



VENDREDI 18 OCTOBRE | 9H > 18H

# PARISCIENCE

Muséum national  
d'Histoire naturelle  
Jardin des Plantes  
Paris 5<sup>e</sup>

CATALOGUE | SALON DES IDÉES SCIENTIFIQUES



Projet A .....	p. 3
Mort et longévité cellulaire - Evolution moléculaire - Philosophie des sciences	
Projet B .....	p. 6
Data Science - Data visualization - Intelligence Artificielle	
Projet C .....	p. 7
Télécommunications - Photonique - Semi-conducteurs	
Projet D .....	p. 9
Politiques environnementales - Politiques de l'eau	
Projet E .....	p. 11
Stockage de déchets radioactifs - Automatisation des systèmes - Intelligence artificielle	
Projet F .....	p. 13
Evolution - Couleur - Communication	
Projet G .....	p. 16
Neurosciences - Emotions - Art	
Projet H .....	p. 18
Sciences de la Terre - Océanographie - Sismologie	
Projet I .....	p. 20
Imagerie - Spatial - Médical	
Projet J .....	p. 22
Développement des plantes - Biotechnologies végétales	
Projet K .....	p. 24
Mathématiques fondamentales - Systèmes dynamiques - Étude du mouvement	
Projet L .....	p. 26
Ecologie - Poissons - Populations	
Projet M .....	p. 28
Intelligence artificielle - Machine Learning - Computer Game	

### Description du projet :

La mort est souvent perçue comme la négation de la vie, la vie comme l'antithèse de la mort. La biologie, par l'étude du suicide cellulaire (apoptose), a permis de transcender ce manichéisme. La mort n'apparaît plus comme extérieure à la vie, mais comme un processus tangible, à l'œuvre dans le vivant. Vingt ans après la parution de « La sculpture du vivant: le suicide cellulaire ou la mort créatrice » écrit par Jean-Claude Ameisen, le temps semble venu de faire percoler ce message issu de la biologie contemporaine au-delà des cercles académiques ou de celui des férus de science, et de le confronter à d'autres discours sur la mort issus de disciplines scientifiques différentes ainsi que du champ des humanités. Je propose de le faire à travers un film qui aborderait sous un angle artistico-scientifique la notion d'apoptose et plus généralement de mort (« la mort, insaisissable alien ? »). Ce film serait à la fois une mise en images du concept paradoxal d'apoptose (à travers la métaphore de la « lumière noire ») et une mise en perspective de la notion de mort par le biais d'entretiens avec des spécialistes et des intervenants officiant hors du champ de la biologie.

### Quels sont les enjeux de cette recherche pour notre monde et notre société d'aujourd'hui ?

La mort est un thème qui, à défaut de nous réunir vraiment, nous concerne pour l'instant tous autant que nous sommes. Bien qu'elle transcende les clivages disciplinaires, et qu'une littérature abondante lui ait été consacrée au fil du temps, force est de reconnaître qu'il nous est bien difficile de la cerner. Cette difficulté n'est pas seulement due au fait qu'elle correspond à l'un des tabous les plus ancrés dans notre société. La mort demeure une « insaisissable alien » car le même terme de « mort » est utilisé pour rendre compte tantôt d'un processus (le fait de mourir), tantôt d'un état (être mort) ou encore d'un évènement (le fait qu'il y ait eu disparition), recouvrant ainsi des réalités distinctes. De plus, une différence est à faire entre ce qu'est la mort, et ce qu'elle signifie (pour l'individu, pour la société,...). Enfin, le phénomène de la mort traverse les échelles du vivant, voire en réalité du réel tout entier, en changeant de définition et d'attributs. Lévi-Strauss n'aurait sans doute pas été opposé à ce qu'on qualifie ce terme de « signifiant flottant ». Au cours de ma carrière scientifique, j'ai principalement exploré la face biologique de la notion de mort, à travers l'étude de l'apoptose (également appelé « suicide cellulaire », une forme d'autodestruction que sont capables d'enclencher nos cellules). La biologie contemporaine nous a amené à concevoir cette mort (physiologique) de nos cellules comme un exemple de mort...souriante, à l'œuvre dans le vivant. En effet, la mort cellulaire par apoptose n'est pas la simple disparition accidentelle des cellules (qui correspond au phénomène de la nécrose). Elle est davantage et autre chose que cela, puisque c'est par la soustraction, l'auto-effacement cellulaire que les tissus et les organes de notre organisme sont sculptés (c'est ce qu'a bien exposé Jean-Claude Ameisen dans son livre *La Sculpture du Vivant*, Seuil, 1999). Ce sujet de l'apoptose constitue une force motrice qui, dans une sorte de mouvement spiralaire, fait inéluctablement se questionner sur la réalité de la mort à travers les champs de la recherche, de la connaissance, de l'expérience vécue et de l'imaginaire. Se retrouvent également embrassées des problématiques d'actualité telles que le mouvement Death positive, le phénomène zombie, le regain d'intérêt pour l'imagerie des calaveras, l'effondrement civilisationnel voire planétaire (en lien avec « l'Anthropocène ») et, évidemment, la question de la fin de vie. L'enjeu majeur est de réussir à s'ouvrir à une « science des choses de la mort » (une thanatologie transdisciplinaire) qui soit tout autant une connaissance complexe (c.-à-d. impliquant plusieurs points de vue) qu'une recherche ouverte et positive sur les questions liées à cette notion d'ordinaire mal perçue ou éludée dans nos sociétés.

## En quoi pensez-vous que votre recherche est originale et en quoi pensez vous qu'un récit en image et en son puisse servir votre propos ?

L'histoire de la mort cellulaire rejoint, au fond, celle du gain par la perte, et c'est ce message qu'il serait intéressant de réussir à mettre en images et en perspective.

Pour ce qui est de la mise en images, il est aisé de visualiser des cellules en cours de suicide dans des cultures cellulaires in vitro et au sein de tissus vivants placés sous l'objectif d'un microscope, les rendus sont spectaculaires (microphotographies avec de multiples couleurs superposées, vidéomicroscopie confocale en temps réel rendant compte du caractère dynamique du processus de mort,...) et nous les pratiquons en routine au laboratoire. L'histoire de la découverte du suicide cellulaire commence également à être bien connue, et il serait intéressant d'utiliser les modèles d'époque pour raconter les différentes étapes ayant conduit à accepter que la bio-logie (science de la vie) puisse également être une science de la mort. Enfin, j'ai conçu la métaphore de la « lumière noire », qui me semble éminemment pertinente pour rendre compte de l'apoptose sur un plan artistique. La lumière noire n'est pas l'obscurité, ou l'ombre, mais une lumière positive, qui obscurcit positivement, qui a sa propre énergie. Sa représentation à l'écran représente une gageure, à même de frapper les esprits pour les amener à se rendre compte du caractère paradoxal d'une mort « créatrice ». Il n'existe pour l'instant, à notre connaissance, aucune représentation de cette métaphore dans le champ des arts visuels (même le récent film de genre américain intitulé « Amalia » ne représente pas le phénomène considéré, tout en s'en approchant ; j'ai également utilisé la lumière noire, grâce à des lampes de Wood, dans mon film d'entretien avec Edgar Morin, mais là encore, cette illumination n'obéit pas aux termes de la métaphore).

Pour ce qui est de la mise en perspective, je propose de confronter – à travers de courts entretiens avec des spécialistes et divers intervenants - le discours biologique sur la mort à d'autres représentations, issues des sciences physiques et de l'univers (demi-vie des particules, mort des étoiles,...), de la chimie (attributs de la substance vivante,...), de la médecine (définition légale, euthanasie,...), des neurosciences (mort d'un souvenir,...), de l'écologie et de l'évolution (collapsologie, disparition des espèces,...), des sciences humaines telles que la philosophie, l'anthropologie, la politique, la sociologie (avec par exemple la mort des théories, des langues, des civilisations, des entreprises avec le dépôt de bilan, la mort professionnelle avec le départ à la retraite, la mort civique,...) ainsi que du monde des arts (théâtre, littérature, peinture, pop culture avec notamment le cas-limite du zombie, qui par effet boomerang est aujourd'hui revenu en biologie avec la découverte de « cellules zombies »).

## Dans le cadre de votre métier, fabriquez-vous de l'image ? Ces images pourraient-elles être utilisables dans un film ?

Au laboratoire, je fabrique en permanence de l'image dans le cadre de mes activités de recherche sur la vie et la mort cellulaire. Ces images découlent principalement d'observations en microscopie confocale en temps réel réalisées sur des cellules vivantes, dont le suicide par apoptose peut être déclenché par diverses conditions ou différents traitements (comme l'irradiation ultraviolette, l'empoisonnement chimique, l'ensemencement à faible densité empêchant toute « reliance » des cellules entre elles, la privation en facteurs de croissance, etc.). Ces images correspondent à des marquages de différents compartiments cellulaires ou molécules d'intérêt (mitochondries colorées à l'aide sondes vitales, membrane plasmique qui subit un « flip-flop » lors des phases précoces de l'apoptose, noyaux cellulaires qui deviennent pycnotiques,...).

Je manifeste par ailleurs un vif intérêt pour les œuvres vidéos et sonores notamment la réalisation de films artistico-scientifiques, comme illustré par ma web-série « Faces cachées », qui part du principe que l'art permet de transduire et de faire assimiler des messages parfois (souvent) plus efficacement que du contenu uniquement prosaïque. Le premier épisode a mis en lumière « l'humaniste planétaire » Edgar Morin, que j'ai interviewé sur la scène du théâtre des 13 Vents à Grammont, près de Montpellier. Le deuxième épisode (dont le tournage est prévu en août prochain à Austin au Texas) devrait normalement mettre en scène un biologiste de la conservation américain (Merlin Tuttle), qui a passé sa vie à tenter d'inverser la mauvaise image des chauves-souris dans l'opinion populaire. D'autres personnalités ont été contactées pour la suite, y compris des artistes (qui sont loin d'être illégitimes pour s'exprimer sur des questions de science). Cette expérience pratique et ce canevas réflexif me permettent d'aborder avec une certaine méthode l'aventure consistant à réaliser (en collaboration avec des professionnels) de courts entretiens de spécialistes et d'intervenants sur la question de la mort.

## Description du projet :

Peut-on utiliser l'art comme moyen de vulgariser la science ?

Scientifique mais aussi artiste, je réalise des œuvres d'art basées sur des données informatiques (big data). Cette approche originale, dans la mouvance du "Data Art", utilise des techniques de visualisation venant tout droit de la recherche, pour permettre de représenter ces données sous forme tangible et interprétable par tous. Plus généralement, ma démarche consiste à générer de l'émerveillement autour des domaines qui intriguent, tels que l'intelligence artificielle, l'analyse de données, ou encore les algorithmes. Le visuel prend donc tout son sens une fois que l'on découvre l'histoire des données, ainsi que le traitement scientifique et artistique réalisé pour pouvoir appréhender la complexité inhérente à ces "big data". Contrairement à ce que l'on pourrait penser, la science peut aussi être génératrice d'émotions et racontée de manière esthétique !

Ce mélange d'art et de science me semble intéressant car il est peu commun et donne l'occasion de raconter de belles histoires autour de chaque tableau.

C'est une façon de toucher les gens en alliant réflexion autour des données avec les enjeux sociétaux qui en découlent.

## Quels sont les enjeux de cette recherche pour notre monde et notre société d'aujourd'hui ?

Comprendre ce que sont les data, ainsi que leurs utilisations par les scientifiques et les entreprises devient un problème sociétal urgent à régler.

Avec l'émergence des fake news, l'utilisation d'algorithmes de recommandation, le tracking des utilisateurs, deepfakes, etc. il est important de tempérer les annonces effrayantes et déceptrives des média en mettant aussi l'accent sur l'utilisation positive de ces données. Que ce soit dans la compréhension des phénomènes sociologiques, la recherche en médecine ou biologie, l'astrophysique, les voitures autonomes, etc : les data sont à la base de la société du 21ème siècle et servent à améliorer notre quotidien.

## En quoi pensez-vous que votre recherche est originale et en quoi pensez vous qu'un récit en image et en son puisse servir votre propos ?

Ma recherche consiste à transformer des données complexes en représentations visuelles qui suscitent de l'émotion tout en restant au plus de près de la pertinence scientifique.

Souvent incomprise et décriée, la recherche a besoin de tous les acteurs pour continuer à avancer. Le fait de réaliser un documentaire sur le sujet serait l'occasion idéale de partager au plus grand nombre une façon originale d'approcher le sujet et potentiellement d'inspirer les nouvelles générations à se lancer dans une carrière/études en science.

## Dans le cadre de votre métier, fabriquez-vous de l'image ? Ces images pourraient-elles être utilisables dans un film ?

Oui, je réalise des vidéos, images et œuvres interactives qui sont exposées dans les galeries et les musées. Elles pourraient donc être utilisées pour un film.

## Description du projet :

Mon projet de recherche consiste à développer une technologie de rupture appelée photonique sur silicium pour les télécommunications. Le principe de la photonique sur silicium consiste à réaliser composants optiques comme les lasers en diminuant drastiquement leur consommation énergétique. Les lasers sont les sources de lumière clé qui transportent nos données dans les fibres optiques.

Le silicium a le bon goût d'être un matériau peu coûteux, abondant, aux propriétés électriques exceptionnelles. Il est mature industriellement dans l'industrie de l'électronique. Mais il n'est malheureusement pas un bon émetteur de lumière donc, seul, il ne peut pas réaliser un bon laser. On l'associe alors aux matériaux semi-conducteurs dits «III-V», bons émetteurs de lumière contrairement au silicium. Néanmoins, ces derniers sont rares et leurs ressources naturelles sont épuisables contrairement au silicium que l'on sait synthétiser.

Mon projet de recherche a pour objectif d'associer les matériaux «III-V» au silicium pour réaliser des sources laser, de la fabrication des composants à leur caractérisation.

## Quels sont les enjeux de cette recherche pour notre monde et notre société d'aujourd'hui ?

Du matin lorsque l'on consulte nos mails jusqu'au soir où nous apprécions notre série préférée sur une plateforme streaming, nos activités journalières génèrent de plus en plus de données. Notre réseau doit suivre le rythme : ce à quoi doit répondre la 5G prévue en 2020 en Europe. Cette dernière est la condition nécessaire au déploiement d'une révolution technologique qui s'opère : l'avènement de la voiture autonome, la robotique en milieu médical... Néanmoins, une problématique conjointe au déploiement de la 5G est la gestion des données qu'elle génère.

Ces données sont gérées par d'immenses infrastructures appelées data centers. Dans 10ans, le coût de gestion de ces données est amené à être multiplié par 10. La réduction de la consommation de ces infrastructures est un enjeu primordial dans un monde où les ressources énergétiques ne sont pas inépuisables.

L'objectif de mon projet de recherche consiste à déployer une technologie de rupture appelée photonique sur silicium qui répond à cet enjeu en diminuant drastiquement la consommation en énergie nécessaire au transport de nos données.

## En quoi pensez-vous que votre recherche est originale et en quoi pensez vous qu'un récit en image et en son puisse servir votre propos ?

Des transistors dans nos portables aux lasers produisant la lumière dans nos fibres optiques, les composants de l'infiniment petit font partie intégrante de notre quotidien. Et pourtant : l'environnement dans lequel ils sont fabriqués est un monde bien méconnu du grand public. Ces derniers, encore plus petits que le diamètre d'un cheveu, sont un concentré de technologie et de savoir-faire.

Mais ces dimensions micrométriques voire nanométriques (un milliardième de mètre !) génèrent des problématiques réelles : une seule poussière sur un composant peut le rendre inutilisable. C'est pourquoi on les fabrique et les manipule dans un environnement à l'abri de la poussière, où la température, l'humidité, la lumière ou la pression sont contrôlés très précisément. Ces environnements contrôlés sont appelés « salle blanche ». Mais ce n'est pas tout car nous même sommes sources de poussières : c'est pourquoi nous portons des blouses qui nous recouvrent intégralement de la tête au pied.

En plus de devoir être manipulés à l'abris de la poussière, ces composants sont caractérisés avec des outils de pointe permettant de révéler une multitude de propriétés physiques que l'on ne perçoit pas à l'œil nu.

Le récit en image et son permettrait de comprendre ce qui se jouent en termes de moyens, savoir-faire et contraintes sur des composants de l'infiniment petit. Ces derniers sont des objets sur lesquels se sont joués des révolutions technologiques d'hier comme le transistor pour l'informatique moderne, et de demain avec le déploiement imminent de la 5G qui révolutionnera notre rapport aux technologies au quotidien.

## Dans le cadre de votre métier, fabriquez-vous de l'image ? Ces images pourraient-elles être utilisables dans un film ?

Je travaille dans un laboratoire international déployé dans plusieurs continents sur des domaines techniques très divers. Afin de promouvoir nos activités auprès des autres équipes du monde entier, nous avons conduit la réalisation d'une vidéo diffusée sur YouTube (Lien : <https://www.youtube.com/watch?v=vnzejCe4VkM>).

J'ai également participé à un concours visant à promouvoir ma recherche au grand public et j'ai réalisé une vidéo de 3min expliquant le cadre de ma recherche et mon environnement de travail.

Par ailleurs, notre responsable communication est souvent amenée à photographier nos activités pour les diffuser au grand public.

L'ensemble de ces images pourraient être utilisées dans un film.

## Description du projet :

En prenant pour exemple la truite, il s'agit de raconter comment une espèce peut incarner des idées politiques qui évoluent au cours du temps, être un symbole de distinction sociale ou bien un gage de redistribution, une preuve d'efficacité de l'action citoyenne ou bien la mesure du succès d'une politique étatique très centralisée, l'exemple-même d'une gestion intensive d'une espèce domestiquée ou bien le témoin d'une reconquête écologique pour une espèce sauvage. Au fur et à mesure de ces repolitisations, la truite est devenue un élément notable du paysage fluvial français, une forme attendue dans l'environnement et pour laquelle des groupes sociaux sont prêts à se mobiliser, un motif environnemental. Ce motif (c'est-à-dire à la fois une forme matérielle et un symbole) a l'avantage d'être très concret, beaucoup plus que la biodiversité en général ou la planète. Il peut être observé et surveillé par des non scientifiques, alors que les indicateurs d'experts parlent peu au grand public. La truite sauvage est aujourd'hui un des symboles de la restauration écologique des cours d'eau. Il s'agira de montrer les émotions qu'elle suscite, auprès des pêcheurs dans les milieux aisés ou populaires, jeunes ou vieux, mais aussi dans les assiettes.

## Quels sont les enjeux de cette recherche pour notre monde et notre société d'aujourd'hui ?

Les politiques environnementales sont peu légitimes. Dès qu'elles sont contestées par certains groupes sociaux, elles sont abandonnées ou peu mises en œuvre (délinquance industrielle en matière de pollution, bonnets rouges et gilets jaunes contre la taxe carbone). Mais il faut reconnaître qu'elles sont souvent justifiées au nom d'enjeux très globaux (changement climatique, biodiversité) qui restent assez abstraits et détachés du quotidien. Les motifs environnementaux sont des réalités concrètes beaucoup plus présentes et perceptibles dans le quotidien. Ces motifs (au sens de formes comme le motif d'un tissu et au sens de motivations comme le motif d'action) sont des leviers pour construire des politiques environnementales plus légitimes.

## En quoi pensez-vous que votre recherche est originale et en quoi pensez vous qu'un récit en image et en son puisse servir votre propos ?

La science politique s'intéresse à la décision publique. Ces décisions sont principalement étudiées à travers les acteurs concernés, le public cible, les instruments d'action publique utilisés, les idéologies sous-jacentes, mais on regarde très peu les matérialités physiques (ou biologiques) qu'elles mettent en jeu. Or en matière d'environnement, ces réalités biophysiques sont centrales. Nous ne percevons pas toute la réalité environnementale, mais plutôt certaines formes qui ont été regroupées dans une même catégorie, qui ont été nommées et que l'on a appris à voir. Nous repérons leur présence avec plaisir ou dégoût. On peut parler de motifs, parce que ce sont des formes récurrentes (on ne peut pas simplifier par symboles ?) Elles se prêtent très bien à une mise en image et le documentaire est le meilleur média pour montrer qu'il s'agit d'un choix politique, d'un « cadrage » particulier. Ces réalités sont aussi des motifs au sens de motivations. Et les motivations se prêtent très bien à une mise en récit. Ce documentaire serait un plaidoyer pour que les politiques environnementales se fondent sur des récits et des attachements à des formes concrètes plutôt que des argumentaires experts désincarnés. A quelles espèces plus ou moins sauvages sommes-nous attachés ? Que leur faut-il pour vivre ? Comment s'organise-t-on pour cohabiter ?

## Dans le cadre de votre métier, fabriquez-vous de l'image ? Ces images pourraient-elles être utilisables dans un film ?

D'autres collègues à Irstea, notamment les hydrobiologistes ont des images voire des films de rivières et de truites qui seraient probablement réutilisables, mais je n'utilise pas la vidéo dans ma pratique de politologue.

### Description du projet :

Cigéo, le projet français de stockage en couche géologique profonde pour les déchets hautement radioactifs et à vie longue, est prévu pour fonctionner plus de 100 ans. Pendant tout ce temps, un grand nombre de paramètres sera surveillé afin de s'assurer de son bon fonctionnement. Il est donc prévu des moyens de surveillance adaptés à la fois à la longue période (plus de 100 ans), à la grande dimension (plus de 250 km de galeries souterraines) et à différentes conditions d'environnement (rayonnement, température, etc.) ou d'utilisation (zones inaccessibles, etc.).

Pour cela, notre rôle est d'utiliser et/ou développer des moyens et des techniques innovantes de surveillance des différents composants d'un stockage et de son environnement naturel (surveillance des processus multiphysique de type thermique, hydraulique, mécanique, chimique, radiologique...), de mettre en œuvre des outils d'analyse des données. Ces données seront nombreuses et de nature très diverses. Les outils d'analyse devront donc être capables de les diagnostiquer, les évaluer, les organiser et les relier entre elles, afin de fournir une information complète et pertinente sur le fonctionnement du stockage dans son ensemble et de ses composants élémentaires majeurs. Ces outils pourront également servir à s'assurer du bon fonctionnement du système de surveillance (défaillances de capteurs, dérives de capteurs, données aberrantes etc.).

Les technologies et les méthodes innovantes d'intérêt et d'avenir sur les dispositifs de mesure et le traitement des données sur lesquelles nous travaillons sont les systèmes autonomes robotisés et miniatures, l'intelligence artificielle, les représentations cartographiques et leurs évolutions temporelles (4D).

### Quels sont les enjeux de cette recherche pour notre monde et notre société d'aujourd'hui ?

Les déchets radioactifs destinés à Cigéo sont les plus dangereux et le resteront très longtemps (pour certains, plusieurs centaines de milliers d'années). Plus de la moitié de ces déchets sont déjà produits. Il est donc indispensable de les mettre en sécurité afin de protéger l'homme et l'environnement sur le très long terme.

Sur de si longues échelles de temps la solution pour les mettre en sécurité ne peut pas reposer sur l'homme et sur la société : ce serait une charge trop importante et cela représenterait de grands risques (comment être sûr que la société pourra s'occuper de ces déchets pendant si longtemps ?).

C'est pourquoi la France, comme de nombreux pays dans le monde, a fait le choix du stockage en formation géologique profonde. Le principe ? Confiner les éléments radioactifs dans une formation géologique, sélectionnée pour sa stabilité et ses propriétés, afin de limiter la remontée des substances radioactives à la surface. Une fois tous les déchets descendus, le stockage sera refermé et c'est la formation géologique qui assurera le confinement, sans nécessiter d'action humaine. Pour Cigéo, la formation géologique retenue est une couche d'argile située à environ 500 m de profondeur en Meuse/Haute-Marne.

Mais durant tout le temps où le stockage sera en fonctionnement, c'est-à-dire une centaine d'années environ pendant laquelle on descendra et stockera des déchets radioactifs, il est nécessaire de vérifier que tout se passe comme prévu, d'où la mise en place de moyens de surveillance adaptés ... c'est l'objectif de nos travaux !

## En quoi pensez-vous que votre recherche est originale et en quoi pensez vous qu'un récit en image et en son puisse servir votre propos ?

D'une part nous travaillons sur la façon d'acquérir des mesures dans Cigéo, qui est une installation hors du commun par sa nature (une installation nucléaire souterraine), sa durée d'exploitation, ses dimensions, la diversité des composants à surveiller... auxquels s'ajoutent des contraintes spécifiques : le souterrain, parfois la température ou un environnement irradiant.

D'autre part, on étudie comment traiter en temps réel la masse des données de mesure qui seront acquises pour fournir une information pertinente pour la conduite de Cigéo. Ainsi nous devons mettre en œuvre des solutions originales, à partir de solutions déjà existantes ou en développer de nouvelles innovantes, telles que des dispositifs d'énergie ou de transmission des données sans fils pour surveiller des composants qui ne seront pas ou plus difficilement accessibles après leur mise en place.

On retrouve aussi les problématiques que l'on ne rencontre que dans l'espace ou à contrario dans les réseaux souterrains des spéléologues ou les grands fonds marins.

## Dans le cadre de votre métier, fabriquez-vous de l'image ? Ces images pourraient-elles être utilisables dans un film ?

Nous produisons des images de modélisation du fonctionnement attendu de Cigéo en grand (c'est ce que nous appelons le jumeau numérique de Cigéo, développé à partir de la maquette numérique de Cigéo qui est actuellement réalisée pour sa conception et demain sa construction et son exploitation) ou des scan3D du Laboratoire souterrain de Meuse/Haute Marne qui pourraient être utilisées dans un film.

## Description du projet :

### LA TRANSPARENCE CHEZ LES PAILLONS : REALISATION, EVOLUTION ET DEFIS

Les papillons sont bien connus pour la couleur de leurs ailes, couvertes d'écailles et qui interviennent dans la séduction de partenaires, le camouflage, mais qui peuvent aussi signaler aux prédateurs la présence de toxines. Or, de nombreuses espèces de papillon ont des ailes transparentes à divers degrés. La transparence chez les papillons soulève de multiples questions, que nous explorons en collaboration avec des équipes de physiciens :

- quelles structures permettent-elles de réaliser la transparence?

Nous avons trouvé que la transparence est réalisée par la réduction de la couverture des ailes par les écailles du fait d'une transformation des attributs de ces dernières (taille, densité, orientation...), et que ces microstructures peuvent être complétées par un nano-relief à la surface de la membrane (protubérances à l'échelle nanométrique) qui rend la membrane encore plus transparente.

- pourquoi la transparence a-t-elle évolué chez les papillons?

La transparence a évolué dans au moins 32 familles de lépidoptères (papillons de jour et de nuit), un ordre qui doit justement son nom à la présence d'écailles sur les ailes. Des expériences réalisées avec des prédateurs (oiseaux) ont montré que la transparence diminue la détectabilité des papillons, y compris chez des espèces toxiques et portant des motifs à la fois transparents et colorés. La transparence peut donc être considérée comme une stratégie de camouflage, qui présente l'avantage d'être efficace dans une large gamme d'habitats.

- la transparence présente-t-elle un coût pour les papillons?

Outre les motifs colorés, les écailles des papillons interviennent dans d'autres fonctions écologiques essentielles, comme l'hydrophobie (qui permet aux ailes de se débarrasser de la moindre goutte d'eau) et la thermorégulation (qui permet aux papillons de maintenir une température optimale pour voler). Nos études montrent que les ailes transparentes, où la couverture d'écailles est réduite, repoussent moins bien l'eau, et que ce coût dépend du degré de transformation des écailles dans les zones transparentes (densité, orientation). Les ailes n'ayant plus du tout d'écailles sont celles qui repoussent le moins bien l'eau. En ce qui concerne la thermorégulation, nos études de suivi de température par caméra thermique montrent que les espèces opaques se réchauffent plus vite que les espèces transparentes, mais au sein des espèces transparentes, les capacités de réchauffement/refroidissement ne diffèrent pas entre des espèces qui vivent à différentes altitudes. On suspecte des différences de comportement qui permettraient aux espèces d'adapter leur thermorégulation à l'habitat où elles vivent.

## Quels sont les enjeux de cette recherche pour notre monde et notre société d'aujourd'hui ?

L'impact sociétal de notre projet de recherche est multiple :

### - Impact fondamental

Notre recherche interdisciplinaire et de grande ampleur permet de comprendre et lier les aspects physiques, écologiques et évolutifs d'un phénomène largement méconnu : la transparence en milieu terrestre. Nos résultats sont innovants, à la fois dans le domaine de la physique et de la biologie, et sont publiés dans des revues scientifiques de renom.

### - Impact appliqué

Notre recherche, qui permet de lier structures et différentes propriétés physiques (optique, hydrophobie, thermorégulation) présente un fort potentiel dans le domaine du biomimétisme et de la bioinspiration, notamment dans la construction de matériaux à la fois très transparents et très hydrophobes (par exemple des revêtements pour panneaux solaires).

Les ailes transparentes peuvent également inspirer des projets artistiques (nous avons déjà été contactées à ce sujet).

### - Diffusion des connaissances auprès du grand public

Les papillons sont des organismes extrêmement appréciés du grand public, et représentent une formidable opportunité de véhiculer des concepts scientifiques, comme la sélection naturelle, la communication interspécifique, mais aussi la production des couleurs (au moyen de pigments ou bien de structures produisant des interférences). De plus, le mythe de l'invisibilité a traversé les âges (casque d'Hadès, anneau de Gyges dans Platon, l'homme invisible d'HG Wells, la cape d'invisibilité de Harry Potter...) et fascine encore aujourd'hui petits et grands, de sorte que nos recherches sur la transparence des papillons susciteront un grand intérêt. Et ce, d'autant plus que les papillons transparents sont souvent d'une grande beauté, comme en témoigne le résultat du dernier concours photographique de BMC Ecology. Enfin, les différents volets de notre projet permettent également de sensibiliser le public aux problèmes du réchauffement global et de la destruction d'habitats, et plus généralement de dévoiler des facettes méconnues de la biodiversité.

## En quoi pensez-vous que votre recherche est originale et en quoi pensez vous qu'un récit en image et en son puisse servir votre propos ?

La transparence en milieu terrestre est très mal documenté car, du fait de contraintes physiques (gravité, UV...), elle y est relativement rare, comparativement au milieu aquatique. Bien que les ailes d'insectes constituent une exception notable, avant notre projet seules quelques espèces avaient été examinées pour les aspects physiques (structures et propriétés optiques), sans lien avec le rôle écologique de la transparence, ni son évolution. Notre projet, à l'interface de plusieurs disciplines relevant de la physique et de la biologie, et portant sur plus de 160 espèces de papillons réparties dans 32 familles, est la première étude de grande ampleur sur la transparence en milieu terrestre.

La transparence des papillons se prête particulièrement bien à un récit en images, du fait de la beauté des papillons en général, et des papillons transparents en particulier. D'autres aspects plus 'mystérieux' de la transparence, par exemple la visualisation des écailles et de structures à l'échelle nanométrique par des techniques de microscopie électronique, ou encore la visualisation de gouttes d'eau déposées sur la membrane des ailes, sont également valorisables. En effet, nous sommes capables d'illustrer la transparence à différentes échelles, allant de l'échelle nanométrique de la surface des ailes à l'échelle des papillons dans leur milieu naturel, et les papillons constituent un excellent système permettant de visualiser les changements d'échelle qui sont essentiels pour mieux comprendre la complexité biologique.

Enfin, l'image est le meilleur moyen de véhiculer les concepts scientifiques sous-jacents à la réalisation et à l'évolution de la transparence chez les papillons.

## Dans le cadre de votre métier, fabriquez-vous de l'image ? Ces images pourraient-elles être utilisables dans un film ?

Dans le cadre de nos recherches nous prenons régulièrement des photos de papillons sur le terrain. Nous ne sommes malheureusement pas équipés pour prendre des vidéos de grande qualité de papillons en vol, mais de telles vidéos seraient magnifiques et représenteraient d'excellents outils à la fois pédagogiques, scientifiques et artistiques!

Nous prenons également des photos en microscopie photonique et électronique, qui illustrent les structures à différentes échelles ou encore le comportement des gouttes d'eau à la surface des ailes, et des films en caméra thermique, qui illustrent la cinétique de réchauffement des structures. Les changements d'échelle sont fascinants : aller du nanomètre à l'échelle de l'animal entier permet de décortiquer la complexité du vivant, et les papillons se prêtent tout à fait à cela, d'autant que les photos à l'échelle nanométrique sont comme des paysages extraterrestres, avec des reliefs qui n'ont rien de reconnaissable. Elles ont une grande puissance poétique et pour illustrer un phénomène fascinant tel que la transparence, c'est idéal !

### Description du projet :

Dans la vie de tous les jours, nous ressentons tous des émotions en écoutant de la musique, en regardant un film, en se remémorant de vieux souvenirs... Nous savons tous ce que c'est que ressentir une émotion, mais nous avons du mal à décrire ce que nous ressentons. De même, nous avons parfois du mal à gérer ces émotions qui semblent nous échapper.

L'idée à la base de ce projet était de développer un dispositif permettant à tout individu de visualiser les émotions qu'il ressent pour qu'il apprenne à les contrôler. Le développement d'un tel outil reposait sur deux défis majeurs :

- Le premier était de pouvoir détecter l'émotion ressentie avec une extrême précision. Pour résoudre ce défi nous avons mis un point d'un détecteur d'émotions. Son principe est simple : on pose sur la tête du patient un casque d'électroencéphalographie qui mesure directement les émotions dans le cerveau et détecte en temps réel si elles sont positives ou négatives, fortes ou faibles.
- Le second était de parvenir à rendre visible ce qu'est une émotion. C'est une collaboration fructueuse avec des artistes numériques qui a permis de faire dialoguer art, cerveau et code créatif en transposant les émotions sous formes de représentations visuelles et sonores variées. La représentation optimale montre des particules dynamiques se déplaçant au gré des émotions ressenties. Ainsi apparaissent une multitude de petites bulles vertes qui s'agitent ici et là sur un écran circulaire. Elles se dirigent en fonction de deux axes, pour finalement révéler l'état émotionnel du patient : plus l'intensité de l'émotion ressentie est forte, plus les particules se déplacent en haut de l'écran; plus l'émotion ressentie est joyeuse, plus les billes se positionnent vers la droite. Et inversement.

Ces travaux de représentation artistique des émotions ont déjà reçu un accueil très favorable du grand public et ont été primés. Nous continuons de travailler sur de nouvelles méthodes innovantes permettant d'aller au plus proche de l'état émotionnel d'un individu.

### Quels sont les enjeux de cette recherche pour notre monde et notre société d'aujourd'hui ?

Insomnies, stress, dépression... Plus d'un tiers de la population européenne souffre de troubles mentaux aujourd'hui, et la grande majorité de ces troubles sont liés à une difficulté à contrôler ses émotions. C'est en partant de ce constat que c'est développé un projet visant à offrir à tout un chacun une méthode de gestion des émotions en leur permettant de les visualiser.

Ce projet était initialement à visée clinique. Il s'agissait avant tout d'apporter une solution aux patients dépressifs, en leur permettant ainsi de trouver eux-mêmes des astuces pour faire évoluer leur bulles d'émotions sur l'écran, au fil des séances, et atteindre progressivement des états de joie. Cependant, lors des différentes expositions scientifiques et artistiques dans lequel le projet a été présenté, l'enthousiasme du public nous a fait réaliser que ce dispositif pouvait également être appliqué à bien d'autres situations, comme pour aider les enfants à gérer leurs émotions, à des sportifs de haut niveau avant une compétition, ou même au travail, pour manager au mieux ses équipes !

## En quoi pensez-vous que votre recherche est originale et en quoi pensez vous qu'un récit en image et en son puisse servir votre propos ?

Il a parfois été reproché aux Neurosciences de se placer dans une tour d'ivoire, d'être inaccessibles au grand public. Ce projet montre tout l'inverse, c'est l'originalité d'une approche neuro-artistique mêlant des échanges entre neuroscientifiques, artistes et le grand public qui aboutit au développement d'un dispositif innovant de contrôle des émotions.

Présenter ce projet de recherche sur forme de récit permettra de montrer à quel point la recherche doit être aujourd'hui multidisciplinaire et intégrer toute spécialité. Par ailleurs, ce récit sensibiliserait le public sur les nouvelles méthodes de gestion des émotions, un mal qui touche 1/3 de la population. Le fait de travailler sur des représentations émotionnelles, facilement compréhensibles, des émotions enrichirait le documentaire.

## Dans le cadre de votre métier, fabriquez-vous de l'image ? Ces images pourraient-elles être utilisables dans un film ?

Les émotions sont représentées sous formes d'image

L'image est au cœur même de ce projet puisqu'il s'agit d'offrir à tout individu une représentation visuelle de leur état émotionnel. Ces images sont dynamiques, facilement utilisables dans un film. D'autres types de représentation des émotions développés au laboratoire sont également disponibles (exemple, permettant de peindre par la pensée).

La réalisation des examens de neuroimagerie est également enregistrable, ce type d'image ayant déjà servi dans des vidéos scientifiques.

Le laboratoire a également l'habitude de réalisation des modélisations 3D de l'activité cérébrale.

### Description du projet :

Le projet proposé vise à comprendre l'évolution de la pensée qui, à partir de la fin des années 70 jusqu'en 2010 environ, a conduit au déni du réchauffement climatique. Né en 1958, j'ai fait Polytechnique entre 1978 et 1981 et ai commencé ma carrière de recherche au début des années 1980. Ces années marquent un tournant historique. La fin d'un cycle, celui de la guerre froide, des Trente Glorieuses, de la reconstruction et du dirigisme d'Etat et le début d'un nouveau, avec l'arrivée de Reagan, Thatcher et l'avènement de l'ultra-libéralisme en Occident ; Deng Xiao Ping, le capitalisme d'Etat et la montée en puissance de la Chine ; la défaite des Soviétiques en Afghanistan ; la victoire des mollahs en Iran, etc.

Sur le plan des idées, la fin des années 1970 marque également un hiatus entre le triomphe de l'école de Chicago en économie et son credo de croissance sans entrave (Prix Nobel de Milton Friedman en 1976) et, dans le même temps, la prise de conscience par les scientifiques de l'impact des gaz à effet de serre sur le climat. Le 1er papier montrant l'augmentation des émissions de CO2 anthropogénique date de 1976 et le 1er rapport sur le sujet commandé par Président des Etats-Unis de 1979).

Paradoxalement, alors que les Sciences de la Terre, de l'Environnement et du Climat enregistraient des progrès sans précédent, on a assisté à une régression de la pensée au sein de l'élite dirigeante aux commandes de l'économie. Pour préserver à tout prix la liberté d'entreprendre et la création de richesse, les partisans du libéralisme se sont organisés pour nier la responsabilité de l'Homme sur le changement climatique et se sont attaqués aux dites sciences et à leurs messagers, les scientifiques porteurs de mauvaises nouvelles. Dans le même temps, on a assisté à une hyper-spécialisation, qui s'est traduite par une absence de pensée globale, notamment au sein des grandes écoles censées « former les élites de la nation ».

Le projet de film proposé ici vise à illustrer l'évolution de la pensée au cours de ces 40 dernières années, en retraçant les carrières d'élèves sortis de grande école à la fin des années 1970 dans le domaine des mathématiques financières, du développement technologique, de l'industrie etc. Il s'agit de montrer comment ces individus ont travaillé de manière isolée, sans vision globale ni interaction avec le monde des Sciences du Climat. Une imperméabilité de deux mondes séparés qui a fini par aboutir à une sectorisation de la pensée (i.e. confiance aveugle dans le libéralisme et dénigrement des Sciences du Climat) et au modèle de développement non-soutenable que nous connaissons aujourd'hui.

### Quels sont les enjeux de cette recherche pour notre monde et notre société d'aujourd'hui ?

L'enjeu aujourd'hui est de ne pas reproduire les erreurs du passé. La jeune génération est dans son ensemble convaincue de l'influence de l'homme sur le climat même si des poches de résistance continuent encore d'exister. Le crédo, néanmoins, dans les grandes écoles, reste encore que les solutions au réchauffement climatique doivent nécessairement passer par la technologie : véhicules électriques, smart cities, objets connectés, etc. En l'absence d'une pensée globale, intégrant notamment les Sciences de la Terre, de l'Environnement et du Climat, ainsi qu'une réflexion sur la finitude des ressources, il est à peu près certain qu'on remplacera un mal par un autre mal, pire que le précédent.

## En quoi pensez-vous que votre recherche est originale et en quoi pensez vous qu'un récit en image et en son puisse servir votre propos ?

Le récit avec images d'archives permettra d'illustrer comment les deux pensées –sciences économiques et sciences du climat- ont évolué de façon totalement parallèle et sans aucun croisement pendant 40 ans ainsi que le processus par lequel la Science a été attaquée par des élites éduquées. Il montrera l'urgence à modifier en profondeur la formation des élites, afin qu'elles intègrent la nécessité de changer de paradigme.

## Dans le cadre de votre métier, fabriquez-vous de l'image ? Ces images pourraient-elles être utilisables dans un film ?

Les services de communication de l'Ifremer, du CNRS et des autres grands instituts internationaux de recherche disposent de nombreuses images d'archives illustrant certaines évolutions majeures dans le domaine des Sciences de la Terre, de l'environnement et du climat au cours des 40 dernières années. Publication en 1976 de la courbe d'émission de gaz à effet ; mesure par les équipes françaises des courbes de température et de concentration de CO2 dans les glaces ; programme ARGO de suivi de l'océan global, etc.

Il est aussi possible de faire appel à des images d'archives (INA) pour illustrer

- certaines dates clés dans l'évolution de la pensée économique : prix Nobel de Friedman ; arrivée de Thatcher, Reagan, Friedman, crise de 2008, etc.
- la pensée des « intellectuels » les plus en vue, qui ont occupé la scène médiatique au cours des 40 dernières années.
- des interviews de dirigeants s'en prenant publiquement aux scientifiques du climat, etc.

Enfin, il est possible de faire des interviews des camarades « lambda » de grandes écoles que l'on aura décidé de suivre au cours du film, mais également des interviews de personnalités (tels que Jean Tirole –Prix Nobel- ou Amin Malouf - académicien).

### Description du projet :

Le sujet de recherche concerne une rencontre originale : celle d'un chercheur du domaine de l'imagerie spatiale, et d'un autre du domaine de l'imagerie médicale.

Cette rencontre se fait sur l'étude du speckle dynamique, que l'on étudie sous forme de vidéos très peu conventionnelles.

En imagerie spatiale, des capteurs spatiaux radar actuels surveillent la terre tous les jours.

Les images produites sont des images pour lesquelles un chatoiement particulier existe : celui du speckle. Ce speckle donne aux images une apparence très peu conventionnelle. Mais les propriétés statistiques du speckle lui confèrent également la capacité d'être utilisé de manière très efficace pour le monitoring de la planète. Des traitements mathématiques particuliers appliqués à ces vidéos de speckle acquises sur un site donné permettent de suivre les dynamiques d'évolution planétaire de manière spectaculaire.

En imagerie médicale, un nouveau type de micro-caméra laser venant d'être mise au point, acquière une centaine d'images de manière quasi instantanée, pour n'importe quelle partie du corps humain. Là encore, les images obtenues sont des images de speckle, cette fois de quelque centimètre carrés.. Le même type de traitement de ces vidéos que dans le cas spatial ; permet de faire apparaître miraculeusement des réseaux de micro-vascularisation, dont les caractéristiques renseignent sur la malignité de la zone analysée.

Le sujet proposé représente donc deux objets physiques très différents ; deux chercheurs aux approches complémentaires qui se sont rencontrés pour faire progresser un même objet théorique aux potentiels multiples : le speckle dynamique.

### Quels sont les enjeux de cette recherche pour notre monde et notre société d'aujourd'hui ?

La recherche adresse deux enjeux sociétaux différents :

- L'enjeu médical promet des progrès considérables pour la lutte contre le cancer de la peau. Avec un diagnostic précoce et plus fiable permettant la prise en charge du patient, les chances de survie sont démultipliées. Par ailleurs, l'imagerie pourrait permettre d'aider la mise au point de nouvelles thérapies. D'autres applications médicales pourraient voir le jour : aide au suivi thérapeutique du diabète, applications dermatologiques, etc.

- En imagerie spatiale, la recherche fait progresser les capacités de suivi des dynamiques à l'échelle de la planète. Les applications sociétales sont nombreuses : suivi de l'impact de l'humain sur la planète, suivi du développement urbain, et surveillance d'activités.

## En quoi pensez-vous que votre recherche est originale et en quoi pensez vous qu'un récit en image et en son puisse servir votre propos ?

L'originalité de la recherche menée vient de ce croisement inédit entre deux domaines en apparence éloignés, tant du point de vue des applications, que des échelles envisagées.

L'imagerie spatiale diagnostique notre planète à partir d'acquisitions réalisées à des centaines de kilomètres. L'imagerie laser médicale diagnostique notre corps, centimètre par centimètre carré. Malgré ces différences, mathématique et physique se rejoignent.

Les thématiques adressées représentent des enjeux de taille pour le grand public : santé et environnement. Le sujet permet surtout de démontrer à quel point le croisement des connaissances de chercheurs de domaines et d'horizons différents peuvent permettre de très belles avancées en recherche.

Ensuite, les images traitées ne sont pas des images conventionnelles ; pour permettre au grand public de pouvoir les comprendre et en saisir toute la portée, il est nécessaire de les mettre dans un contexte qui permette d'en expliquer et valoriser le contenu.

Enfin, de nombreuses réactions face à ces images nous font penser qu'elles possèdent une dimension artistique.

## Dans le cadre de votre métier, fabriquez-vous de l'image ? Ces images pourraient-elles être utilisables dans un film ?

Le support même de ces recherches est l'acquisition d'une suite d'images. Ce sont donc des formes de vidéos, mais des vidéos « non conventionnelles. »

Un exemple de vidéo spatiale peut être trouvée ici :

<https://www.youtube.com/watch?v=DJJmQltFB8o&feature=youtu.be>

avec des images radar ; après transformation en un produit plus conventionnel :

<https://youtu.be/2FR3S1a8zh4>

un exemple de vidéo médicale peut être visualisée ici :

<https://youtu.be/K4GtRDqNSdE>

Les images produites dans cette recherche sont libres de droit et utilisables dans un film.

### Description du projet :

Notre objectif est de familiariser les non-spécialistes avec l'histoire de l'agriculture et, par ce biais, d'illustrer l'importance de la génétique végétale pour l'humanité, en lien avec les méthodes d'amélioration des plantes. Le documentaire, dont l'ambition est de s'adresser au public le plus large possible, peut être conçu selon trois volets représentant des étapes historiques majeures : (1) la domestication de plantes sauvages, initiée durant le néolithique, que l'homme sédentarisé a façonnées en choisissant de manière empirique des types favorables en phase avec l'évolution des techniques culturales ; (2) la sélection par croisement de parents choisis (depuis le 19e siècle) qui accompagne l'avènement de la génétique mendélienne ; (3) les biotechnologies végétales issues du séquençage des génomes de plantes, de la maîtrise du développement des tissus et de l'assemblage d'allèles choisis dans les variétés cultivées.

Le documentaire utilisera les compétences scientifiques et techniques de chercheurs travaillant dans des laboratoires publics au sein du réseau Sciences des Plantes de Saclay (<https://www6.inra.fr/saclay-plant-sciences>). Ceux-ci participeront à l'illustration de ces étapes historiques successives. Le documentaire sera vivant, ludique, et dépouillé de jargon. Il a vocation à exprimer le point de vue de la communauté scientifique, sans être nécessairement aligné sur des positions formulées par des entreprises, des organisations professionnelles ou non gouvernementales.

### Quels sont les enjeux de cette recherche pour notre monde et notre société d'aujourd'hui ?

L'agriculture et les pratiques agricoles sont fondamentales à l'humanité. Or elles suscitent des débats publics passionnés. Chaque semaine voit son lot de prises de positions politiques, d'annonces gouvernementales, d'enquêtes révélant tel cataclysme à venir ou tel scandale sanitaire, toutes abondamment relayées et commentées par la presse. Dans ce maelström, nous sommes chacun appelés à des choix pratiques quotidiens : quels aliments consommer, quels modes de production favoriser ? Mais nos positionnements sont de plus en plus motivés par la défiance. Dès lors, Il est crucial de présenter aux citoyens des faits établis, distincts des hypothèses ou des modèles qui ne sont pas démontrés. Seul ce travail de réflexion permet aux citoyens de faire l'adéquation entre risques perçus et risques réels.

La transition agro-écologique nécessaire est d'une ampleur considérable. Elle doit être comprise et endossée par le plus grand nombre et mobiliser l'ensemble des approches et des techniques à notre disposition. Quel que soit le type d'exploitation agricole considéré, la génétique offre de puissants leviers d'amélioration, illustrés par l'histoire de la domestication et de la sélection des plantes, et amplifiés grâce à notre connaissance accrue de la biologie végétale.

Nous souhaitons participer à la reconquête de la culture scientifique dans notre sphère de compétence en rappelant l'importance cruciale des plantes pour l'humanité et le rôle clé de la génétique dans cette histoire commune. Nous espérons ainsi contribuer à une meilleure distinction entre connaissances et opinions sans fondement scientifique.

## En quoi pensez-vous que votre recherche est originale et en quoi pensez vous qu'un récit en image et en son puisse servir votre propos ?

Sur bien des questions liées à l'agriculture, la plupart des chercheurs sont devenus inaudibles. Ils sont coincés entre, d'une part, les discours bien rodés émanant de quelques entreprises multinationales dont le but déclaré est de nourrir la planète et, d'autre part, les messages alarmistes d'acteurs socio-économiques mettant l'accent sur la dégradation catastrophique de l'environnement. Ces argumentaires antagonistes escamotent trop souvent la complexité des systèmes agricoles, les limites de notre connaissance, les écueils d'avis tranchés et simplistes, et préfèrent ignorer le travail de fond nécessaire à toute évolution. Ils sont construits en bonne part comme soutien à des stratégies industrielles sans être présentés sous ce jour.

Le projet que nous portons est original car il s'appuie sur une communauté de scientifiques dont le seul but est de mettre l'accent sur des leviers de recherche et de développement écartés sans tenir compte des faits scientifiques.

Un récit en images et en son touchera un large panel de citoyens qui, mieux informés, seront mieux à même de formuler leurs souhaits en terme de recherche et de priorités politiques.

## Dans le cadre de votre métier, fabriquez-vous de l'image ? Ces images pourraient-elles être utilisables dans un film ?

Tous les supports mentionnés sont produits dans nos laboratoires de recherche publique et utilisables dans un film.

## Description du projet :

Je travaille dans un domaine des mathématiques qui s'appelle les systèmes dynamiques. Ce domaine étudie le mouvement, j'essaie donc de modéliser et de comprendre le mouvement. Un système dynamique peut être le modèle d'un mouvement physique (le mouvement des planètes, des particules de gaz, du courant électrique, des voitures dans un embouteillage... pourvu qu'elles bougent !). Cependant dans mon travail, c'est un mouvement simplifié et épuré, parfois à tel point qu'il n'y a plus (ou pas encore ?) d'interprétation physique réelle qui concerne les systèmes que j'étudie.

En ce moment, je travaille avec un système dynamique qui s'appelle les billards dans les pavages. Ce système est un modèle du mouvement de lumière dans un milieu hétérogène. La lumière en traversant un tel milieu subit une réfraction, comme on peut voir quand on regarde une paille qui apparaît « cassée » dans un verre d'eau. Dans ma recherche, j'étudie le cas où la réfraction est si grande que la paille se casse selon un coefficient de réfraction égal à -1 (ce qui veut dire qu'en regardant la paille de l'extérieur dans un verre de cette « eau » spéciale, nous voyons la paille qui se casse très fort en deux, de telle sorte que sa partie dans l'eau est symétrique par rapport à sa partie à l'extérieur de l'eau).

Bien sûr, cette « eau » très excentrique n'est pas un matériau habituel. Nous rentrons ainsi dans le monde de ce qu'on appelle les méta-matériaux. Mais en plus, cette eau n'existe pas pour de vrai. Le coefficient de réfraction minimal que les physiciens savent aujourd'hui atteindre en fabriquant de vrais objets est de -0.6. Je travaille donc avec des objets qui n'existent pas, et je m'amuse beaucoup avec. C'est ce que sont pour moi les mathématiques : un voyage dans un monde parallèle. Ça fait penser au cinéma...

## Quels sont les enjeux de cette recherche pour notre monde et notre société d'aujourd'hui ?

Les billards que j'étudie s'inspirent du mouvement de lumière dans un milieu hétérogène. Mais pour être honnête, mes recherches sur ses billards n'ont pour le moment aucune application concrète. Tout d'abord, ce domaine est très nouveau: il existe depuis quelques années.

Et surtout, un pari de la recherche fondamentale en mathématiques est que nous élaborons des outils et des théories, en espérant qu'un jour, elles serviront. Et même si elles ne serviront jamais, nous essayons de faire de belles théories, et de se contenter de cela. C'est un pari proche de celui que l'on fait quand on essaie de faire un bon film documentaire. Même si nous avons un léger espoir de changer le monde, de façon un peu plus pragmatique, si on passe un bon moment à faire un film (et notre spectateur à le regarder), c'est déjà beaucoup et peut-être même suffisant.

## En quoi pensez-vous que votre recherche est originale et en quoi pensez vous qu'un récit en image et en son puisse servir votre propos ?

Je ne sais pas si ma recherche est originale et j'ai du mal à l'évaluer de cette façon. Les objets avec lesquels je travaille sont assez nouveaux, et je suis une des spécialistes dans mon domaine. Les trajectoires de billards dans des pavages sont des objets géométriques, et donc ils viennent naturellement avec les images qui les représentent.

Je trouve surtout que le monde des maths est un monde poétique, intéressant et riche. Et que les mathématicien.ne.s sont des personnes passionnant.e.s, moi comme plein d'autres. De mon point de vue, chaque théorème cache une histoire. Je serais heureuse de travailler avec des professionnel.le.s du cinéma pour raconter des histoires des théorèmes, de présenter une démarche de mathématicienne, et la façon de voir le monde à travers les mathématiques.

Ce que je sais avec certitude, c'est qu'on manque drastiquement de films documentaires qui présentent la démarche d'un mathématicien (et encore plus, d'une mathématicienne). J'ai même rencontré des personnes qui ne savent pas que notre métier existe. Comment on réfléchit quand on pense à un problème de recherche mathématique ? Quel genre de problèmes nous intéressent ? À quoi ça sert ? Qu'est-ce qu'on y trouve d'amusant ? ... Je pense qu'au travers de mon sujet, les billards dans les pavages, on pourrait répondre à ces questions. Les mathématiques ne sont pas un sujet simple à mettre sur l'écran. Mais je pense que le jeu en vaudra la chandelle. Elles cachent beaucoup de belles histoires. En mathématiques on se regarde réfléchir, le processus est interne mais aussi très meta... C'est un beau challenge de le rendre visible pour le mettre en jeu sur l'écran. Nous, les mathématicien.ne.s, ne voyons quand même pas le monde de la même manière que les autres. Mais pas parce que nous sommes \*insérez le mot que vous avez entendu sur les mathématiciens\*, mais parce que les mathématiques ont changé notre perception de ce monde. Je suis convaincue qu'en nous réunissant, une mathématicienne et un.e scénariste, nous pouvons écrire une histoire fondée sur les mathématiques. Pour que les mathématiques servent vraiment à l'écriture et y soient présentes, plutôt que juste servir de décor. C'est mon rêve depuis longtemps, de connecter des mathématiques avec le cinéma, pour qu'un seul objet - un film - naisse.

## Dans le cadre de votre métier, fabriquez-vous de l'image ? Ces images pourraient-elles être utilisables dans un film ?

J'ai beaucoup de dessins qui proviennent de l'étude des trajectoires de billards, j'en ai mis quelques-uns (sans expliquer leur sens). À part les dessins produits par l'ordinateur, il peut être intéressant de regarder les dessins qu'on dessine quand on fait de la recherche, beaucoup moins propres mais beaucoup plus vivants. Je peux en faire plein. En fait, j'en fais plein comme c'est mon métier.

### Description du projet :

Titre : Utiliser la génétique pour compter les poissons dans la mer

Pour garantir une conservation et une exploitation durable des poissons marins, nous avons besoin de connaître la taille des populations, c'est-à-dire le nombre de poissons adultes présents. C'est grâce à la connaissance du nombre de poissons dans les océans et l'étude de l'évolution de ce nombre (est-ce qu'il augmente ou diminue) que nous pouvons espérer gérer efficacement la pêche et discerner l'impact du changement climatique sur les poissons.

Mais compter les poissons dans la mer est difficile parce qu'il faut couvrir de grandes zones, sans oublier que le milieu est difficile d'accès.

Des recherches innovantes récentes permettent désormais d'estimer ce nombre : il s'agit de l'analyse par génétique de la parenté des poissons débarqués par la pêche ou échantillonnés en mer. Le principe de la méthode est sur la base d'un test de paternité ou de maternité d'identifier le nombre de couples parents-descendants. En faisant quelques hypothèses le nombre de ce couple renseigne sur le nombre de poissons adultes.

Dans ce film, nous voudrions aborder la question de comment compter les poissons dans la mer puis expliquer cette méthode génétique révolutionnaire, en comparaison avec d'autres méthodes classiques (vidéo, chalutage scientifique, acoustique).

### Quels sont les enjeux de cette recherche pour notre monde et notre société d'aujourd'hui ?

L'approche génétique a un potentiel d'application considérable pour la majorité des populations de poisson exploitées, que ce soit en tant que cible ou capture accessoire. Elle permet d'estimer le nombre d'individus pour des espèces où les méthodes classiques n'aboutissent pas à des résultats suffisants pour la gestion des pêches. Faute de résultats, la gestion ou la conservation ne peuvent donc pas être efficaces. Cette méthode est susceptible, à terme, de remplacer l'essentiel des moyens mis en œuvre actuellement par les chercheurs en France et ailleurs.

## En quoi pensez-vous que votre recherche est originale et en quoi pensez vous qu'un récit en image et en son puisse servir votre propos ?

La nécessité de compter les poissons dans la mer est à la base de la gestion durable des pêches. Depuis que nous avons réalisé que les ressources ne sont pas infinies, il y a plus d'un siècle, les chercheurs expérimentent différentes méthodes, plus au moins satisfaisantes.

La recherche sur l'approche génétique est originale et prometteuse. De nombreuses équipes à travers le monde commencent juste à l'utiliser ou projettent de le faire. Les concepts mis en œuvre pour l'approche génétique et les méthodes traditionnelles se prêtent à une visualisation.

De plus, ce sujet de recherche est un enjeu actuel pour notre société, à savoir, la gestion durable des ressources de notre planète. Il nous semble donc important et nécessaire de réaliser des éléments de communication et de médiation qui nous permettent de partager avec les citoyens les problématiques sur lesquelles nous travaillons.

## Dans le cadre de votre métier, fabriquez-vous de l'image ? Ces images pourraient-elles être utilisables dans un film ?

Nous avons un peu d'infographie (diaporamas, fiches) schémas conceptuels et de photos qui pourraient être utilisées. Il existe aussi des vidéos faites par le service de communication de l'Ifremer sur d'autres méthodes de « comptage » des poissons.

### Description du projet :

Chercheur en Intelligence Artificielle à l'université Paris-Saclay, et joueuse de bridge passionnée j'ai parcouru les laboratoires de recherche du monde entier pour convaincre mes collègues que le prochain défi de l'IA serait le jeu de bridge. En effet, les difficultés inhérentes à ce sport d'esprit sont beaucoup plus grandes que le jeu de Go qui a tant fait parler de lui lorsque l'équipe de Deep Mind a réussi à dépasser l'humain avec son système AlphaGo.

Mon but était alors de réunir une équipe de choc pour créer ensemble un joueur de bridge artificiel dépassant l'humain tout en lui expliquant ses stratégies ce que ne fait pas AlphaGo.

Ce système serait alors un grand pas vers ce que l'on appelle l'Intelligence Artificielle Générale plus proche de l'humain.

Pour concrétiser ce rêve, J'ai cofondé avec Jean-Baptiste Fantun NukkAI ([www.nukk.ai](http://www.nukk.ai)) un laboratoire privé d'Intelligence Artificielle en mai 2018. Nous étions 2, nous sommes maintenant 16 passionnés (chercheurs, ingénieurs de recherche, experts mondiaux de bridge) réunis dans des locaux situés sur la Butte-aux-Cailles. Cédric Villani a dit lors de notre inauguration qu'il « se sentait à la maison » tant ces locaux sont différents de ceux des start-up classiques.

### Quels sont les enjeux de cette recherche pour notre monde et notre société d'aujourd'hui ?

Au fur et à mesure que nous allons vivre avec l'Intelligence Artificielle, nous devons absolument la comprendre plus profondément et apprendre à lui faire confiance.

Comment construire cette confiance? Le seul moyen est de construire des systèmes d'IA qui fournissent des explications associées à leurs résultats.

Les méthodes très en vogue ces dernières années utilisent des approches de type «boîtes noires», c'est-à-dire que leur processus de prise de décision ne peut être compris par l'être humain.

Notre but est de construire une intelligence artificielle explicite utilisant des ontologies et des graphes de connaissances qui permettent à la machine d'interagir avec les humains.

Construire une IA explicable signifie apporter plus de transparence aux modèles, plus de conformité, de meilleures performances des modèles et moins de parti pris éthique: en bref, il s'agit de construire des relations de confiance.

Enfin, notre premier projet applicatif (signature en août à Bogota) consiste à mettre nos techniques d'Intelligence Artificielle au service de l'aide humanitaire.

## En quoi pensez-vous que votre recherche est originale et en quoi pensez vous qu'un récit en image et en son puisse servir votre propos ?

L'originalité de nos recherches provient de la diversité des paradigmes utilisés alors que la tendance actuelle est relative aux techniques très en vogue qui sont certes efficaces pour certaines applications mais pas pour toutes.

Nous voulons construire l'Intelligence Artificielle de demain qui devra être hybride et non mono-paradigme. Le challenge du bridge nous permet de réunir les meilleurs chercheurs de différents domaines ainsi que des étudiants, ingénieurs de recherche et champions de bridge très motivés. Nous travaillons ensemble en confrontant et combinant les résultats de nos recherches.

Cet enthousiasme est omni présent dans nos locaux où nous aurons plaisir à recevoir un ou plusieurs auteurs-réalisateurs s'intéressant à ce type de sujets.

Un récit en image sur notre équipe et cette aventure hors du commun nous semble très pertinent et prometteur. Ce pourrait être le préquel d'un documentaire similaire à celui réalisé sur AlphaGo qui retrace l'histoire du défi homme-machine préparé par l'équipe Deep Mind jusqu'à la victoire de la machine sur Lee Sedol joueur de Go mythique.

## Dans le cadre de votre métier, fabriquez-vous de l'image ? Ces images pourraient-elles être utilisables dans un film ?

De nombreuses photos et vidéos sont disponibles grâce au travail de communication exceptionnel de Jean-Baptiste Fantun qui gère l'image de NukkAI sur différents réseaux sociaux depuis le début (mai 2018).

Nous avons ainsi les premières images de notre installation, les premiers jours de chaque personnes de l'équipe, des photos réalisées lors de nos road trip de présentation du projet dans la silicon Valley, une vidéo de l'inauguration des locaux avec le discours de Cédric Villani etc ...

Les avancées sur le challenge du bridge sont également visibles sur écran.