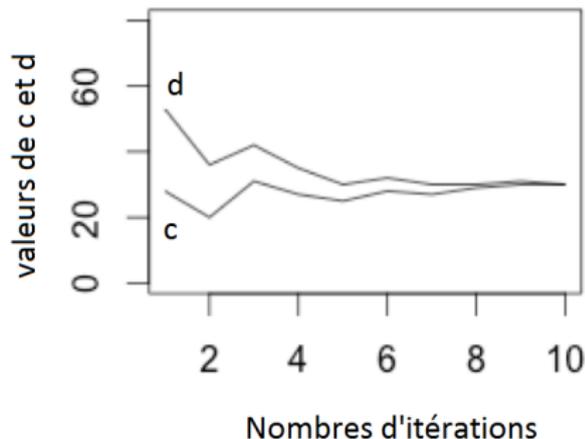
$$\begin{pmatrix} \sigma_1^2 \\ \sigma_2^2 \\ \sigma_3^2 \end{pmatrix} = q \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \mu \\ \beta \end{pmatrix}$$

⇒ Optimisation par algorithme EM

Optimisation sous contraintes

Reprise du problème initial : résolution à instants de sauts inconnus

- Estimation des paramètres : optimisation par algorithme EM.
- T_1, T_2 : comparaison des log-vraisemblance complètes ;
⇒ algorithme trichotomique en dimension 2 ;



Application

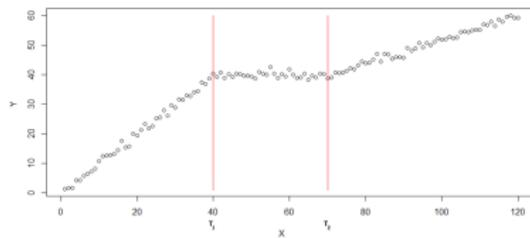
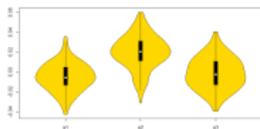
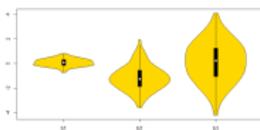


Figure – Graphique des données étudiées

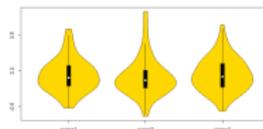
Erreurs d'estimation



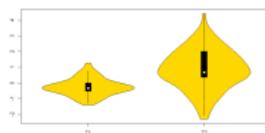
Erreurs sur les pentes



Erreurs sur les ordonnées



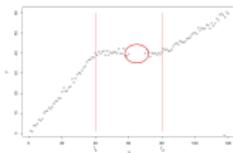
Erreurs sur les variances



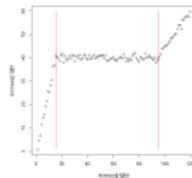
Erreurs sur les sauts

Estimations	paramètres	sauts
RMSE	0,76	1,14

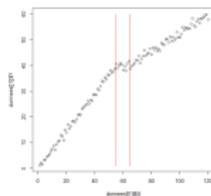
Comparaison à d'autres modèles



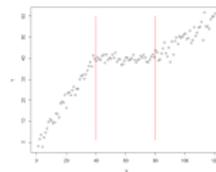
Données manquantes



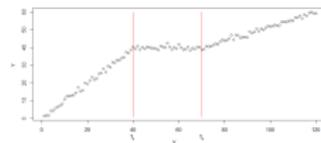
Sauts très éloignés



Sauts très proches



Modèle avec plus de variabilité



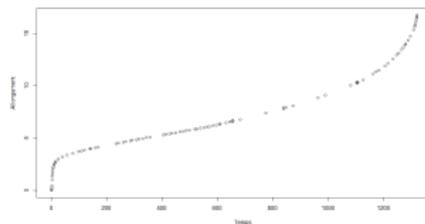
Référence

Test	RMSE	Paramètres	Sauts
Données manquantes	RMSE	4,27	1,68
Sauts rapprochés	RMSE	6,78	7,21
Sauts éloignés	RMSE	0,98	3,27
Grandes variances	RMSE	2,68	1,89
Référence	RMSE	0,76	1,14

- 1 Safran Aircraft Engines
- 2 Contexte industriel : la sécurité aérienne
- 3 Le phénomène de propagation de fissure
- 4 Développement méthodologique
- 5 Perspectives**
- 6 Bibliographie

Perspectives

- Adapter la méthodologie statistique à des polynômes de degrés plus élevés ;
- Tester l'algorithme sur des données réelles.

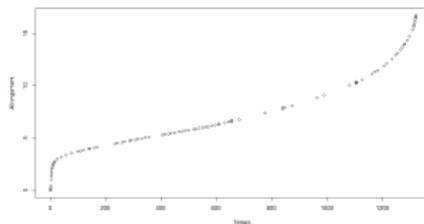


Perspectives

- Adapter la méthodologie statistique à des polynômes de degrés plus élevés ;
- Tester l'algorithme sur des données réelles.

À plus long terme :

- Analyse de la distribution pour l'ensemble des fissures ;
 - Déterminer les lois des changements de régimes ;
 - Inférer l'impact des covariables ;
- ⇒ Proposer un modèle global.



Merci de votre attention

- 1 Safran Aircraft Engines
- 2 Contexte industriel : la sécurité aérienne
- 3 Le phénomène de propagation de fissure
- 4 Développement méthodologique
- 5 Perspectives
- 6 Bibliographie**

-  R. Azaïs, A. Gégout-Petit, M. Touzet, C. Elegbede, "Estimation simulation and prediction of a crack growth model using piecewise deterministic markov processes", *17e congrès de maîtrise des risques et de sûreté de fonctionnement*, La Rochelle, 2010.
-  J. Chiquet, "Modélisation et estimation des processus de dégradation avec application en fiabilité des structures", Thèse de doctorat en technologies de l'information et des systèmes, sous la direction de N. Limnios, Compiègne, Université de Technologie de Compiègne, 2007.
-  F. Greciet, "Modélisation des courbes de vitesses de propagation de fissures", Rapport de stage de fin d'étude ENSAI, Safran Aircraft Engines, 2014.
-  H. Roland, "Trichotomie et maximum d'une fonction", mai 2010.
-  P. Vannoorenberghe, "Estimation de modèles de mélanges finis par un algorithme EM crédibiliste", Université Paul Sabatier, Toulouse 3, mai 2006.



UNIVERSITÉ
DE LORRAINE



LABORATOIRE D'ÉNERGÉTIQUE ET DE MÉCANIQUE
THÉORIQUE ET APPLIQUÉE

UMR 7563

Sondage optique des matériaux semi-transparents fortement diffusants avec le rayonnement visible et proche IR

Fatmir ASLLANAJ, CR CNRS HDR au LEMTA

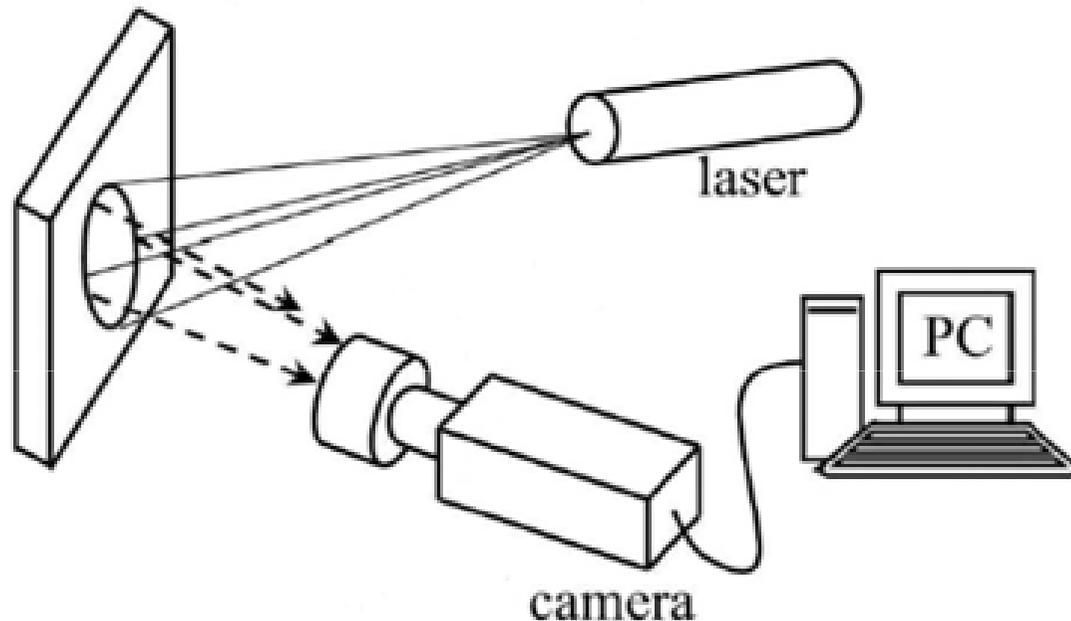
Workshop IECL, 23 Novembre 2016

Plan

- Problématique et applications
- Travaux menés depuis 2013
en modélisation et simulations

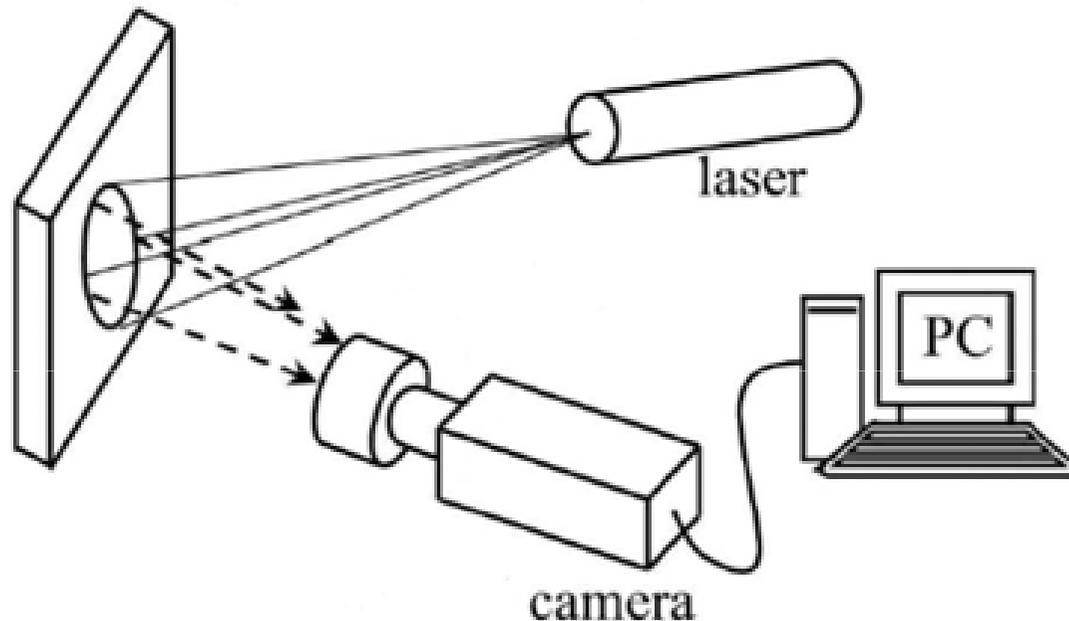
Problématique

- Etudier la propagation de la **lumière visible** et **proche IR** (infrarouge) dans les **matériaux semi-transparents (MST) diffusants**



Problématique

- Etudier la propagation de la **lumière visible** et **proche IR** (infrarouge) dans les **matériaux semi-transparents (MST) diffusants**

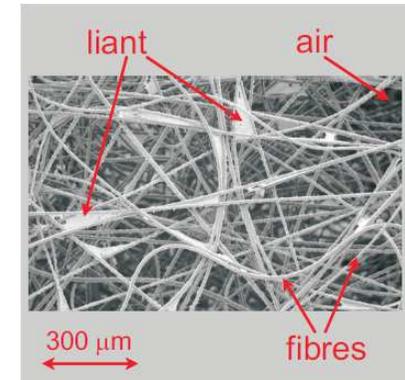


L'expérience permet de fournir des **données de mesure en surface**

- Technique **non-intrusive** et peu chère
- caractériser les MST : identification des propriétés optiques
- optimiser les MST, voir des défauts,...

Quelques exemples d'applications

- le **bâtiment** avec l'optimisation des performances des matériaux (fibres) utilisés en isolation



Fibres de silices

- le **biomédical** avec le diagnostic et le traitement (par PDT) des cancers
- le **solaire** avec l'amélioration du rendement des panneaux photovoltaïques
- l'**alimentaire** avec la détermination (par exemple) de la teneur en protéines ou de matières grasses de certains produits (lait)
- la **cosmétique** (interaction lumière - peau) avec l'étude de l'effet visuel d'un fond de teint ou d'une crème hydratante

Collaborations

Institut des Techniques du **L**aser en
Médecine et Métrologie



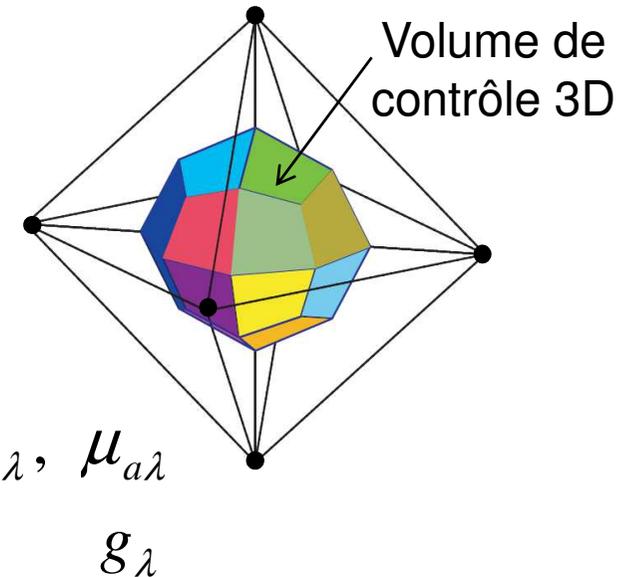
Angewandte Photonik

(séjour de 10 mois)



Lumière diffuse

- avec l'ETR résolue par Volumes Finis, schéma « Cell-vertex »
- **écarts relatifs < 1%** sur les réflectances (comparaison avec “analytique” et MC)
 - indice de réfraction $n_\lambda (= 1.4)$
 - coefficients de diffusion et d'absorption $\mu_{s\lambda}, \mu_{a\lambda}$
 - facteur d'anisotropie (Henyey-Greenstein) g_λ



*Marin, Asllanaj, Maillet (2014), **JQSRT**

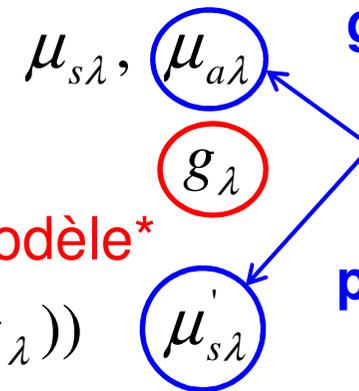
Asllanaj et al. **Fluorescence** and diffuse light propagation in biological tissue based on the 3D radiative transport equation. Part I: computational method

Asllanaj et al. Part II: simulations

Lumière diffuse

- avec l'ETR résolue par Volumes Finis, schéma « Cell-vertex »
- **écarts relatifs < 1%** sur les réflectances (comparaison avec “analytique” et MC)
 - indice de réfraction $n_\lambda (= 1.4)$
 - coefficients de diffusion et d'absorption $\mu_{s\lambda}, \mu_{a\lambda}$
 - facteur d'anisotropie (Henyey-Greenstein) g_λ
 - coefficient de diffusion réduit $(= \mu_{s\lambda}(1 - g_\lambda))$ $\mu'_{s\lambda}$

Paramètre le plus sensible au modèle*



**coefficients
généralement
estimés
par
l'AD ou MC
pour un milieu
homogène
alors que les
milieux sont
hétérogènes**

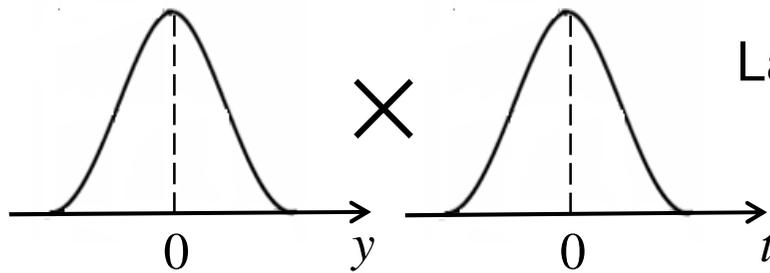
*Marin, Asllanaj, Maillet (2014), JQSRT

Asllanaj et al. **Fluorescence** and diffuse light propagation in biological tissue based on the 3D radiative transport equation. Part I: computational method

Asllanaj et al. Part II: simulations

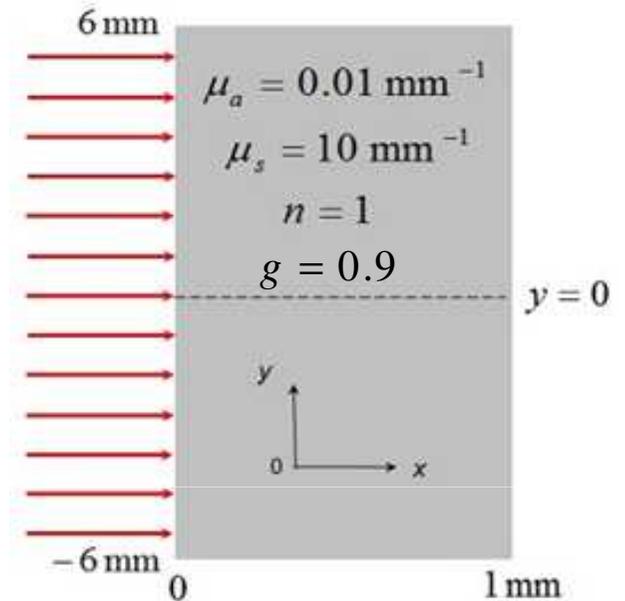
Impulsion ultra-courte

Pulse Gaussien



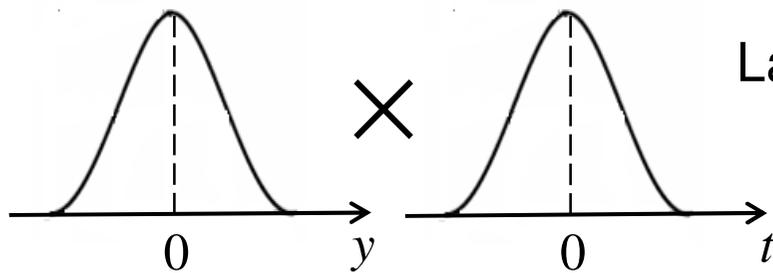
Largeurs du pulse :
0.3 mm et 5 ps

Propriétés optiques fixées

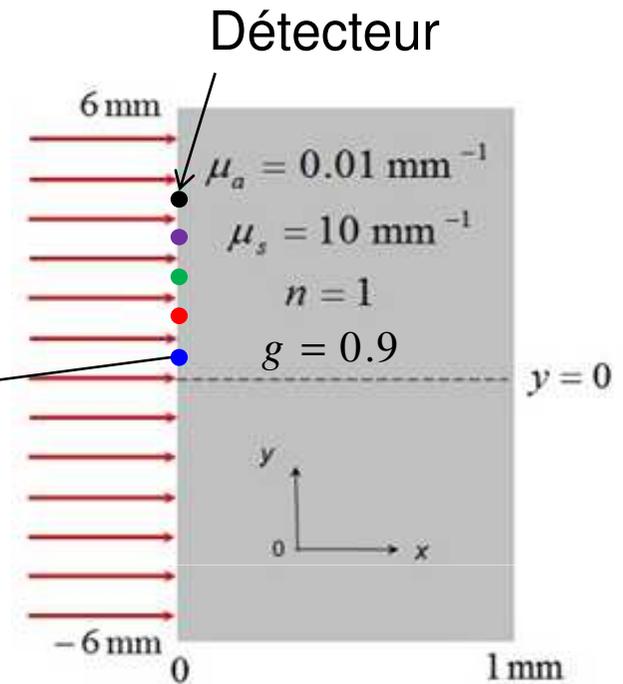
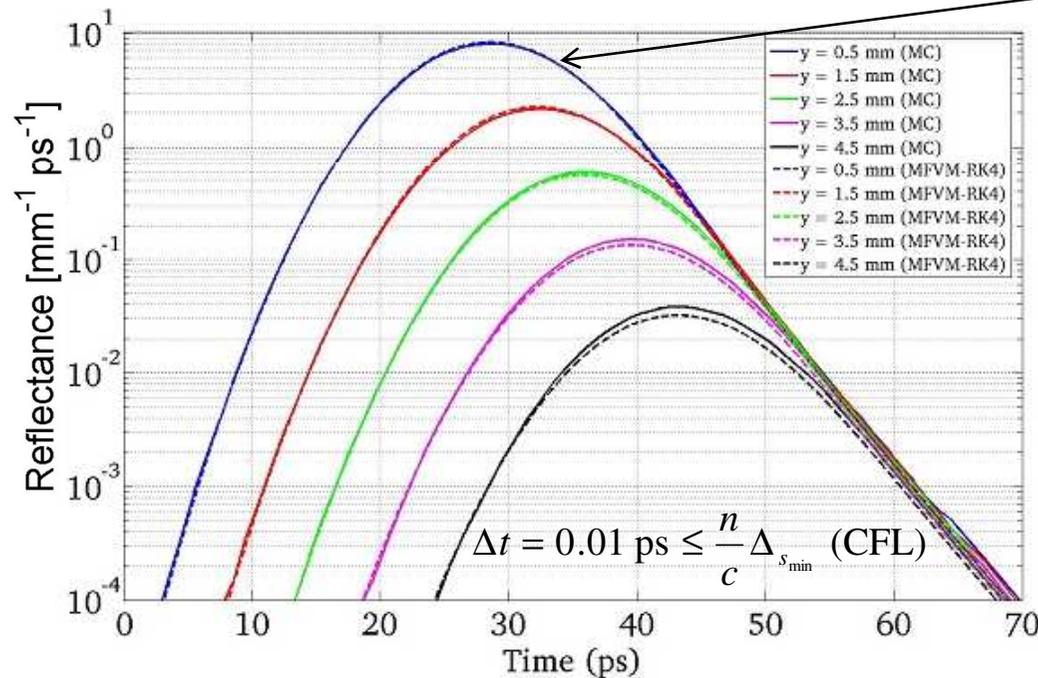


Impulsion ultra-courte

Pulse Gaussien



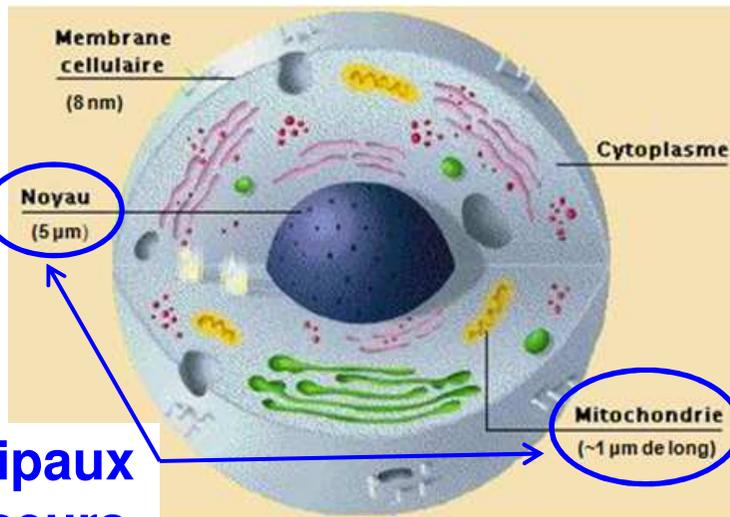
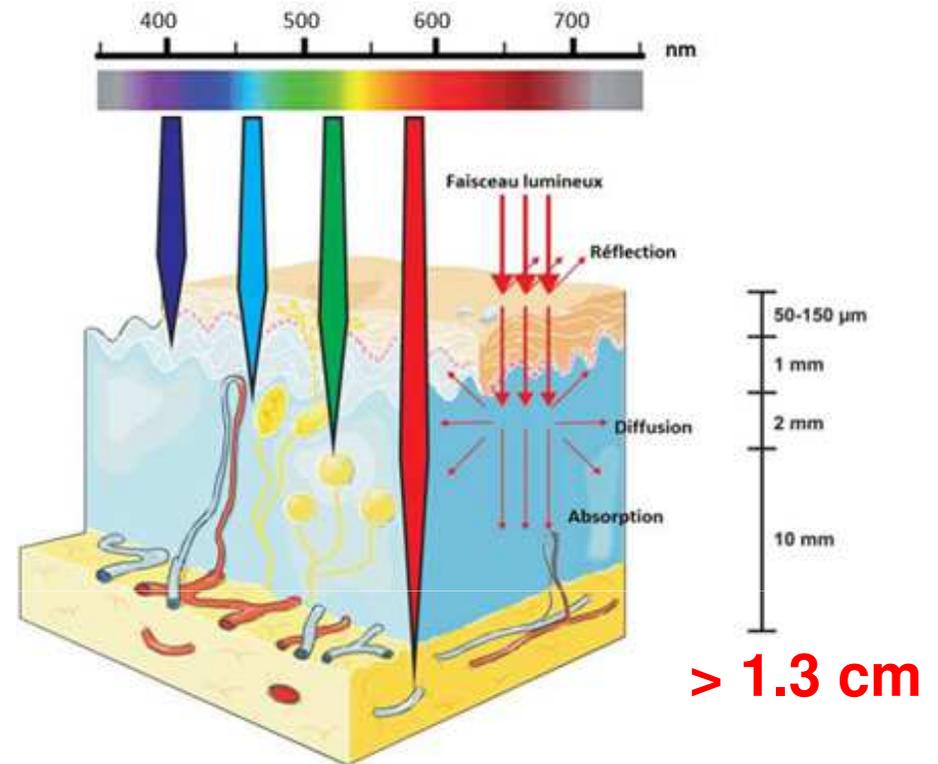
Largeurs du pulse :
0.3 mm et 5 ps



**Résolution temporelle
(ou fréquentielle)**

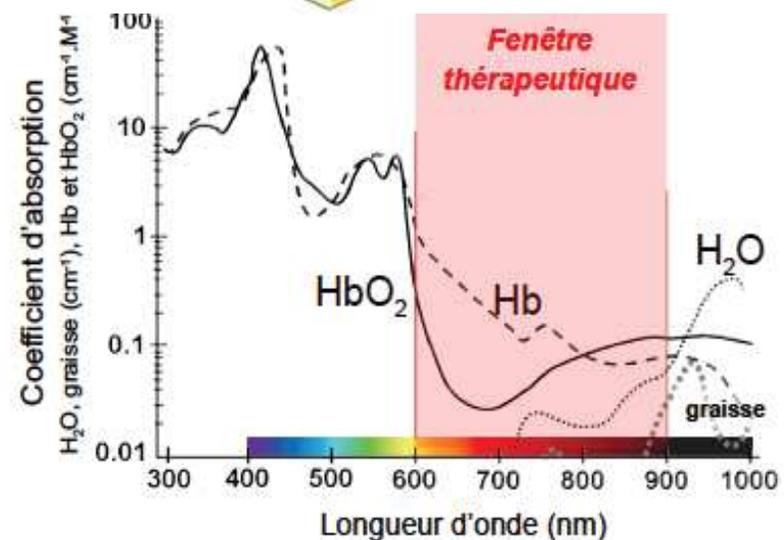
- riche en information
- sensibilité meilleure

Application au biomédical



Principaux diffuseurs de la lumière

aussi membranes (lipides) et fibres de collagènes



Application au biomédical

❑ **Motivation** : aider au diagnostic de tumeurs cancéreuses avec une technique **non-invasive**

❑ **Enjeux**

Santé publique : diagnostiquer d'une manière plus efficace et à un stade précoce les tumeurs cancéreuses

Economique : les techniques actuelles d'imagerie sont chères (IRM ~ quelques million €)

Scientifique : étudier les interactions lumière (**visible, proche IR**) - tissus biologiques. Obtenir une cartographie des propriétés optiques des tissus biologiques

Comment détecter une tumeur ?

- ❑ Une tumeur est une structure fortement **vascularisée**

Modification des **propriétés d'absorption**

- ❑ Du point de vue morphologique

- **Changement de taille du noyau des cellules cancéreuses** (double de celles des cellules saines)

- Position des cellules cancéreuses dans l'épaisseur de l'épithélium

Modification des **propriétés de diffusion**

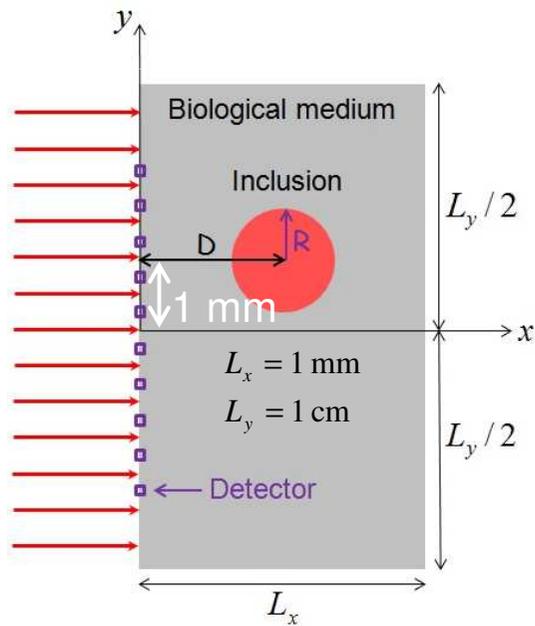
Détection de tumeur du foie

Propriétés de la littérature

Foie sain	Tumeur
$\mu_a = 0.1$	$\mu_a = 0.06$
$\mu_s = 20.4$	$\mu_s = 10.8$
$g = 0.955$	$g = 0.902$

μ_a et μ_s en mm^{-1}

$\lambda = 850 \text{ nm}$



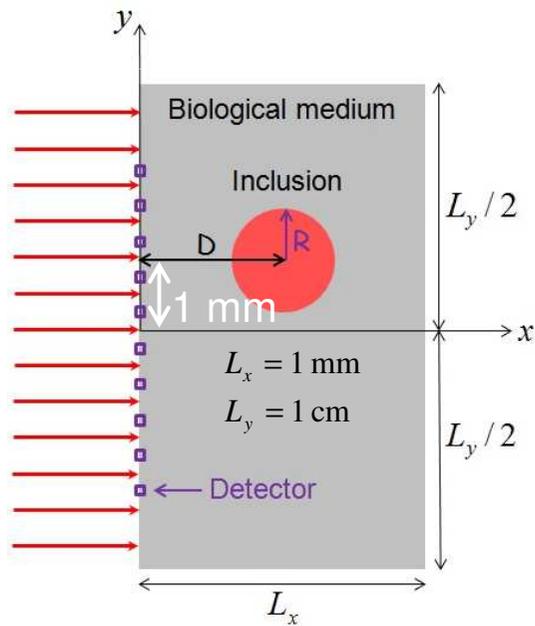
Détection de tumeur du foie

Propriétés de la littérature

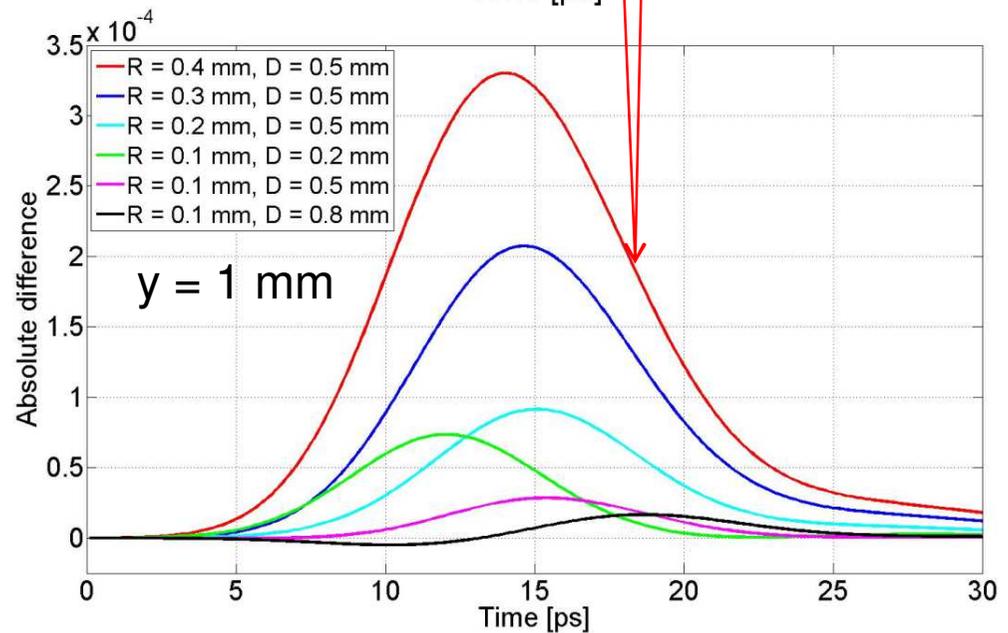
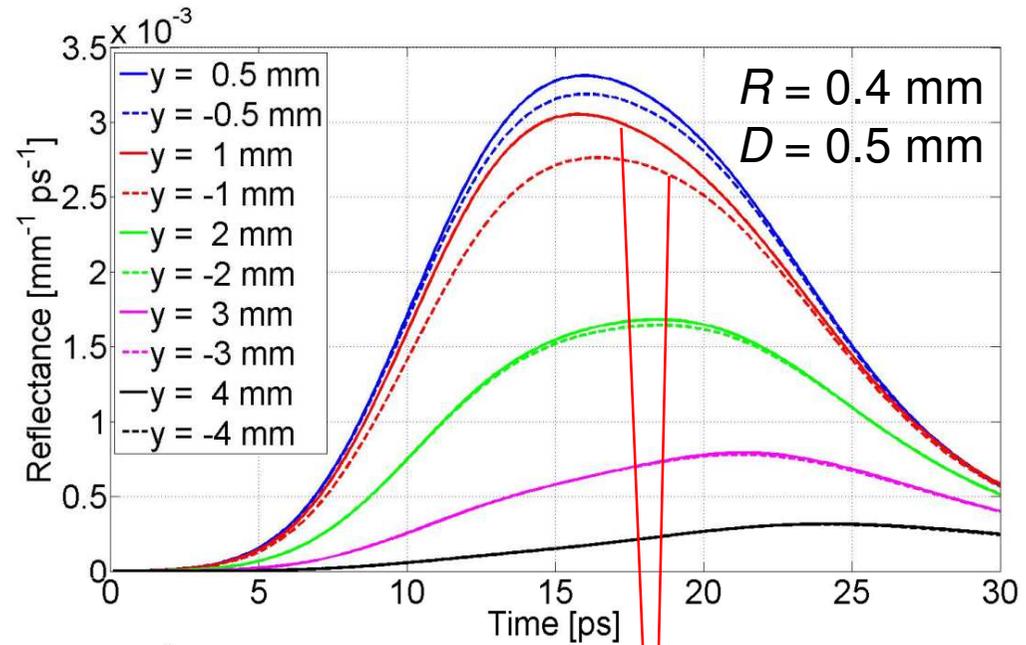
Foie sain	Tumeur
$\mu_a = 0.1$	$\mu_a = 0.06$
$\mu_s = 20.4$	$\mu_s = 10.8$
$g = 0.955$	$g = 0.902$

μ_a et μ_s en mm^{-1}

$\lambda = 850 \text{ nm}$

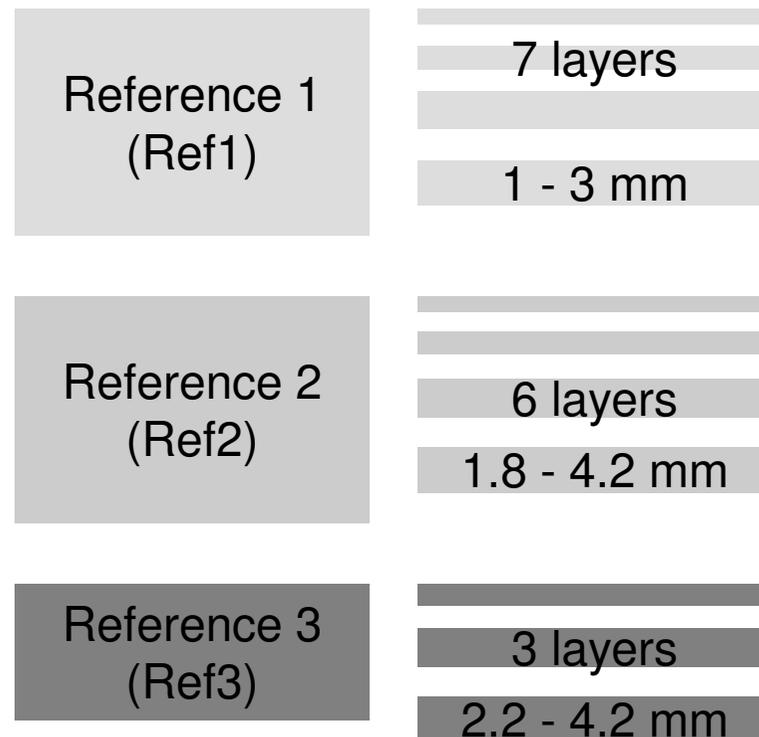


Asllanaj et al. (2015), JQSRT



Estimation des propriétés optiques

- de **fantômes de tissus** (de résines époxyde)
- collaboration avec l'ILM de ULM (Allemagne)

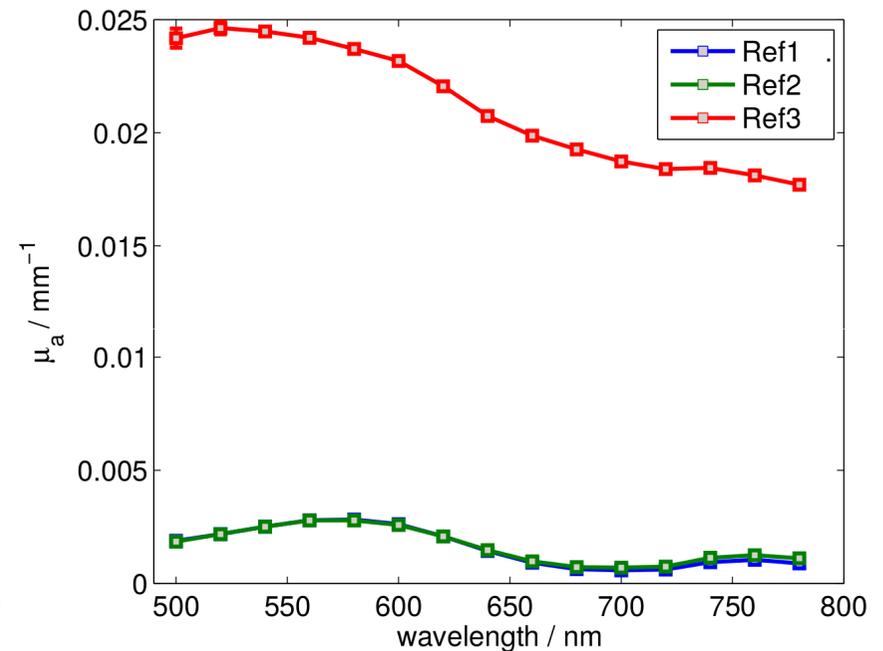
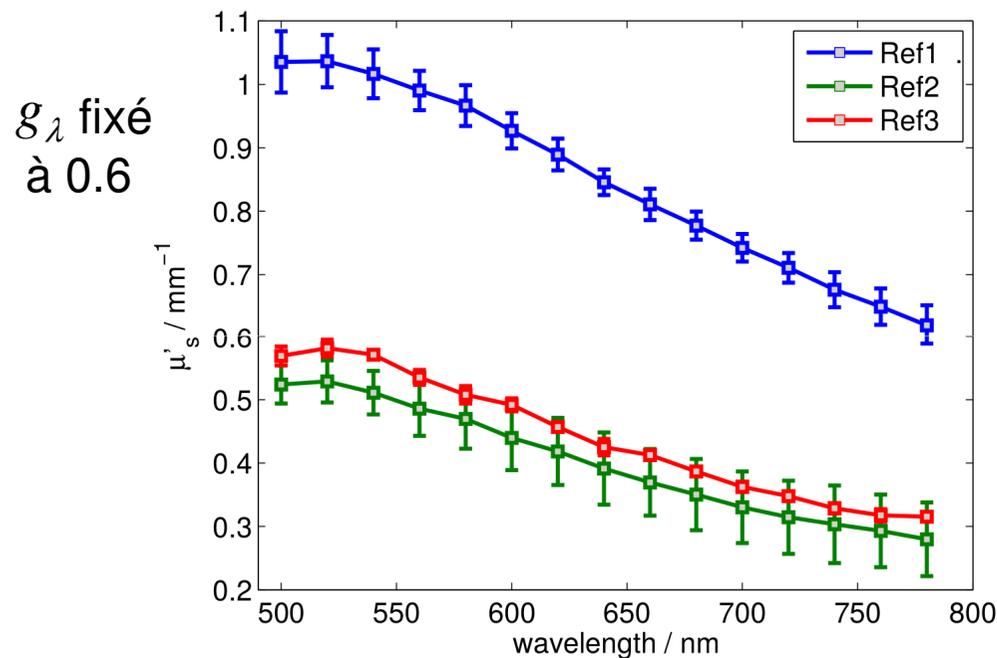


et plusieurs
combinaisons de
ses différentes
couches

- **données de mesure spatiales et temporelles de réflectances** (obtenues avec un laser impulsionnel et une détection par comptage de photons)

Estimation des propriétés optiques

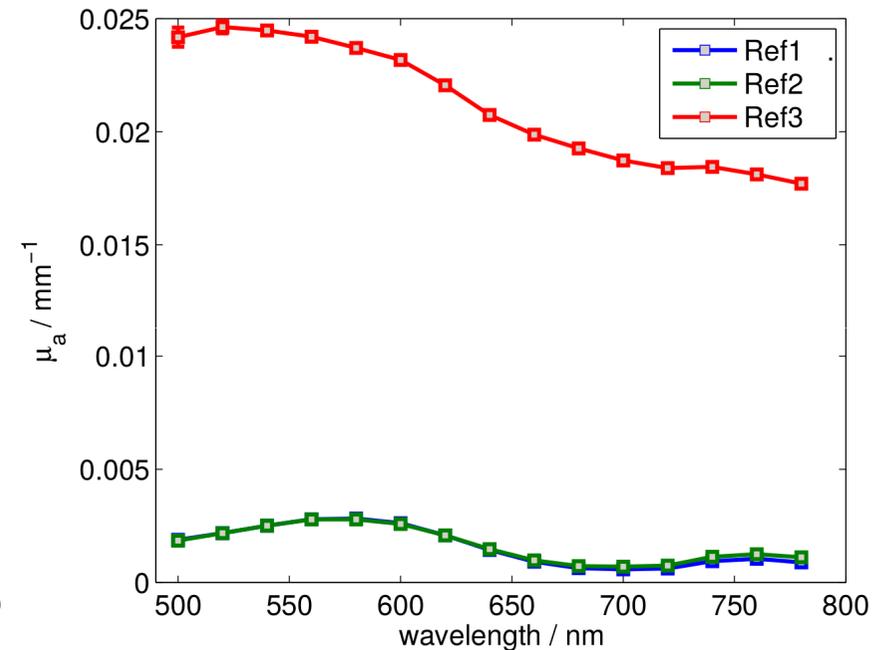
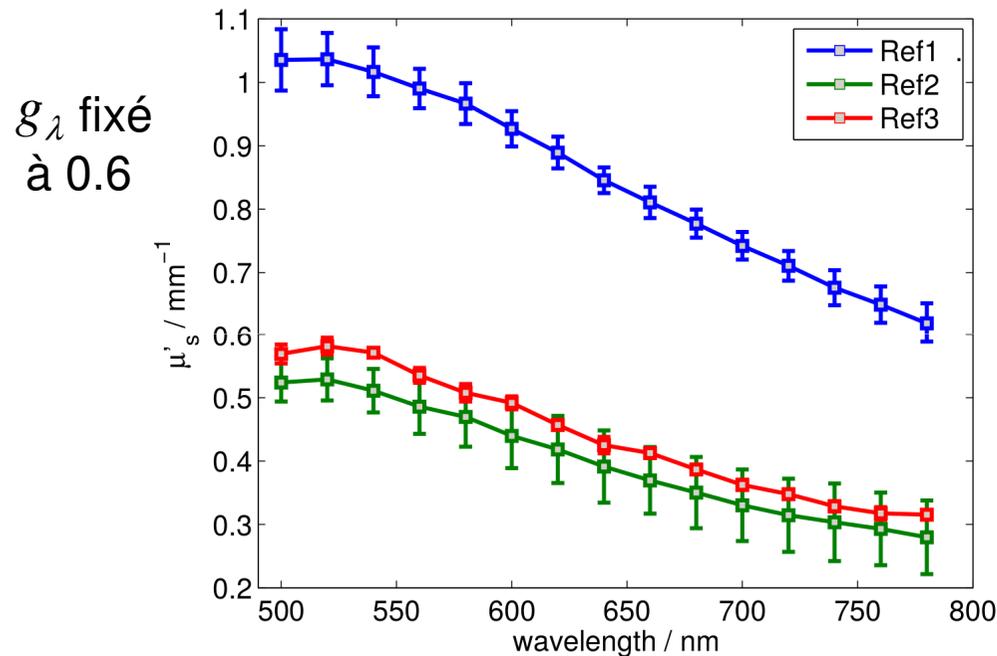
- des fantômes de référence
- milieu homogène (semi-infini), AD (modèle direct)



Levenberg-Marquardt pour l'inversion

Estimation des propriétés optiques

- des fantômes de référence
- milieu homogène (semi-infini), AD (modèle direct)



Levenberg-Marquardt pour l'inversion

- n'arrive pas à estimer les propriétés pour un deux-couches
- adopter une autre méthode

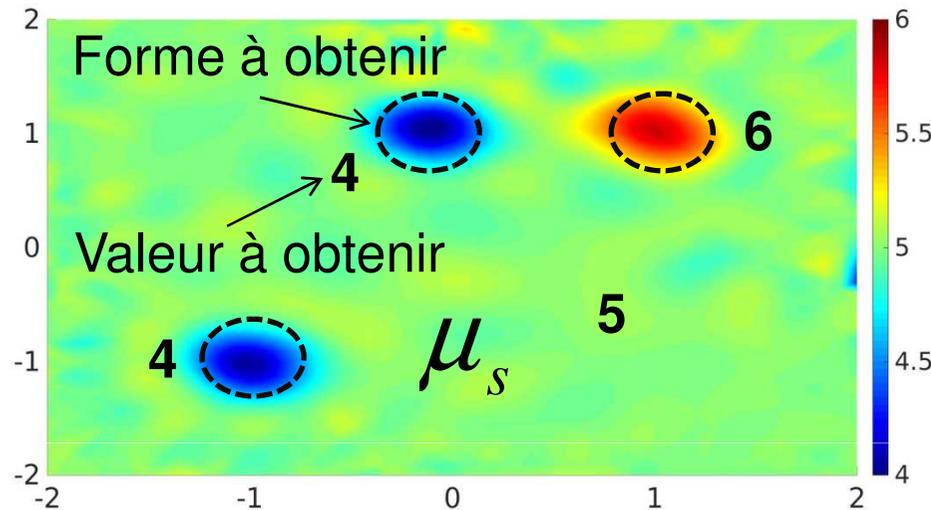
Reconstruction des propriétés optiques (2D)

- par la **méthode adjointe**, thèse d'A. Addoum (Oct. 2014 - 2017)

(calcul efficace du gradient de $J(\theta) = \frac{1}{2} \|R(\theta) - d_{obs}\|^2$) + LM-BFGS

Reconstruction des propriétés optiques (2D)

4 faces éclairées, 30 fréquences sur [100 MHz; 1 GHz]

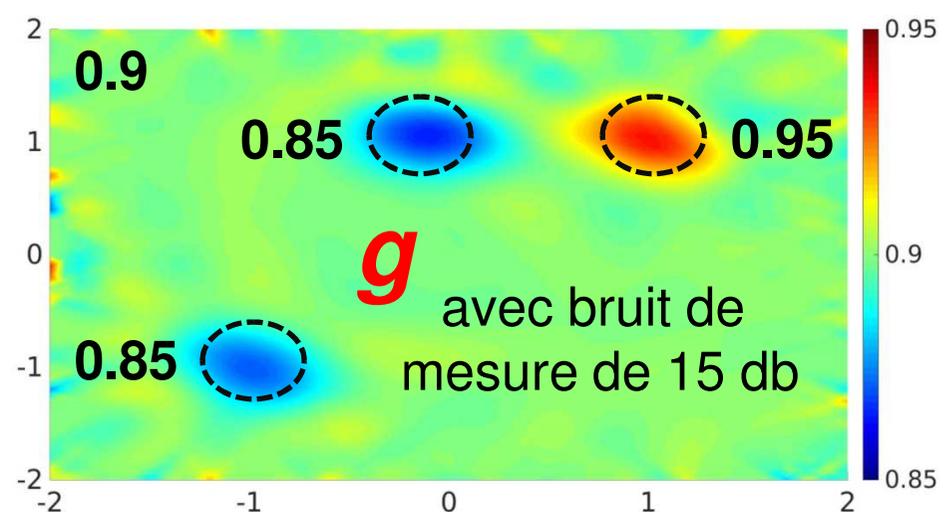
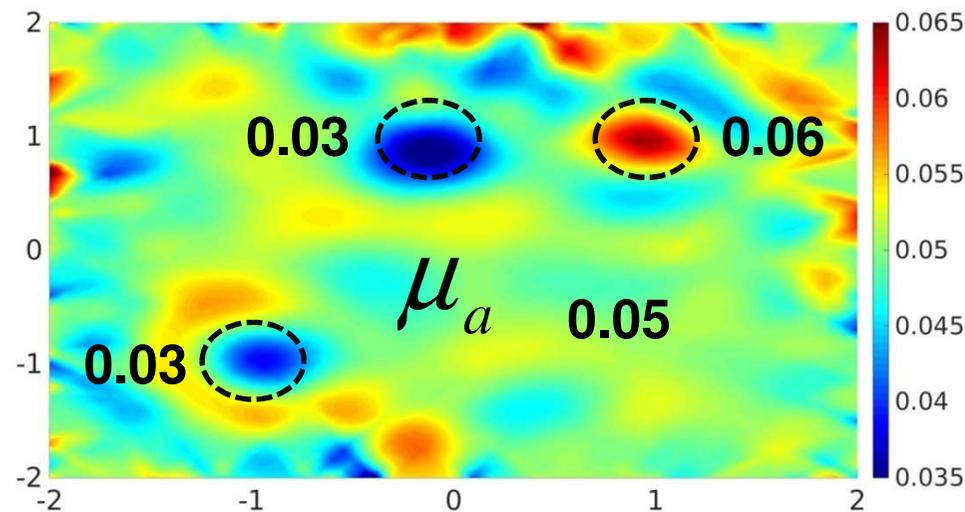


En dehors des inclusions :

$$\mu_s = 5 \text{ mm}^{-1}$$

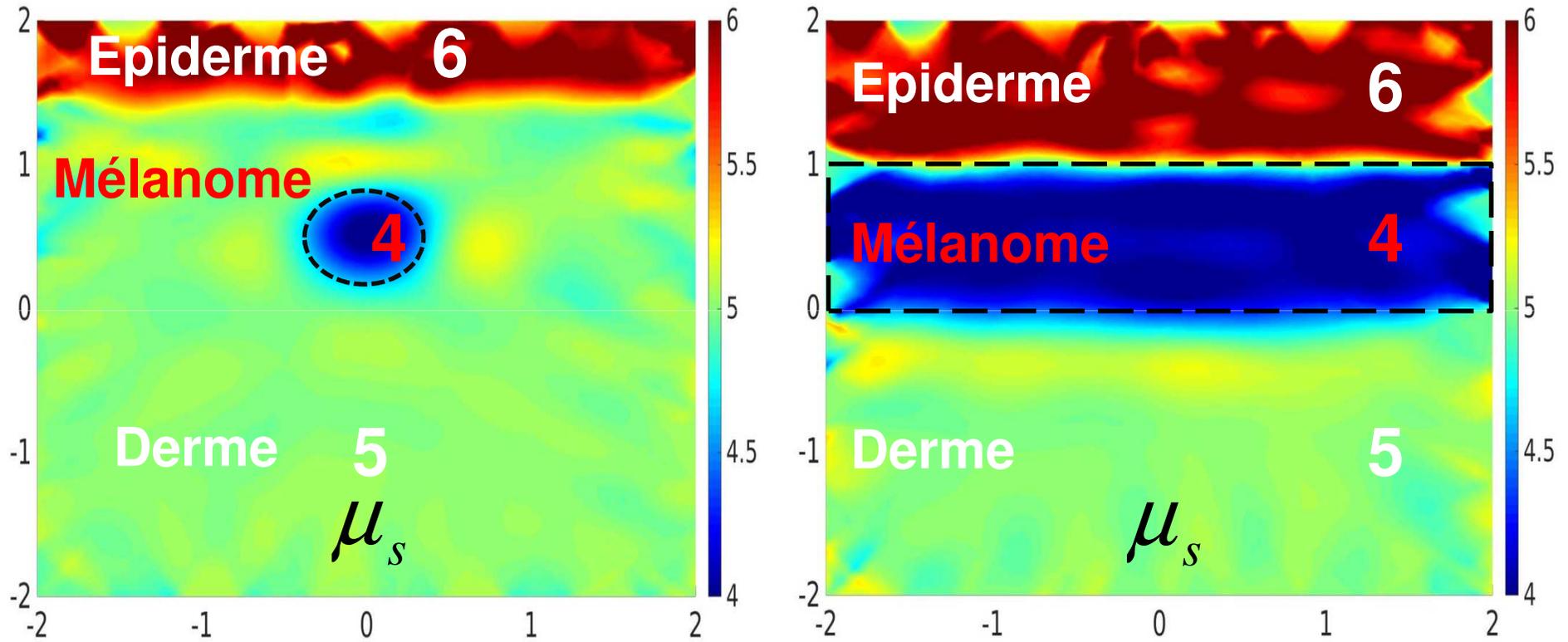
$$\mu_a = 0.05 \text{ mm}^{-1}$$

$$g = 0.9$$



Reconstruction de μ_s pour la peau (2D)

Face du dessus qui est éclairée $\mu_a = 0.05 \text{ mm}^{-1}$, $g = 0.8$

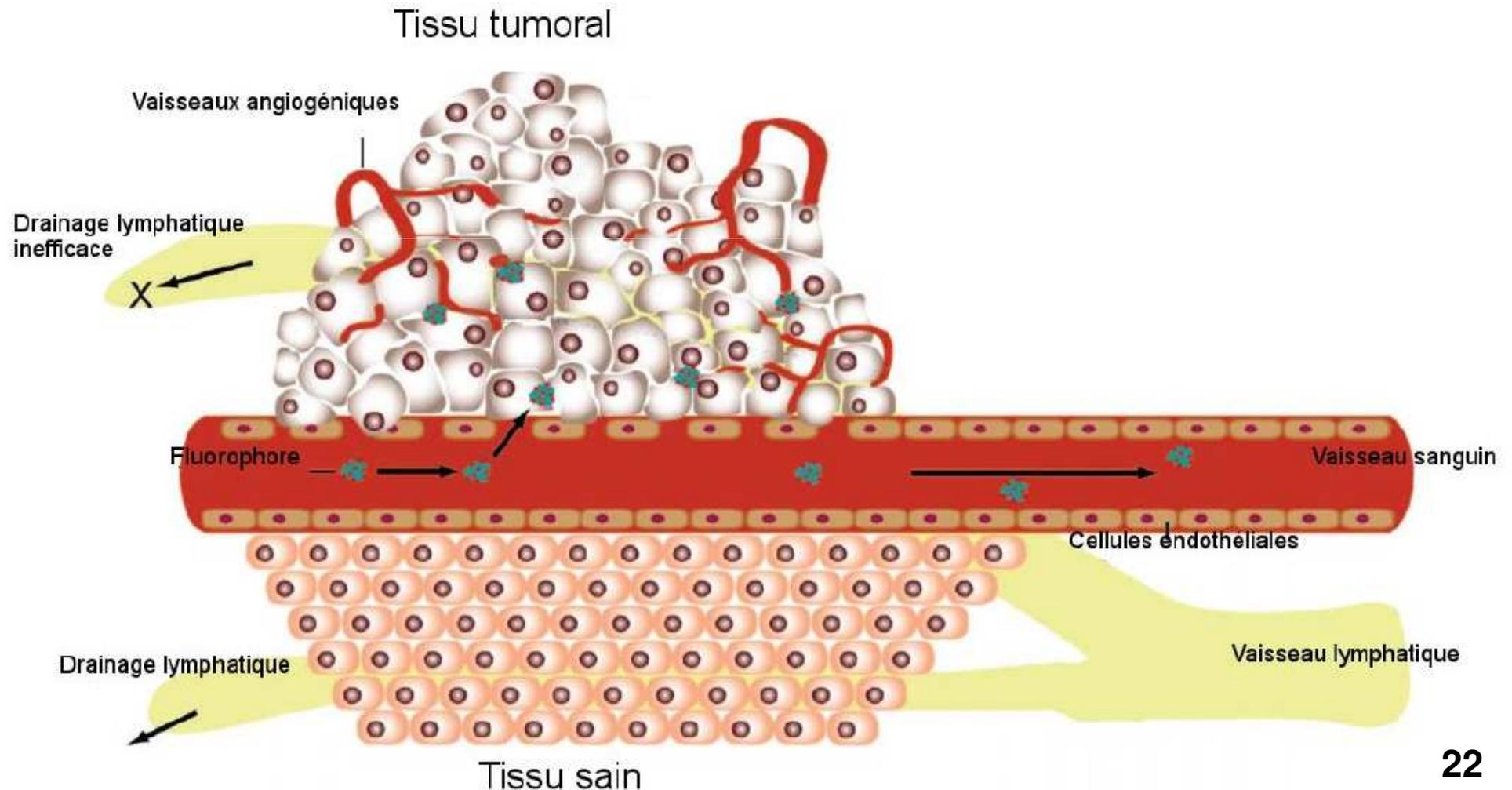


Addoum et al. (2016, soumis), **Physics in Medicine and Biology**

Diagnostic par Fluorescence

Collab. avec

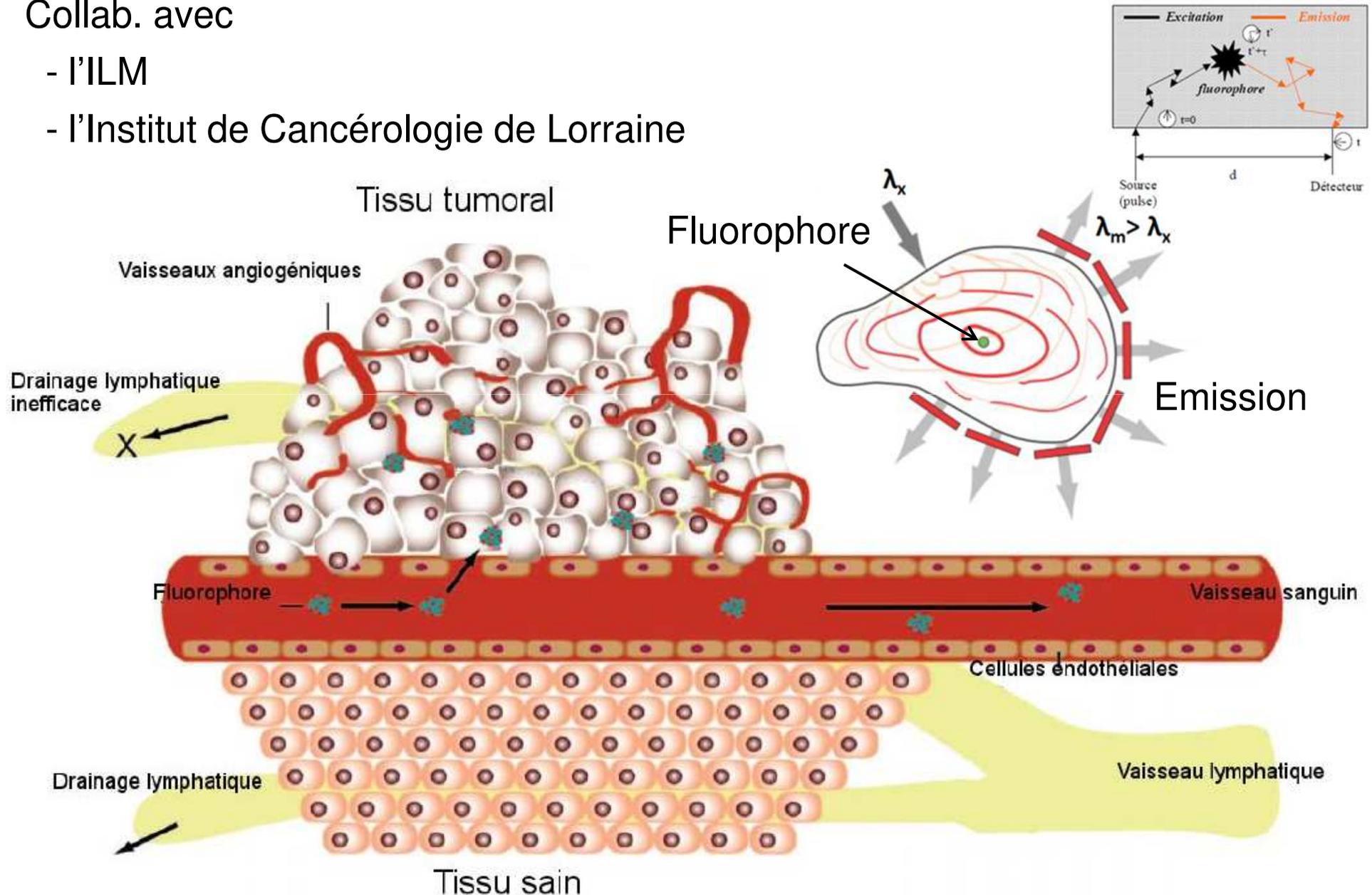
- l'ILM
- l'Institut de Cancérologie de Lorraine



Diagnostic par Fluorescence

Collab. avec

- l'ILM
- l'Institut de Cancérologie de Lorraine



Lumière fluorescente

- Excitation à λ^x $= \varepsilon C$ (= concentration)

$$\left(\boldsymbol{\Omega} \cdot \nabla + \frac{i\omega}{v^x} + \mu_t^x(\mathbf{r}) + \mu_a^{x \rightarrow m}(\mathbf{r}) \right) \psi^x(\mathbf{r}, \boldsymbol{\Omega}, \omega) = \mu_s^x(\mathbf{r}) \int_{\Omega'=4\pi} p^x(\boldsymbol{\Omega}', \boldsymbol{\Omega}) \psi^x(\mathbf{r}, \boldsymbol{\Omega}', \omega) d\Omega'$$

- Emission à λ^m coefficient d'absorption des fluorophores

$$\left(\boldsymbol{\Omega} \cdot \nabla + \frac{i\omega}{v^m} + \mu_t^m(\mathbf{r}) \right) \psi^m(\mathbf{r}, \boldsymbol{\Omega}, \omega) = \mu_s^m(\mathbf{r}) \int_{\Omega'=4\pi} p^m(\boldsymbol{\Omega}', \boldsymbol{\Omega}) \psi^m(\mathbf{r}, \boldsymbol{\Omega}', \omega) d\Omega' + \frac{\eta(\mathbf{r}) \mu_a^{x \rightarrow m}(\mathbf{r})}{1 + i\omega\tau(\mathbf{r})} \int_{\Omega=4\pi} \psi^x(\mathbf{r}, \boldsymbol{\Omega}, \omega) d\Omega$$

Lumière fluorescente

- Excitation à λ^x $= \varepsilon C$ (= concentration)

$$\left(\boldsymbol{\Omega} \cdot \nabla + \frac{i\omega}{v^x} + \mu_t^x(\mathbf{r}) + \mu_a^{x \rightarrow m}(\mathbf{r}) \right) \psi^x(\mathbf{r}, \boldsymbol{\Omega}, \omega) = \mu_s^x(\mathbf{r}) \int_{\Omega'=4\pi} p^x(\boldsymbol{\Omega}', \boldsymbol{\Omega}) \psi^x(\mathbf{r}, \boldsymbol{\Omega}', \omega) d\Omega'$$

- Emission à λ^m coefficient d'absorption des fluorophores

$$\left(\boldsymbol{\Omega} \cdot \nabla + \frac{i\omega}{v^m} + \mu_t^m(\mathbf{r}) \right) \psi^m(\mathbf{r}, \boldsymbol{\Omega}, \omega) = \mu_s^m(\mathbf{r}) \int_{\Omega'=4\pi} p^m(\boldsymbol{\Omega}', \boldsymbol{\Omega}) \psi^m(\mathbf{r}, \boldsymbol{\Omega}', \omega) d\Omega' + \frac{\eta(\mathbf{r}) \mu_a^{x \rightarrow m}(\mathbf{r})}{1 + i\omega\tau(\mathbf{r})} \int_{\Omega=4\pi} \psi^x(\mathbf{r}, \boldsymbol{\Omega}, \omega) d\Omega$$

- **Adjoint en fluorescence** (collab avec l'IECL)

$$\text{Emission} \left(\boldsymbol{\Omega} \cdot \nabla - \frac{i\omega}{v^m} + \mu_t^m(\mathbf{r}) \right) \phi^m(\mathbf{r}, -\boldsymbol{\Omega}, \omega) = \mu_s^m(\mathbf{r}) \int_{\Omega'=4\pi} p^m(\boldsymbol{\Omega}', -\boldsymbol{\Omega}) \phi^m(\mathbf{r}, \boldsymbol{\Omega}', \omega) d\Omega'$$

Excitation diffuse, $\phi_s^x(\mathbf{r}, -\boldsymbol{\Omega}, \omega)$ dépend de ϕ^m

Excitation collimatée, $\phi_c^x(\mathbf{r}, \omega)$ dépend de ϕ^m et ϕ_s^x

+ CL adjointes

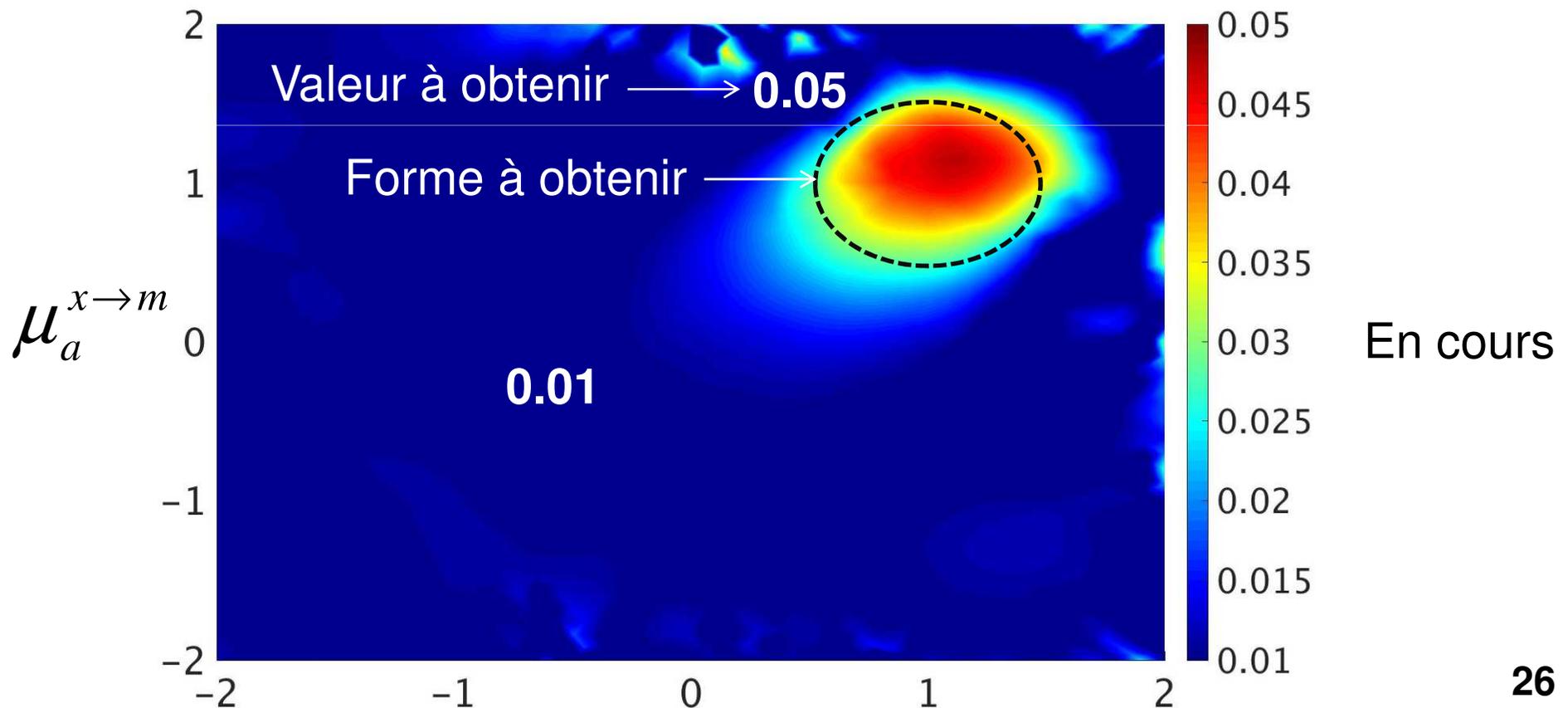
Expression analytique de $\nabla J(\mu_a^{x \rightarrow m})$

Reconstruction 2D

4 faces éclairées et 5 fréquences sur [100 MHz; 1 GHz]

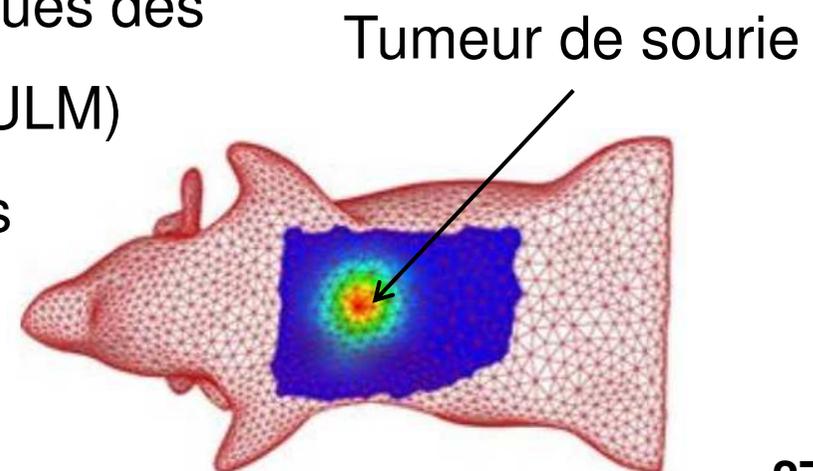
Propriétés fixées (peuvent être obtenues par reconstruction) :

$$\mu_a^x = \mu_a^m = 0.01 \text{ mm}^{-1}; \mu_s^x = \mu_s^m = 5 \text{ mm}^{-1}; g^x = g^m = 0.9$$
$$\eta = 0.95; \tau = 4 \text{ ns}$$



Conclusions et perspectives

- La tomographie optique diffuse et de fluorescence des tissus biologiques est au stade de la recherche qui est **très étudiée aux Etats - Unis et en Allemagne, un peu moins en France**
- Sujet de recherche pluridisciplinaire
- On arrive à obtenir des cartographies avec un modèle rigoureux des propriétés optiques et de la concentration de fluorophores
- Poursuivre avec
 - la reconstruction des propriétés optiques des fantômes multicouches (collab avec ULM)
 - le diagnostic (préclinique) de tumeurs (collab avec l'ICL)
- Chercher des financements



Merci pour votre attention !



**PILOTAGE/MAINTENANCE INTELLIGENTS :
VERS UNE MAÎTRISE DE LA CONFORMITÉ DES PRODUITS
PAR UNE MAÎTRISE ADAPTÉE DU PROCESS,
DE SES COMPOSANTS ET DE LEURS DÉGRADATIONS.**

Benoît IUNG et André THOMAS

prenom.nom@univ-Lorraine.fr



Journée FCH – Novembre 2016



1/23

AVANT-PROPOS
LES CONTEXTES INDUSTRIELS

- En TPE ...
 - Infrastructures
 - Trésorerie
 - Personnel
- En PME ...
 - Infrastructures
 - Trésorerie
 - Personnel
- En « plus grosse entreprise » ...
 - Infrastructures
 - Trésorerie
 - Personnel

EXEMPLE =
CONSTRUCTION
BOIS

EXEMPLE =
ACTA
MOBILIERS...

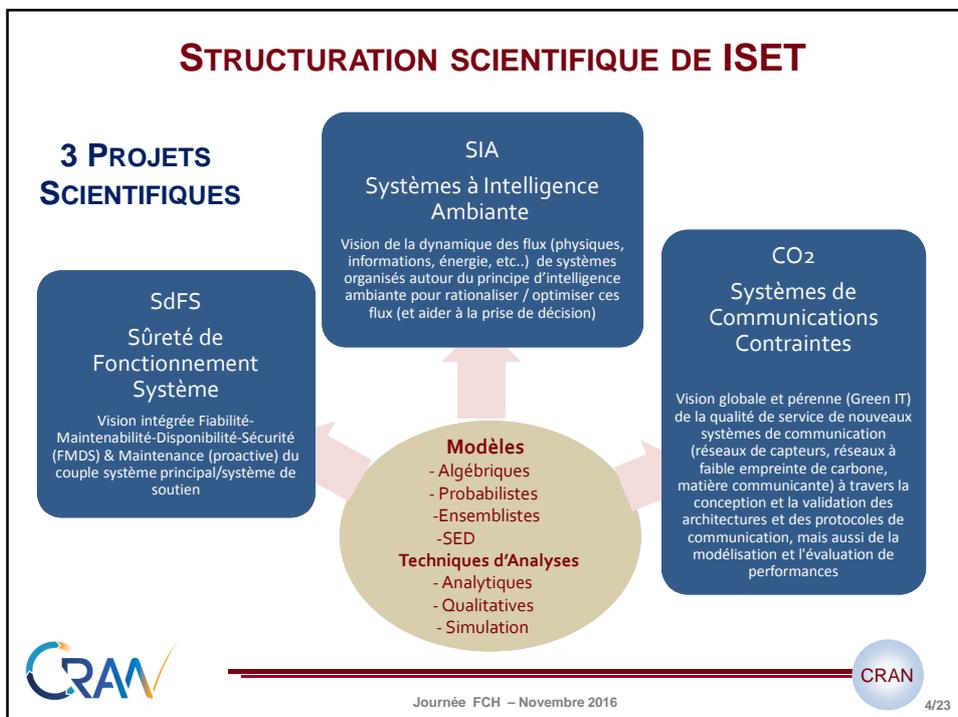
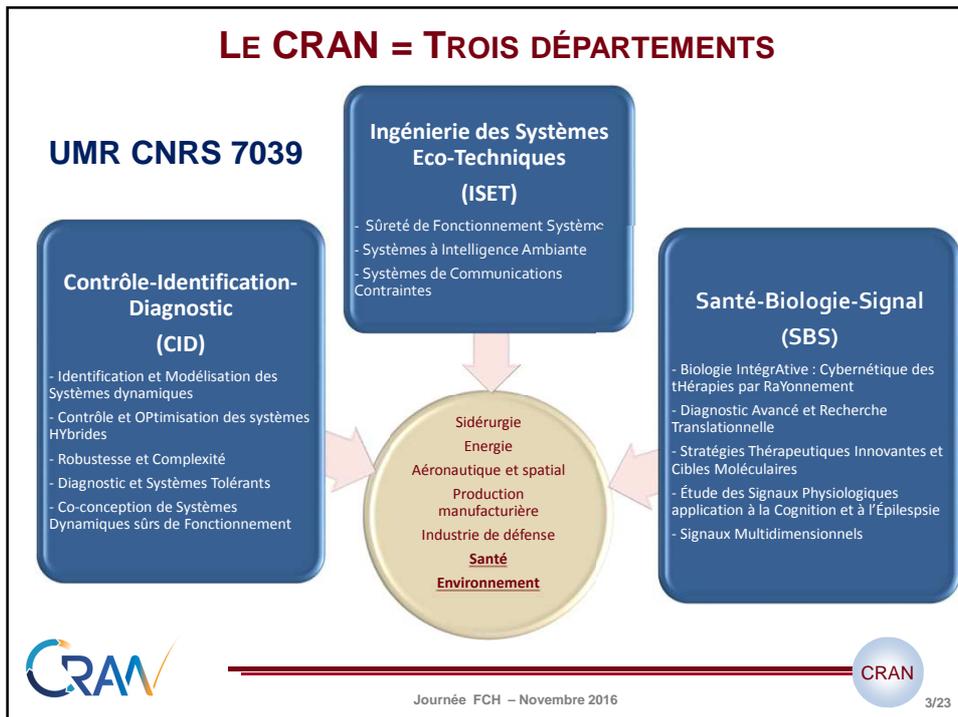
EXEMPLE =
RENAULT ...



Journée FCH – Novembre 2016



2/23



PROBLÉMATIQUES SCIENTIFIQUES ET AXES DIRECTEURS

- Quelques priorités de recherche/innovation de « l'Industrie du Futur » en lien avec ISET ...

Connected objects for assets and enterprises in the supply networks;
Integrated factory models for evolvable manufacturing systems

COLLABORATION D'OBJETS INTELLIGENTS
COUPLAGE VIRTUEL-RÉEL
SIMULATION DES INTERACTIONS
OPTIMAL DE CONVERGENCE
DISTRIBUTION – GLOBALISATION
ROBUSTESSE

SMART SENSORS NETWORKS
EVALUATION DE PERFORMANCES GREEN
FIABILITÉ DE RÉSEAUX



Monitoring, perception and awareness on manufacturing

Integration of design methods and tools

INTEROPÉRABILITÉ ENTRE MODÈLES, ENTRE APPLICATIONS
GESTION INTERACTIVE DES DONNÉES SUR UN CYCLE DE VIE
MULTI-ACTEURS

'End-of-life' (EoL) applications in a network of remanufacturing stakeholders
De-manufacturing Factories

INDICATEURS DE FIN DE VIE
SUSTAINABLE HEALTH
RÉGÉNÉRATION
RE-MANUFACTURING

PREDICTIVE DATA ANALYTICS
ANTICIPATION MULTICRITÈRES
OPTIMALITÉ DANS LE REGROUPEMENT
EVALUATION FIABILITÉ PRÉVISIONNELLE / RISQUE

Intelligent maintenance systems for increased reliability of production systems



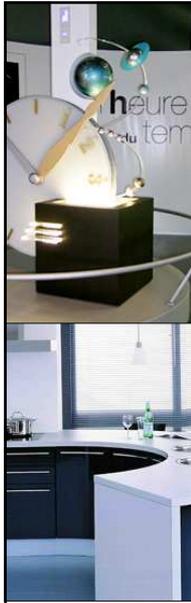
VERS DU PILOTAGE INTELLIGENT ...



**GESTION DE LA QUALITÉ
ET
DÉCISION RÉACTIVE PAR
INFORMATIONS PORTÉES
PAR LES PRODUITS DANS
UN SYSTÈME COMPLEXE DE
PRODUCTION ET
LOGISTIQUE DE MOBILIERS**

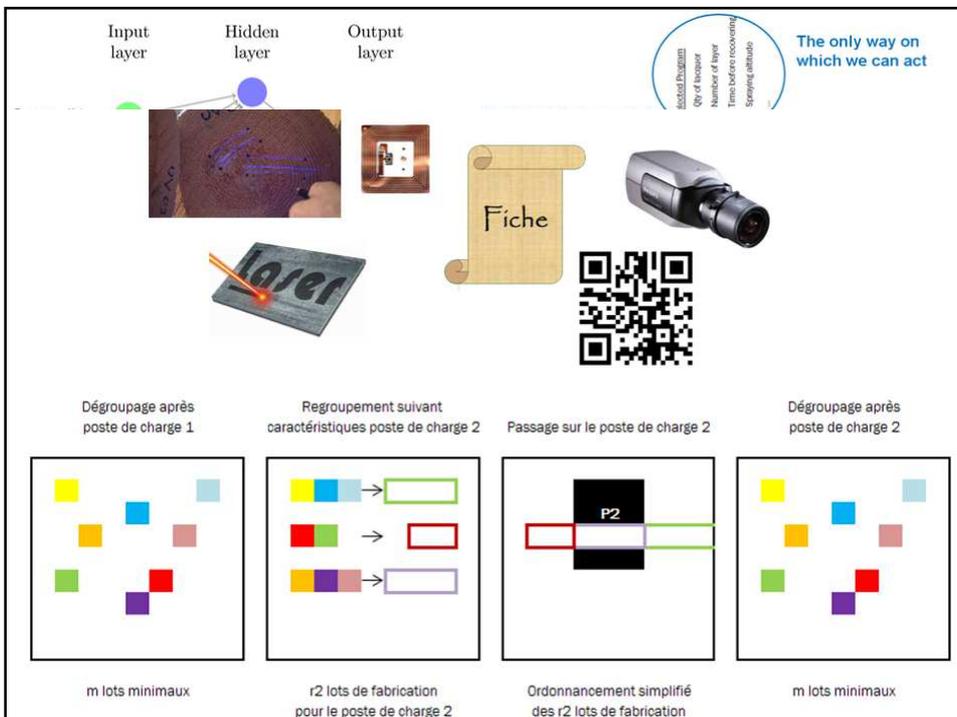
*Contexte= Une thèse CIFRE – un master – une 2ème thèse CIFRE
Partenariat officialisé par le cadre d'un contrat de chercheur associé
Entreprise de type "PME" de la filière bois*





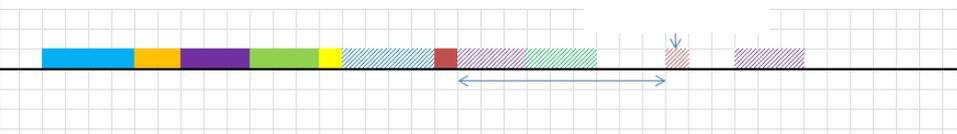
SITUATION

- Travaux avec une entreprise dont la compétence principale est le laquage très haut de gamme.
- **Problématiques industrielles :**
 - Les pièces se perdent dans l'atelier...
 - Pb de traçabilité
 - Les commandes sont souvent incomplètes lors de la livraison...
 - Pb de pilotage de la production
 - Pb de visibilité de l'en-cours
 - Pd du haut taux de non-qualité
 - On ne sait pas chiffrer le coût réel d'une production donnée...
 - Pb de remontée des données
 - Pb de synthétisation des données
- **Problématique scientifique :**
 - Travail sur le pilotage des flux de production en nous focalisant sur la machine goulot.

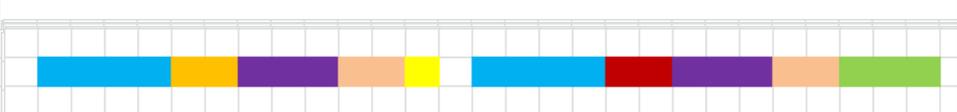


ORDONNANCEMENT DE LA PRODUCTION

- En **prédictif**, un ordonnancement centralisé intégrant les contraintes spécifiques des gammes à boucles.



- En **réactif**, un réordonnancement dynamique avec intervalles interdits rapide grâce à une information portée par le produit (système holonique de production) afin de réinsérer de manière optimale les tâches découlant des reprises.



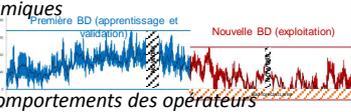
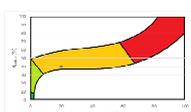


Journée FCH – Novembre 2016



LES VEROUS SCIENTIFIQUES...

- Maîtrise de la conformité du produit (caractéristiques géométriques, d'esthétique et d'état de surface) directement à partir d'une maîtrise en ligne des facteurs influant sur le processus du poste contrainte)**
 - Formalisation de règles de connaissances statiques et dynamiques
 - Apprentissage « contrôlé » du comportement du processus
 - Génération de règles de modification des réglages et des comportements des opérateurs
- Disposer d'indicateurs pertinents KPI (Key Performances Indicateurs) multidimensionnels permettant d'avoir un suivi qualitatif et quantitatif de la production**
 - Agrégation/fusion d'indicateurs fonctionnels
 - Analyse des zones d'intérêt de chacun des indicateurs
 - Cartographie des règles de gestion et de pilotage
- Définition de modèles d'aide à la décision en pilotage de flux à partir de ces indicateurs**
 - Définition du processus de réapprentissage
 - Définition du modèle d'optimisation de l'ordonnancement de la machine « contrainte de capacité » en prenant en compte des « fenêtres interdites »




Journée FCH – Novembre 2016



LES ASPECTS TECHNOLOGIQUES...

1. Développement d'un MES (POTER)
2. Installation « en ligne » d'un RdN connecté sur des capteurs en interne et sur des bases de données externes (météo, ...)
3. Conception du système de traçabilité et d'identification
4. Conception de l'architecture de pilotage (système « hybride » = centralisés et distribué)



VERS DE LA MAINTENANCE INTELLIGENTE ...



MÉTHODOLOGIE D'ÉLABORATION D'UN BILAN DE SANTÉ (PERFORMANCE ET DÉGRADATION) DE MACHINES DE PRODUCTION POUR AIDER À LA PRISE DE DÉCISION EN EXPLOITATION : APPLICATION À UN CENTRE D'USINAGE À PARTIR DE LA SURVEILLANCE DE SA CINÉMATIQUE

Thèse CIFRE: Thomas LALOIX – 2015 à 2018

Contexte Alliance Renault – Nissan; Initiative "Usine du Futur"

Axe: Predictive Maintenance Technologies



GROUPE RENAULT



SITUATION INITIALE DE RECHERCHE

VERS UNE FLOTTE (4500 MO)

Centre d'Usinage (Machine Outil – MO) GROB - G520

USINE CLEON DE RENAULT

Centre d'Usinage (Machine Outil – MO) GROB - G520

Porte Outil HSK et outils

Bloc cylindre Renault – Moteur R9M

- Maîtrise de la conformité des produits sans contrôle a posteriori de leurs propriétés par contrôles statistiques
- Réduction des situations de non productivité des moyens de production en anticipant l'apparition des défaillances (orientation PHM – Prognostics and Health Management)
- Optimisation des coûts globaux de possession (LCC) du cycle de vie machine (ex. réduire les coûts de maintenance). Recherche d'un optimum lié à la fois aux composants produits et moyens de production

Journée FCH – Novembre 2016

13/23

SITUATION INITIALE DE RECHERCHE

Paramètre caractérisant l'état de détérioration

Temps

DANGER (seuil de panne)

ALARME (seuil de maintenance)

Fonctionnement normal

Un défaut se développe

Intervention de maintenance

PANNE CRISE QUALITE

Délai d'intervention avant la panne

Retour à l'état initial

EST IL POSSIBLE DE DÉVELOPPER UNE MÉTHODOLOGIE (GÉNÉRIQUE) EFFICIENTE ET EFFICACE POUR LE CONTRÔLE DES PERFORMANCES D'UNE PIÈCE USINÉE À PARTIR DU CONTRÔLE DES PERFORMANCES DU CENTRE D'USINAGE ET DE SES DÉGRADATIONS ?

Putting the "P" in "PHM"

Decision Management

Prognosis

Diagnosis (Enhanced) Diagnostics

Feature Extraction

Preprocessed Data

Sensor Data

System

Remaining Useful Life

Historic condition component life etc.

Observing changing etc.

Signatures (vibration, temperature, etc.)

Model (data, expert, operation, etc.)

phmsociety

MAINTENANCE

OUI Occurrence de la défaillance

NON

MAINTENANCE CORRECTIVE

MAINTENANCE PREVENTIVE

Approche Dynamique

OUI

Approche "proactive" de la dégradation

NON

MAINTENANCE CONDITIONNELLE

MAINTENANCE PREVISIONNELLE

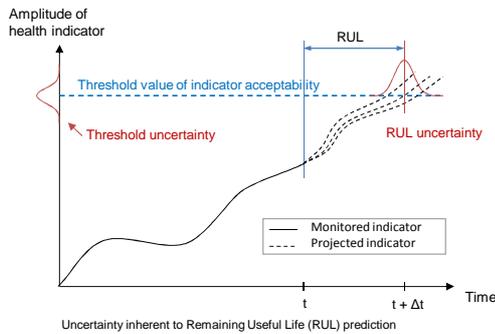
MAINTENANCE SYSTEMATIQUE

PHM: « philosophie » émergente qui étend la notion de maintenance prévisionnelle par l'optimisation de la maintenance et la logistique de soutien afin d'accroître la disponibilité opérationnelle et réduire LCC tout en augmentant potentiellement la fiabilité et l'espérance de vie des systèmes

Journée FCH – Novembre 2016

14/23

QUELQUES BENEFICES ...

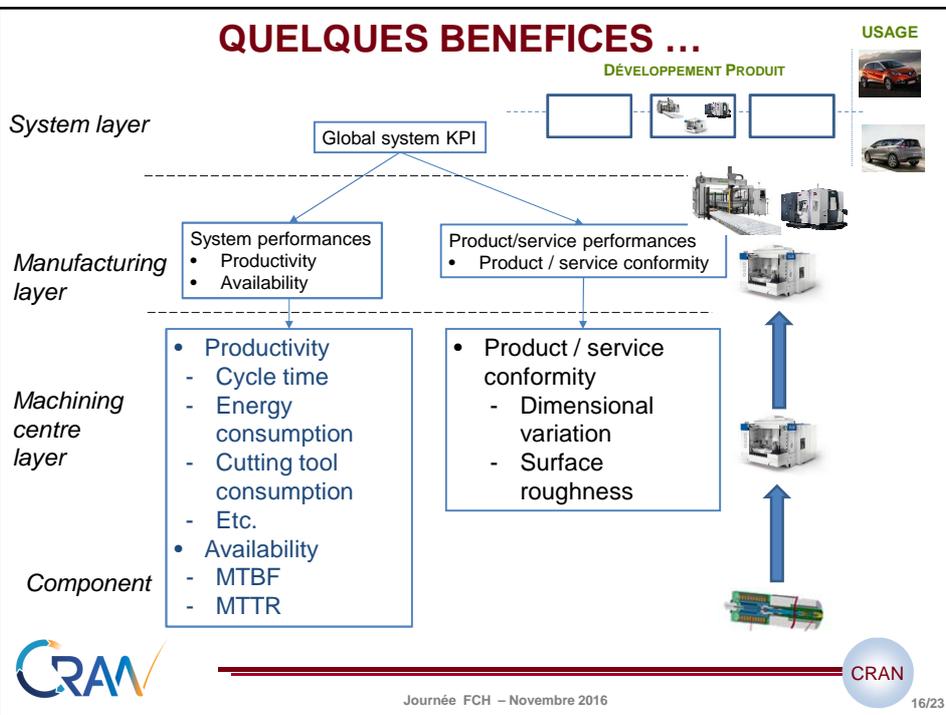


ISSUES	KEY PERFORMANCE INDICATORS		
	Q	C	D
<p>• MINIMISER LES COÛTS ET DELAIS D'INTERVENTION DE MAINTENANCE</p> <p>Par la connaissance de la cause des pertes de performance (optimisation des ressources humaines affectées aux interventions) + optimisation du planning d'intervention + optimisation du PMP</p>		⊕	⊕
<p>• AUGMENTATION DU RO</p> <p>Par la diminution des arrêts machine, diminution des non-qualité</p>	⊖	⊕	⊖
<p>• MAITRISER LE PROCESS</p> <p>En surveillant les paramètres process influençant la qualité du produit fabriqué et/ou caractérisant l'état de santé des machines</p>	⊕	⊕	⊕
<p>• OPTIMISER LA GESTION PHF / OUTILS</p> <p>Par l'anticipation et l'optimisation des interventions à réaliser et l'optimisation des paramètres process</p>		⊖	⊖

Predictive maintenance benefits regarding KPI



QUELQUES BENEFICES ...



QUELQUES VEROUS A RESOUDRE ...





- 1. Maîtrise de la conformité du produit (ex. propriétés de qualité, dimension géométrique) directement à partir d'une maîtrise en ligne des composants de la machine et de leur dégradation)**

 - Formalisation de règles de connaissances statiques et dynamiques reliant les propriétés de dégradation des composants aux déviations des propriétés du produit
- 2. Disposer d'indicateurs pertinents KPI (Key Performances Indicateurs) multidimensionnels permettant d'avoir un bilan de santé de la relation produit/machine**

 - Agrégation/fusion d'indicateurs fonctionnels et dysfonctionnels de niveaux d'abstractions différents voire de sémantiques différentes pour élaborer des KPI pertinents
- 3. Optimisation de l'aide à la décision en conduite et en maintenance à partir de ces indicateurs**

 - Définition et fondement du concept de potentiel restant en regard des KPIs multicritères, multi dimensions dans une vision système bouclé
 - Définition en lien avec le potentiel restant des critères décisionnels / Formalisation des critères de décision, leviers d'action



Journée FCH – Novembre 2016



DES RESULTATS ATTENDUS

A-Functional analysis

- Identify sub-functions
- Identify subfunction support mechanisms
- Identify input flow (IF) and output flow (OF) properties of the function

B-Dysfunctional analysis

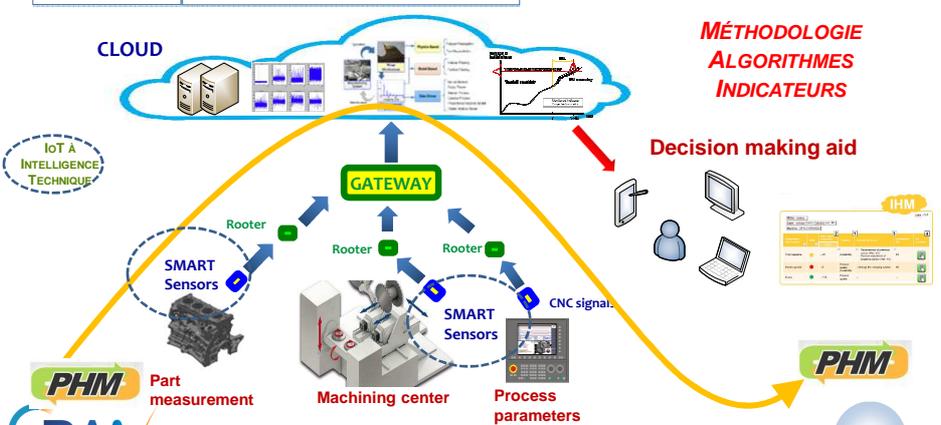
- RMECA
- Identify degradations and failure modes
- Determine causal relationship at current level of abstraction
- Identify flow property deviation
- HAZOP
- Determine multi-loop causal relationship
- Identify monitoring parameters
- Determine degradation indicator for maintenance decision making
- Quantify causal relationship

* from other subelements of the same level to the upper subelement level

DE L'APPLICATION DE MODELES DE RÉFÉRENCE ... AU DÉPLOIEMENT D'UNE ARCHITECTURE « OUVERTE »

MÉTHODOLOGIE ALGORITHMIQUE INDICATEURS

Decision making aid





Journée FCH – Novembre 2016

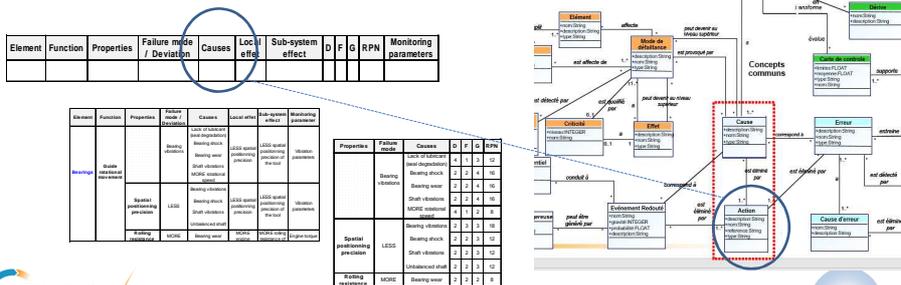


DES CONTRIBUTIONS A MENER SUR

1. Formalisation des concepts de connaissance liés aux interactions produit/processus

- Extension et combinaisons d'approches conventionnelles d'analyse fonctionnelle/dysfonctionnelle (ex. AMDEC, HAZOP, AdF) par la considération de nouveaux concepts de connaissances reliant caractéristique produit/dégradation machine à travers le concept d'indicateur
- Formalisation d'un méta-modèle de ces concepts de connaissances métiers
- Génération de modèles de référence de type fonctionnel et technologique pour la classe d'applications machine outil à partir d'instantiation du méta-modèle (création de COTS; pattern)

METTRE A DISPOSITION UN GUIDE (SÉMANTIQUE) GÉNÉRIQUE BASÉ SUR DES PRATIQUES MÉTIERS - FAVORISER UNE INGÉNIERIE PARTICULIÈRE A PARTIR D'ASSEMBLAGE DE SAVOIR-FAIRE ENCAPSULÉS (SUPPORT INFORMATIQUE)



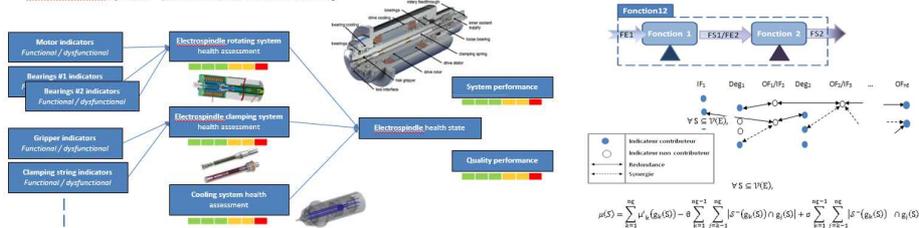
DES CONTRIBUTIONS A MENER SUR

2. Génération d'un bilan de santé multi-niveaux à partir d'indicateurs (« health state assessment »)

- Extension du méta-modèle par la formalisation de règles concernant la prise en compte du contexte (ex. mission, typologie produit, environnement) pour la particularisation des modèles de référence
- Définition de mécanismes de quantification des liens qualitatifs entre indicateurs
- Formalisation de mécanismes (ex. par agrégation, outil intégrale de Choquet) pour générer un bilan de santé à partir de la quantification

BILAN DE SANTÉ MULTI-DIMENSIONS DE NIVEAU MACHINE A PARTIR D'AGRÉGATION MÉTIER (VERTICALE ET HORIZONTALE) D'INDICATEURS COMPOSANTS OU SOUS-SYSTÈMES

Electrospindle system – performance indicators building



DES CONTRIBUTIONS A MENER SUR

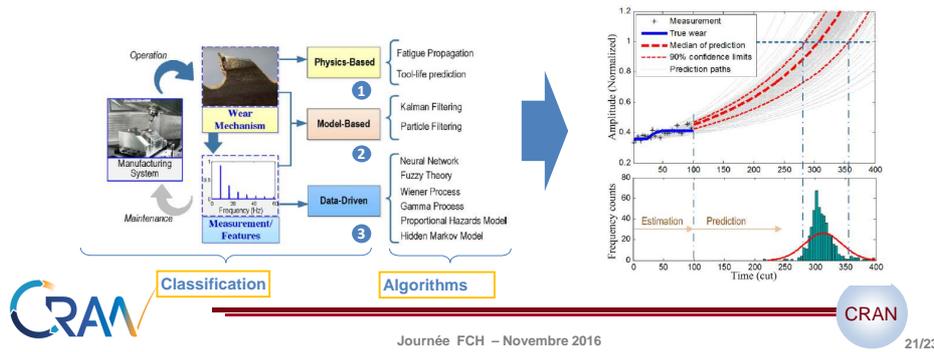
3. Fondement du concept de potentiel restant à la classe d'application machine-outil

- Proposition de **métriques** pour la sélection d'approches de pronostic adaptées au calcul de l'évolution des indicateurs pertinents
- Proposition de mécanisme de calcul de **potentiel restant** en fonction des KPIs
- Contribution à la définition d'un **Dashboard** machine multi-métiers

$$REEL(t) = \{E[T] : EEI^{t/T} = EEI_{\text{Threshold}} \mid EEI^t < EEI_{\text{Threshold}}\}$$

[Calcul de potentiel restant de type efficacité énergétique (REEL) (A. Hoang, P. Do, B. Ing, 2015)]

CALCUL D'UN POTENTIEL RESTANT POUR FAVORISER L'ADÉQUATION AUX MOYENS ET L'ADAPTABILITÉ



Journée FCH – Novembre 2016

21/23

DES CONTRIBUTIONS A MENER SUR

4. Validation des contributions

- Proof of concept (POC)** – Machine GROB G520 sur des sous ensembles fonctionnels ou technologiques comme les axes linéaires, axes rotatifs et ensemble électro-broche
- Participation au **déploiement** de ces propositions à d'autres classes de machines outils, à une flotte, à une autre classe de machine (presse d'emboutissage à Flin).



Decision making display - IHM

- Dashboard of performance indicators impacted **1**
- Warning indicator **2**
- Suggested action based on performance layers related to dedicated operators **3**
- Display of prediction confidence level **4**
- Validation of successful intervention : traceability **5**

Métier : moteur						Usine : CLE	
Ligne : usinage Carters Cylindres mot. R9							
Machine : OP10-5 GROBS24							
Component : sub-system	State	RUL (days) Remaining Useful Life	Impact	Counter measure	Confidence (%)	OT creation	
Local machine	●	-2h	Availability	Replacement of presence sensor (Ref. xx) Position adjustment of presence sensor (Ref. xx)	85		
Electro spindle	●	+3	Product quality Availability	Change the clamping system (Ref. xx)	90		
B axis	●	113	Technical quality				

Journée FCH – Novembre 2016

22/23



**PILOTAGE/MAINTENANCE INTELLIGENTS :
VERS UNE MAÎTRISE DE LA CONFORMITÉ DES PRODUITS
PAR UNE MAÎTRISE ADAPTÉE DU PROCESS,
DE SES COMPOSANTS ET DE LEURS DÉGRADATIONS.**

Benoît IUNG et André THOMAS
prenom.nom@univ-Lorraine.fr

