



UNIVERSITÉ
CAEN
NORMANDIE

PRISME

- UNIR & INNOVER -

N°13

OCTOBRE 2021

À L'OCCASION DES 30 ANS DE LA **FÊTE DE LA SCIENCE**,
L'UNIVERSITÉ DE CAEN NORMANDIE A RÉALISÉ
L'EXPOSITION "**IMAGES DE SCIENCES**" : UNE SÉLECTION
DE CLICHÉS ISSUS DE SES LABORATOIRES ET COMMENTÉS
PAR LES CHERCHEURS. POUR ALLER PLUS LOIN,
RETROUVEZ DANS CE **NUMÉRO SPÉCIAL**, UN ARTICLE
POUR CHACUNE DE SES "IMAGES DE SCIENCES".

COMPORTEMENT DE LA SEICHE : RECHERCHE EN EAU TROUBLE

La seiche est le plus étudié des céphalopodes. Et pour cause, ses capacités cognitives sont à la fois étonnantes et complexes. Avec sa thèse¹, Alice Goerger, doctorante de l'équipe Neuro-éthologie cognitive des céphalopodes · NECC de l'unité Ethos, cherche à comprendre les effets de la turbidité de l'eau sur le comportement de cet animal plein de ressources.

La seiche doit, selon les recommandations pour le bien-être animal, être élevée dans des eaux propres et claires. Est-ce que l'élevage dans des eaux troubles, plus proche du milieu naturel, améliorerait les conditions de vie des seiches en laboratoire ? Quel serait l'impact sur ses comportements (camouflage, ensablement, prédation, capacités visuelles) ? Ces questions font l'objet de la thèse de doctorat d'Alice Goerger.

DANS QUEL CONTEXTE RÉALISEZ-VOUS VOTRE THÈSE ?

La seiche commune constitue l'une des espèces les plus pêchées, notamment en Normandie. Depuis des années, le long de nos côtes, la population globale de seiches connaît de fortes fluctuations. La seiche ne vit qu'un ou deux ans et elle se développe et se reproduit près des côtes où la turbidité de l'eau varie pendant la journée. Elle s'est donc adaptée à vivre sans visibilité ou presque. Néanmoins, l'urbanisation récente du littoral peut conduire à des apports terrigènes supplémentaires augmentant la turbidité de l'eau de façon incontrôlée.

Est-ce que la turbidité de l'eau modifie les comportements dépendant de la vision des seiches juvéniles ? Est-ce que l'élevage dans une eau proche du milieu naturel ne permet pas d'optimiser leur bien-être et leur développement ? Autant de questions auxquelles je tente de répondre avec ma thèse.

QUE CHERCHEZ-VOUS À DÉMONTRER ?

Mon projet doit évaluer l'impact potentiel de l'augmentation de la turbidité de l'eau en milieu naturel sur les comportements de la seiche (camouflage, ensablement et prédation) afin de voir si son augmentation peut expliquer la chute de la population de seiches sur nos côtes.

Ensuite, il s'agira de déterminer si les juvéniles élevés en milieu turbide vont développer des compétences visuelles pour compenser la faible visibilité dans ce milieu. L'idée est de voir si la seiche est réellement adaptée à une vie en eau turbide. En d'autres termes, est-ce qu'un élevage en eau claire est adapté pour le bien-être et le développement de la seiche commune ?

QUELS SONT LES ENJEUX & LES RETOMBÉES POSSIBLES DE VOS TRAVAUX ?

L'enjeu majeur est d'étudier si la seiche a un développement optimisé en eau turbide et si elle peut s'adapter à ce paramètre présent dans son environnement naturel. Mes conclusions pourraient avoir un intérêt sur la pertinence ou non de la mise en conformité réglementaire des conditions d'élevage des seiches dans le respect de la directive 2010/63/UE relative à la protection des animaux utilisés à des fins scientifiques.

Selon mes conclusions, la turbidité de l'eau pourrait être prise en compte dans les politiques de conservation de l'espèce. À plus long terme, des applications pourraient être envisagées pour le développement de matériaux permettant la vision en eau turbide.

¹ *Écologie visuelle de la seiche : effets de la turbidité sur la survie, le développement et la reproduction. Équipe NECC - Neuro-éthologie cognitive des céphalopodes · ETHOS UMR 6552.*



INSTAGRAM | @ UNICAEN . RECHERCHE

ALICE GOERGER

ETHOS · UMR 6552 UNIVERSITÉ DE RENNES 1
UNIVERSITÉ DE CAEN NORMANDIE - CNRS

Éthologie animale & humaine

DIFFUSER LA CULTURE MATHÉMATIQUE AUPRÈS DU GRAND PUBLIC

L'équipe de diffusion de la culture mathématique du Laboratoire de mathématiques Nicolas Oresme · LMNO est mobilisée pour donner un nouveau souffle aux mathématiques, non seulement auprès des scolaires, mais aussi de leurs parents et du grand public au travers d'ateliers, d'expositions et de conférences. Son arme secrète : le Labosaïque.

Afin de redorer l'image des mathématiques et de sa culture pour favoriser l'émergence d'une « relève », l'équipe de diffusion de la culture mathématique du Laboratoire de mathématiques Nicolas Oresme, coordonné par Emmanuelle Féaux de Lacroix, maître de conférences, conçoit des activités concrètes de découverte des mathématiques. « Notre Labosaïque est un projet pédagogique autour des pavages et des transformations du plan et de l'espace, développé initialement à l'occasion de la Fête de la science, présente Emmanuelle Féaux de Lacroix. Déjà omniprésents dans l'art islamique du Moyen-Âge, les pavages ont donné, dès le début du 20^e siècle, des applications en chimie et en physique des matériaux, notamment les quasi-cristaux. »

Le matériel du Labosaïque, réalisé sur mesure grâce au prix « Têtes chercheuses - Musée Schlumberger »¹, se compose de plusieurs objets originaux : couronne rotative, jeux de pièces permettant de réaliser les 17 types de pavages périodiques, équerres exotiques, chambres de miroirs, miroir articulé, jeux de pièces pour réaliser des pavages de Penrose.

UNE VERSION PORTATIVE POUR ALLER AU-DEVANT DES SCOLAIRES

L'équipe du LMNO a conçu une version portative de son dispositif de vulgarisation afin d'aller diffuser la culture mathématique au sein même des établissements scolaires. Les mallettes pédagogiques « Labosaïque en classe » ont été développées en partenariat avec l'association Animath et l'Institut de recherche sur l'enseignement des mathématiques · IREM de Caen. « Ces dernières aident les enseignants à aborder, sous forme de jeux, des notions mathématiques reliées aux pavages du plan, thème mis en valeur dans les programmes scolaires récents, poursuit Emmanuelle Féaux de Lacroix. Les pavages et rosaces sont des notions privilégiées pour l'étude des transformations géométriques » Une quarantaine de mallettes circulent déjà partout en France.

EMMANUELLE
FÉAUX DE LACROIX

LMNO · UMR 6139 UNIVERSITÉ DE CAEN

NORMANDIE - CNRS

Laboratoire de mathématiques

Nicolas Oresme

Au-delà de la sensibilisation et de la médiation scientifique nécessaire, la chercheuse lance une piste de réflexion plus globale sur la manière d'enseigner sa discipline : « En mathématiques, le chercheur émet des hypothèses à partir des preuves en sa possession. Il se trompe, reprend ses recherches et fini par résoudre son énigme. Le droit à l'erreur... c'est peut-être un axe de réflexion pour qu'enfin, les mathématiques séduisent les jeunes. »

¹ En 2011, le Labosaïque a remporté le concours « Têtes chercheuses - Prix Musée Schlumberger », ayant pour objectif d'encourager les initiatives originales en matière de médiation scientifique.



Constitué d'objets ludiques et esthétiques, le Labosaïque créé par l'équipe de diffusion de la culture mathématique du LMNO, permet d'aborder sous forme de jeux des notions mathématiques majeures : la symétrie axiale, les transformations du plan, les polyèdres et symétries de l'espace ainsi que la notion d'infini. Ce dispositif se base principalement sur l'étude des pavages (photo : pavage de Penrose).

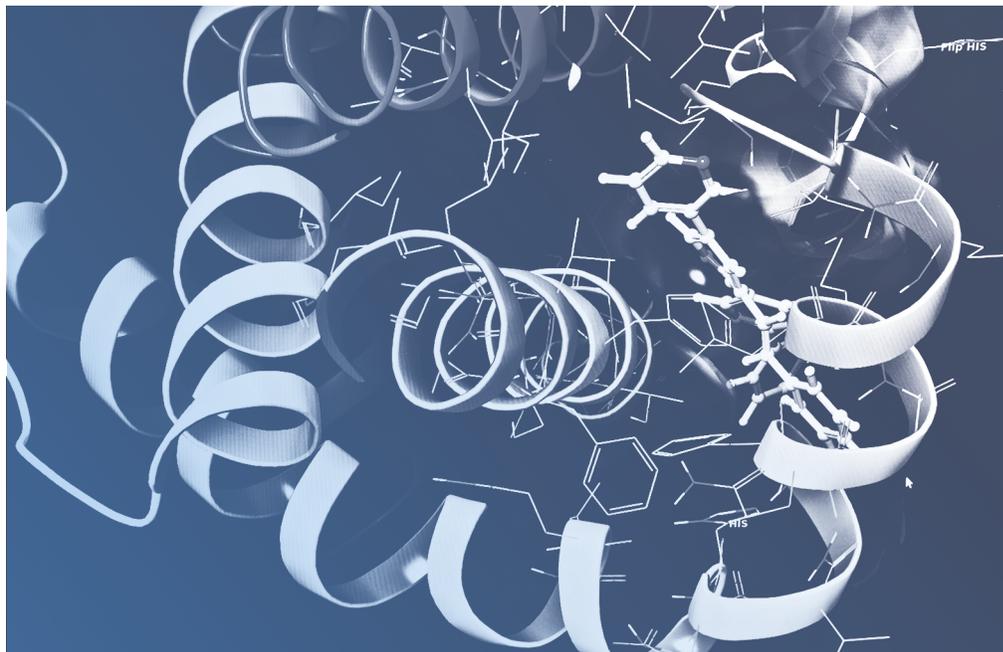
TRANSFORMER LES CANDIDATS MÉDICAMENTS EN MÉDICAMENTS

La mise sur le marché d'un nouveau médicament est le fruit d'un processus de recherche long et complexe. Pour toucher la cible ou « serrure » que l'on souhaite atteindre chez les patients, il est en effet nécessaire de trouver la « clé » qui lui correspond. C'est tout l'objet des travaux portant sur les interactions ligands-récepteurs que l'équipe d'accueil du CERMN conduit depuis 30 ans.

Le CERMN développe des tests *in silico* (ici des protéines en 3D) afin de prédire précocement l'activité de nouveaux composés chimiques par rapport à des cibles biologiques sur lesquelles l'unité travaille. Une stratégie qui se fait en amont de la synthèse de nouveaux médicaments et permet la sélection de molécules de synthèse d'intérêt.

Les soins médicaux sont en évolution constante. Pour améliorer encore plus la détection clinique des pathologies, suivre leur évolution et adapter les traitements, le CERMN utilise les outils de ses différentes plateformes. Les travaux des plateformes participent à la conception, synthèse et à l'optimisation de molécules d'intérêts biologiques principalement dans le domaine des neurosciences et de la cancérologie. L'expertise du laboratoire est particulièrement adaptée aux démarches de drug design.

Ainsi, la plateforme de chémoinformatique du CERMN se concentre sur la prédiction des interactions ligands - récepteurs biologiques par des outils informatiques en s'appuyant sur des données 3D obtenues par l'analyse de diffraction aux rayons X. La partie de simulation se fait grâce aux ressources informatiques du CRIANN à Rouen. « Le travail des modélisateurs s'arrête là, lancent Ronan Bureau et Jana Sopkova-de Oliveira Santos qui travaillent tous les deux dans le domaine de la modélisation moléculaire. « Nous passons ensuite la main à nos partenaires chimistes et pharmacologues qui vont synthétiser les composés validés par nos calculs et développer des tests soit chez l'animal, soit des tests cellulaires nécessaires pour évaluer l'intérêt de la molécule candidate prédite grâce à la chémoinformatique vis-à-vis du récepteur biologique ciblé. »



UNE EXPERTISE CHIMIQUE ADAPTÉE AUX DÉMARCHES DE DRUG DESIGN

Grâce à sa plateforme de chémoinformatique, le CERMN rationalise ses activités de conception de molécules d'intérêt thérapeutique. « La sélection de molécules d'intérêt thérapeutique ou ligands, les fameuses « clés » qui ouvrent les « serrures » en perturbant ou cassant les interactions protéine-protéine défaillantes, est une manière de rétablir les fonctions habituelles, physiologiques, dans certaines pathologies, dont le cancer de l'ovaire et le traitement de la maladie d'Alzheimer », souligne Jana Sopkova-de Oliveira Santos. Cette expertise de chémoinformatique est particulièrement employée dans les démarches de drug design.

Dans le cadre du dispositif AMI RIN Plateforme de la Région Normandie, le CERMN a acquis un robot de cristallisation qui va permettre aux chercheurs d'obtenir des informations encore plus précises sur le mode d'interaction des ligands avec le récepteur-cible, ce qui rendra l'étape de conception de médicament par ordinateur encore plus efficace. « Le but final est bien de trouver des médicaments pour lutter contre le cancer et les maladies neuro-dégénératives », conclut Ronan Bureau.

**RONAN BUREAU
& JANA SOPKOVA-DE OLIVEIRA SANTOS**

CERMN · EA 4258 UNIVERSITÉ DE CAEN NORMANDIE

Centre d'études & de recherche
sur le médicament de Normandie



LES RÉACTIONS DU GAN IRRADIÉ SUIVIES À LA TRACE

La demande d'électronique robuste résistant à des contraintes très sévères stimule la recherche d'alternatives aux dispositifs actuels à base de silicium. Isabelle Monnet et ses collègues de l'équipe Matériaux, défauts & irradiation · MADIR du laboratoire CIMAP, étudient le comportement du nitrure de gallium (GaN) en raison, notamment, de sa résistance aux rayonnements.

Le nitrure de gallium, très résistant aux rayonnements, laisse entrevoir une utilisation pour la prochaine génération d'électronique spatiale, par exemple. Toutefois, sa réponse aux ions lourds très énergétique est encore mal comprise. « Les faisceaux d'ions lourds rapides (SHI) du GANIL permettent de simuler en laboratoire les effets d'un environnement spatial (irradiation par les rayons cosmiques, vents solaires...) sur ce matériau semi-conducteur de troisième génération de la famille des nitrures III-V, présente Isabelle Monnet, membre de l'équipe MADIR du laboratoire CIMAP. Nous cherchons à comprendre et à maîtriser les modifications au cœur du GaN induites lors d'irradiations en collaboration avec l'IFPN de Lisbonne et l'université d'Helsinki. »

CAPACITÉ D'AUTO-GUÉRISON DE SES DÉFAUTS À HAUTE FLUENCE

Les chercheurs du MADIR étudient cette sensibilité du GaN aux excitations électroniques et à la formation de défauts ainsi qu'aux évolutions de leurs propriétés optiques sous irradiation. « Nous avons observé en laboratoire que des traces latentes se formaient sur le nitrure de gallium lorsqu'il était bombardé avec les faisceaux du GANIL, poursuit Isabelle Monnet. Mais à notre surprise, nous avons observé qu'à haute fluence (nombre de particules incidentes par unité de surface) le niveau de dommage attendu était pourtant réduit. Nous avons même observé une recristallisation lors du chevauchement des traces latentes. » Ce phénomène induit une « guérison » de la plupart des régions initialement modifiées suite au passage d'un ion, qu'elles soient partiellement désordonnées ou amorphes.

Cette image de microscopie électronique en transmission présente du nitrure de gallium (GaN), un matériau semi-conducteur utilisé pour l'électronique et l'optoélectronique, irradié avec les ions du GANIL et testé mécaniquement par la technique dite de nanoindentation. Les contraintes créées dans le matériau par l'irradiation et la déformation, et leur relaxation sont visualisées par les contrastes sur l'image pour nous offrir ce « cœur ».

Cette extraordinaire observation laisse supposer que les composants fabriqués en nitrure de gallium pourraient fonctionner dans des milieux hostiles et à des tensions, des fréquences et des températures bien supérieures aux composants en silicium. Les applications sont d'ores et déjà nombreuses : écrans à LED, diodes blanches, lasers bleus, etc. Voilà pour les applications possibles. « D'un point de vue fondamental, l'irradiation des matériaux trouve aussi un intérêt dans l'étude des mécanismes et des cinétiques de formation de défauts, ainsi que leur rôle sur l'évolution de certaines propriétés électriques, optiques, mécaniques, etc. », conclut la chercheuse.

ISABELLE MONNET

Équipe MADIR

Matériaux, défauts & irradiation

CIMAP · UMR 6252 ENSICAEN · UNIVERSITÉ DE CAEN NORMANDIE · CNRS · CEA

Centre de recherche sur les ions, les matériaux & la photonique

LA CHIMIE VERTE, UNE ALTERNATIVE DURABLE S'INSPIRANT DE LA NATURE

Le concept de chimie verte est apparu après la mise en place de mesures contraignantes en matière de sécurité des procédés et de toxicité des produits. Jacques Rouden, coordinateur de l'équipe Catalyse & applications du Laboratoire de chimie moléculaire & thio-organique · LCMT est très impliqué dans la chimie pour le développement durable.

JACQUES ROUDEN

LCMT · UMR 6507 ENSICAEN - UNIVERSITÉ
DE CAEN NORMANDIE - CNRS

*Laboratoire de chimie moléculaire
& thio-organique*

QU'EST-CE QUE LE CONCEPT DE CHIMIE VERTE ?

À la fin des années 1990, Paul Anastas et John Warner, de l'Agence américaine pour l'environnement, ont défini les 12 principes de la chimie verte. L'objectif est de limiter l'impact écologique des procédés chimiques, en réduisant les déchets et en ayant recours à des méthodes plus sûres et plus efficaces et en exploitant des produits biosourcés. L'idée est de produire mieux, en consommant et en rejetant moins.

L'un des axes de recherches du LCMT concerne l'activation des réactions chimiques en mettant au point des procédés plus respectueux de l'environnement. Dans ce domaine, nous nous intéressons à la catalyse (un procédé au cœur de la chimie verte) qui permet d'accélérer une réaction chimique, donc d'en diminuer la température pour limiter les réactions indésirables et la consommation d'énergie. Nos efforts portent sur des composés moins toxiques — des catalyseurs dits organiques ou organocatalyseurs, ne contenant que du carbone, et des composés organométalliques renfermant au moins un atome de métal. Nous reproduisons en laboratoire ce que font les enzymes, les catalyseurs des réactions biologiques. Nous nous inspirons de la nature !

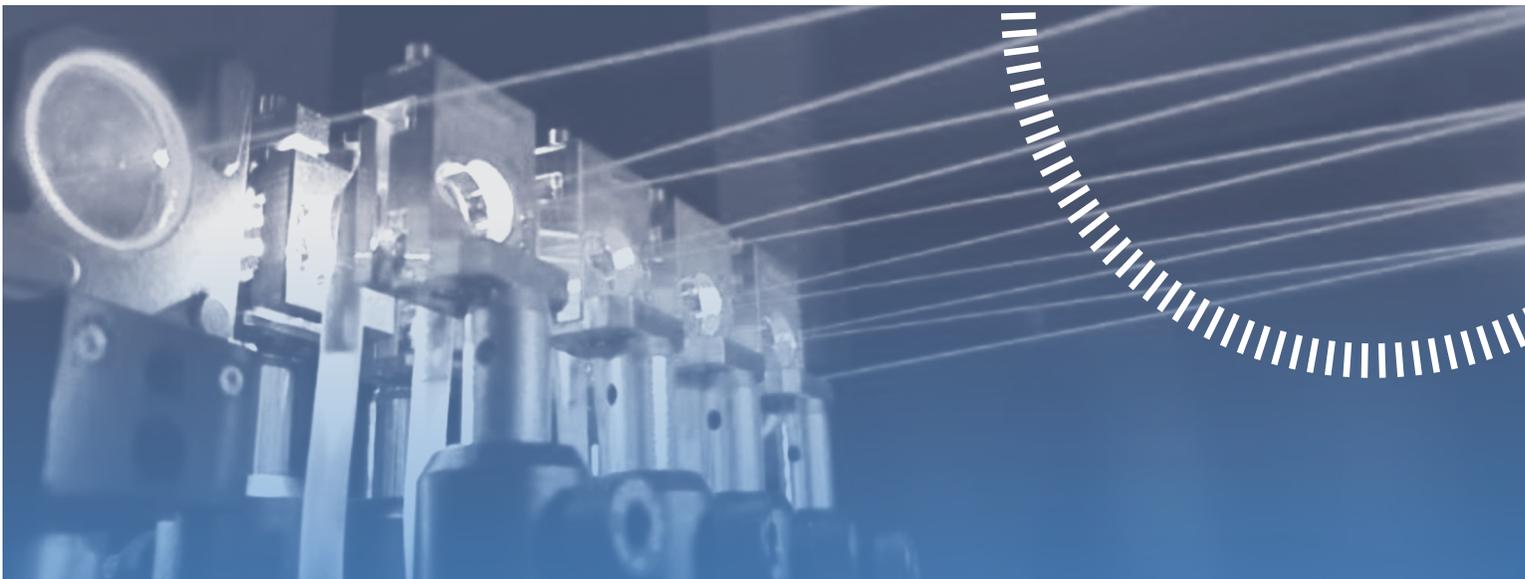
QUELS PRODUITS BIOSOURCÉS FONT L'OBJET DE VOS TRAVAUX ?

Nous étudions un autre principe de la chimie verte, le recours aux matières premières renouvelables. Depuis une vingtaine d'années nos travaux sur la cytosine répondent au principe de valorisation des produits biosourcés mis en avant par la chimie verte. La cytosine est une molécule extraite des graines du cytise (*Cytisus laburnum*), un arbuste à fleurs jaunes. Cette molécule, qui possède une action sur le système nerveux central similaire à celle de la nicotine, a ainsi été utilisée pour le sevrage tabagique.

Molécule bioactive facile à extraire à faible coût, nous avons initialement modifié la cytosine pour l'utiliser en imagerie médicale. Nous travaillons aujourd'hui dans le cadre du programme Européen INTERREG VA « Labfact » sur la création de molécules originales via des technologies innovantes respectueuses de l'environnement. Dans ce cadre, nous avons initié la synthèse d'analogues de la cytosine dans le but de développer de nouvelles molécules actives contre certains cancers. En effet, la cytosine possède une structure similaire à celle d'un anticancéreux bien connu, la camptothécine.



La cytosine est une molécule extraite des graines du cytise commun, un arbuste ornemental à fleurs jaunes. Cette molécule, qui possède une activité biologique similaire à celle de la nicotine, est utilisée dans certains pays pour le sevrage tabagique. Actuellement étudiée au LCMT, elle pourrait servir de base moléculaire pour le développement de futurs médicaments.



LES LASERS ONT INVESTI NOTRE QUOTIDIEN

L'équipe Optique, matériaux, lasers · OML
du Centre de recherche sur les ions, les matériaux
& la photonique · CIMAP, fabrique des cristaux dopés
avec des ions de terres rares comme le praséodyme.
Patrice Camy, avec son équipe, y réalise des lasers
dans des couleurs (des longueurs d'ondes) très variées
pour de multiples applications.

Une idée lumineuse... Le laser, par ses propriétés
uniques et ses nombreuses applications dans notre
quotidien, dans l'industrie, en médecine, l'environne-
ment ou la défense..., est partout autour de nous.
À Caen, l'équipe OML du CIMAP est l'un des leaders
mondiaux reconnus dans le domaine de la fabrica-
tion et de la caractérisation de matériaux dopés
aux terres rares (telles que le néodyme, l'ytterbium
ou le praséodyme) pour les applications dans des
systèmes laser ou des capteurs. « Nos recherches
portent, d'une part, sur le développement et la carac-
térisation de nouveaux matériaux pour l'optique et
la photonique et, d'autre part, sur l'émergence de
nouveaux dispositifs (capteurs optiques, lasers...),
présente Patrice Camy.

Avec des études théoriques et expérimentales,
l'équipe souhaite caractériser les propriétés spec-
troscopiques des ions actifs dans les solides ». Plus
spécifiquement, il s'agit d'étudier les dynamiques
d'excitation, la largeur et l'intensité des transitions
optiques, ou les processus d'absorption dans les
états excité et fondamental, selon les applications.
Tous ces paramètres sont importants, en particulier
lorsque les matériaux doivent être utilisés comme
milieux à gain dans des systèmes laser de forte
puissance ou bien dans des capteurs.

À partir de cristaux dopés avec des ions de terres
rares telles que le Praséodyme, on peut réaliser des
lasers dans des couleurs (des longueurs d'ondes)
très variées. Dans l'équipe Optique, matériaux,
lasers du CIMAP, on fabrique de tels cristaux, et plus
particulièrement des fluorures. Ce cliché montre la
réalisation d'un laser original à partir de cristaux
dopés par l'ion Praséodyme.

DE NOMBREUX SUCCÈS EN 5 ANS

L'équipe OML apporte des approches originales et de
nouvelles idées pour développer des systèmes laser
ou des dispositifs photoniques efficaces. « Les cinq
dernières années ont été très fructueuses sur plu-
sieurs sujets. Le développement de nouvelles sources
laser à solide dans le moyen Infrarouge (notamment
dans le domaine spectral 2-3 μm), le renforcement de
la collaboration avec le CEA (CESTA, Bordeaux) pour
l'étude des cristaux de fluorure dopés au Néodyme
(Nd) pour le Laser MegaJoule et la démonstration
de nouveaux procédés de conversion d'énergie effi-
caces avec des capteurs InfraRouge tout optiques »,
détaille Patrice Camy. Tous ces succès n'ont été
possibles que grâce à la capacité unique en Europe
de l'équipe OML à produire des cristaux de fluorure
de haute qualité. La nouvelle plateforme maté-
riaux financée par le contrat de plan État-Région
(CPER CRISTO) est aujourd'hui un outil précieux pour
mener à bien de futurs projets de recherche.

PATRICE CAMY

Équipe OML

Optique, matériaux, lasers

CIMAP · UMR 6252 ENSICAEN - UNIVERSITÉ

DE CAEN NORMANDIE - CNRS - CEA

Centre de recherche sur les ions,
les matériaux & la photonique



LA HAIE NOUS PROTÈGE, PROTÉGEONS-LA !

Daniel Delahaye, du laboratoire LETG-GEOPHEN, est l'un des acteurs du projet Resp'Haies.

Il s'agit de renforcer les connaissances sur les haies champêtres de nos paysages afin de produire de nouveaux outils et référentiels destinés aux gestionnaires du bocage, qui souhaitent planter à nouveau des haies, et en particulier les agriculteurs.

Longtemps symbole d'une agriculture du passé, on redécouvre aujourd'hui dans le contexte du changement climatique tous les services écosystémiques rendus par les haies (biodiversité, régulations hydrauliques et climatiques, production de bois, séquestration du carbone...). Étudier la restauration du bocage, c'est promouvoir une agriculture plus durable.

La haie bocagère est un élément remarquable du paysage rural du Grand Ouest de la France. La mécanisation des pratiques agricoles d'après-guerre puis les remembrements ont agrandi et recomposé les parcelles au détriment de la haie, en particulier en Normandie.

Avec la multiplication des phénomènes climatiques extrêmes (tempêtes, orages violents, pluies torrentielles...) le sujet est d'actualité. C'est pourquoi, depuis quelques années, l'Association française arbres champêtres & agroforesteries (Afac-Agroforesteries) mène notamment des initiatives localement pour préserver le système bocager existant, le restaurer, l'entretenir voire le replanter.

Une aubaine, après avoir prêché dans le désert ? « Dans les faits, on ne sait pas grand-chose de l'impact des haies sur le micro climat, résume Daniel Delahaye, du laboratoire LETG-GEOPHEN, l'un des acteurs du projet Resp'Haies (Résilience & performances des exploitations agricoles liées aux haies). Les services écosystémiques liés aux haies (brise-vent, amélioration du rendement des cultures, protection des troupeaux et du bâti, limitation de l'érosion des sols, régulation des eaux, production de bois, habitats pour la biodiversité fonctionnelle...) sont souvent cités mais ont besoin d'être mieux étudiés. »

FAIRE DE LA HAIE UN ALLIÉ INDISPENSABLE

L'idée des chercheurs est qu'à terme les haies fassent l'objet d'une gestion adaptative par les agriculteurs pour optimiser ces services. Pour atteindre cet objectif, l'apport du GEOPHEN est important. L'équipe analyse, par exemple, l'évolution des linéaires de haies et de ses conséquences sur la dynamique hydrosédimentaire, élabore un protocole de suivi de l'effet microclimatique des haies, grâce à l'imagerie aérienne.

La diffusion des ressources produites permettra alors de faire monter en compétence le réseau des conseillers et des formateurs sur la haie et de faire émerger des dynamiques territoriales là où la haie est insuffisamment considérée.

Grâce à ces résultats, Resp'Haies ambitionne que les haies deviennent un atelier essentiel à prendre en compte pour la conception et la conduite de systèmes de production diversifiés, économiquement performants, basés sur les principes de l'agroécologie et faisant face aux changements climatiques (dans ses dimensions d'atténuation et d'adaptation). Faire qu'enfin, la haie devienne un allié indispensable.



DANIEL DELAHAYE

LETG-GEOPHEN · UMR 6554 UNIVERSITÉ DE NANTES-UNIVERSITÉ DE CAEN NORMANDIE UNIVERSITÉ RENNES 2-UNIVERSITÉ DE BREST UNIVERSITÉ D'ANGERS-EPHE DINARD-CNRS

Littoral, environnement, télédétection, géomatique

SCRUTER LE DÉVELOPPEMENT CÉRÉBRAL DES BÉBÉS PRÉMATURÉS

Le programme DECODE¹, porté par le laboratoire COMETE, coordonne des projets de recherche sur le développement des comportements et le dépistage des troubles du développement chez les bébés nés prématurés. L'équipe² tente de comprendre comment des expériences sensorielles précoces sont liées au développement de l'attention et des compétences cognitives.

Un enfant sur 10 naît prématurément (avant 37 semaines d'aménorrhée) et 25 % des handicaps d'origine périnatale sont liés à la prématurité. Des stimulations sensorielles prodiguées dès les premières heures de la vie de ces bébés pourraient atténuer les risques de présenter des troubles neuro-développementaux dans l'enfance. In utero, les sens se développent de manière successive : d'abord le toucher, puis l'olfaction, le goût, l'audition et enfin la vision.

« Le toucher est la fondation de la structuration cognitive des jeunes enfants, assure Victoria Dumont-Verfaillie, psychologue spécialisée dans le développement de l'enfant, de l'adolescent et de la famille. Des études sur la méthode kangourou (KMC), ou peau à peau, chez les nourrissons prématurés indiqueraient que ceux qui en bénéficient pendant leur hospitalisation voient leur état s'améliorer. »



UN PROGRAMME, TROIS PROJETS

Néanmoins, les possibles influences des expériences sensorielles précoces sur la perception tactile restent trop peu documentées. Les premiers travaux concrets n'ont commencé qu'en 2012. Depuis, l'équipe du programme DECODE scrute le devenir neurodéveloppemental des bébés à risque avec le concours actif des équipes du service de néonatalité du CHU de Caen.

Nadège Roche-Labarbe, biologiste du comportement et psychologue de l'enfant, docteure en Neurosciences précise : « Le programme DECODE articule trois projets : NEOPRENE, MEDIATE et PREMATEMP. Il doit déterminer si l'évaluation et la compréhension des interactions sensorielles précoces permettent d'envisager des stimulations sensorielles tactiles préventives et thérapeutiques pour les soins néonataux, qui respectent l'équilibre entre les avantages à court terme et les conséquences à long terme sur le développement moteur, émotionnel, cognitif et social. »

Ce bébé de 13 mois qui participe aux études DECODE se montre calme et concentré pendant l'ajustement du filet de 128 électrodes d'électroencéphalographie (EEG). Cet équipement permettra d'enregistrer finement l'activité de ses neurones au cours d'activités destinées à étudier le développement précoce de son attention et de sa perception sensorielle.

**NADÈGE ROCHE-LABARBE
& VICTORIA DUMONT-VERFAILLIE**

Programme DECODE

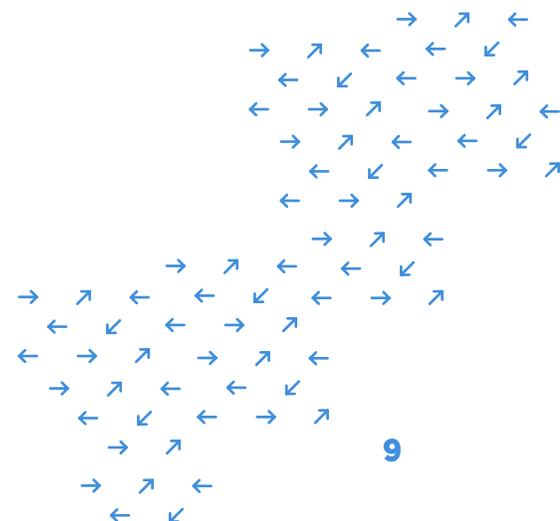
COMETE · UMR-S 1075 UNIVERSITÉ DE CAEN
NORMANDIE · INSERM

Mobilités : vieillissement, pathologie, santé

Ces études explorent de nouvelles pistes de détection, de prévention et de remédiation des troubles de l'attention, des apprentissages, du spectre de l'autisme... « De plus, elles apportent des arguments rationnels qui pourraient permettre de proposer des thérapies sensorielles à ces jeunes patients, basées sur leurs capacités de perception », concluent les scientifiques. Chaque semaine supplémentaire compte pour réduire les séquelles d'un début dans la vie difficile.

¹ DECODE repose sur la collaboration de plusieurs spécialités au sein de l'université de Caen Normandie : psychologie et sciences cognitives, néonatalogie et pédiatrie, imagerie cérébrale et ingénierie biomédicale.

² Équipe du programme DECODE :
Nadège Roche-Labarbe
Docteure en Neurosciences,
Maître de conférences-HDR en Psychologie
Sandrine Rossi
Docteure en Psychologie
Professeure des universités en Psychologie
Victoria Dumont-Verfaillie
Docteure en Psychologie
Marie Anquetil & Anne-Lise Marais
Doctorantes en Psychologie



LE MAMMOBILE SILLONNERA LA NORMANDIE POUR DÉPISTER LE CANCER DU SEIN

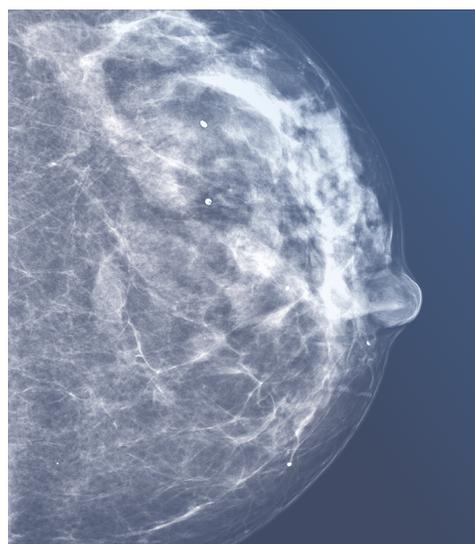
L'unité ANTICIPE cherche comment réduire les inégalités socio-territoriales de participation au dépistage organisé du cancer du sein. Pour rapprocher l'offre de dépistage des femmes les plus éloignées des cabinets de radiologie, un camion de radiologie mobile « Mammobile¹ » sillonnera la Normandie pendant deux ans. Les résultats de cet essai expérimental randomisé seront évalués pour définir la politique nationale de dépistage et de réduction des inégalités sociales de santé.

« Le cancer du sein est le plus fréquent chez la femme en France (65 000 environ chaque année) et représente la première cause de décès par cancer chez la femme, rappelle le professeur Guy Launoy, président du cancérpôle Nord-Ouest et directeur d'ANTICIPE, l'unité interdisciplinaire de recherche pour la prévention & le traitement des cancers. Comme le dépistage précoce a montré son efficacité, il est important d'élargir l'offre de soins en région et de faciliter l'accès au dépistage des Normandes, âgées entre 50 et 74 ans, qui en sont les plus éloignées. »



En embarquant une unité de radiologie mobile dans un camion « Mammobile » afin de réaliser une expérimentation dans toute la Normandie, l'unité ANTICIPE teste des organisations nouvelles du dépistage du cancer du sein qui réduiront les inégalités sociales de santé. Une mammographie régulière dès 50 ans permet de dépister et de mieux traiter le cancer du sein. Or, toutes les femmes n'y ont pas accès.

Grâce à l'implication de médecins généralistes et de radiologues, au soutien de l'ARS Normandie et à l'implication financière des départements à hauteur de 660 000 euros, un « Mammobile », camion équipé d'un mammographe et d'un échographe va parcourir, dès cet automne, la Normandie (sauf l'Orne) à la rencontre des femmes concernées. À bord, elles seront prises en charge par un médecin, un manipulateur radio et une secrétaire. « Nous avons voulu que la qualité du dépistage dans le Mammobile soit identique à celui réalisé dans un cabinet de radiologie, assure Guy Launoy. D'une durée de 15 minutes environ, l'examen sera gratuit et consistera en une radiographie des deux seins (examen à réaliser tous les deux ans). »



GUY LAUNOY

ANTICIPE · UMR-S 1086 UNIVERSITÉ DE CAEN
NORMANDIE · INSERM

Unité de recherche interdisciplinaire pour
la prévention & le traitement des cancers

RÉDUIRE LES INÉGALITÉS SOCIALES ET TERRITORIALES

Afin de lever les freins qui empêchent encore les Normandes de se faire dépister, ce véhicule s'installera plusieurs jours dans une commune après que toutes les femmes concernées aient reçu une invitation par courrier pour en bénéficier. Le consentement éclairé de toutes les participantes sera recueilli pour que toutes les données épidémiologiques, sociales et médicales de cette expérience soient analysées par les médecins et les épidémiologistes de l'unité ANTICIPE afin d'évaluer l'efficacité de cette nouvelle organisation du dépistage du cancer du sein et sa capacité à réduire les inégalités sociales et territoriales. « L'évaluation scientifique de cet essai prospectif proposera à terme des organisations innovantes de la prévention et des soins capables de réduire les inégalités sociales sur l'ensemble du territoire national », indique Guy Launoy. Ce projet s'inscrit dans la mise en œuvre du Ségur de la santé, et constitue un enjeu majeur de la stratégie décennale 2021-2030 de lutte contre les cancers.

¹ Ce programme de recherche est financé par l'INCA « Recherche interventionnelle en santé des populations : agir à tous les temps du cancer ».



Au sein de l'IUP Banque Finance Assurance · BFA, l'un des quatre pôles de l'IAE Caen¹, les étudiants bénéficient de terminaux Bloomberg, le premier agrégateur mondial de données économiques, financières et boursières. Avec cet équipement digne d'une salle de marchés, Slim Souissi, enseignant-chercheur rattaché au laboratoire NIMEC, forme des étudiants en finance qui seront opérationnels dès leur prise de fonctions.

Le terminal Bloomberg est le premier agrégateur mondial de données financières. Dans les salles de marchés, il permet aux professionnels d'éclairer leurs choix d'investissement. Des chercheurs du NIMEC et du Centre de recherche en économie & management · CREM (UMR 6211) traitent actuellement les données ESG issues du terminal afin d'apprécier la prise en compte des risques sanitaires dans la constitution des portefeuilles dits « responsables ».

POURQUOI LES ÉTUDIANTS DE L'IUP BFA ONT-ILS DES CONDITIONS DE FORMATION IDÉALES ?

L'IUP FBA de l'université de Caen Normandie est l'un des rares équipés d'une salle dotée d'une douzaine de terminaux informatiques Bloomberg. Présent dans toutes les salles de marchés, cet outil informatique permet aux professionnels de valoriser le prix des actifs, d'étayer leurs décisions d'investissement et de gérer leurs portefeuilles. À l'IUP, comme dans les salles de marchés, un terminal permet à nos étudiants d'éclairer leurs choix d'investissement mais de manière « virtuelle ». Comme à la bourse de Londres, New-York ou de Tokyo, ils disposent à travers ce terminal des données utiles au décodage des dynamiques de prix et à la compréhension de l'évolution des risques des instruments cotés.

QUEL EST L'ATOUT POUR VOS ÉTUDIANTS DE TRAVAILLER SUR DES TERMINAUX BLOOMBERG ?

Nos étudiants peuvent obtenir des certifications délivrées par Bloomberg : le Bloomberg Aptitude Test · BAT et le Bloomberg Market Concepts · BMC. Ce sont de véritables sésames professionnels. Peu d'écoles ont l'opportunité de permettre à leurs étudiants de passer ces certifications gratuitement. C'est donc un atout qui permet de faire la différence ; les employeurs y sont très sensibles. Ce n'est donc pas un hasard si l'IUP Banque Finance Assurance de l'université de Caen Normandie assure une insertion professionnelle rapide à ses étudiants en adéquation avec les compétences acquises.

LES DONNÉES ACCESSIBLES VIA UN TERMINAL PEUVENT-ELLES SERVIR À DES TRAVAUX DE RECHERCHE ?

Oui. Devant l'impact de la pandémie de Covid-19 sur la vie des entreprises fragilisées ou qui ont fait faillite, des chercheurs de Normandie innovation marché entreprise consommation · NIMEC, dont Slim Souissi, et du Centre de recherche en économie & management · CREM - UMR CNRS 6211 extraient les critères environnementaux, sociaux et de gouvernance (ESG) issus du terminal Bloomberg afin d'améliorer la résilience des entreprises face aux risques extrêmes comme, par exemple, une crise sanitaire mondiale. L'étude qui court sur trois ans a été financée grâce au Prix décerné par l'Institut europlace de finance · IEF, fondation qui promeut une recherche en finance centrée sur les besoins des entreprises.

¹ L'IAE est également composé des pôles Comptabilité contrôle, Management et Social santé solidarité.

SLIM SOUISSI

NIMEC · EA 969 UNIVERSITÉ DE ROUEN NORMANDIE
UNIVERSITÉ DE CAEN NORMANDIE - UNIVERSITÉ
DU HAVRE NORMANDIE

Normandie innovation marché
entreprise consommation

LES INFRASTRUCTURES MARINES AU CHEVET DES ÉCOSYSTÈMES CÔTIERS

Avec sa thèse (projet européen Interreg Va MARINEFF)¹, Baptiste Vivier s'intéresse au processus de colonisation de l'écosystème marin de la Manche par les communautés de producteurs primaires (notamment les microalgues). Son but est de caractériser leur développement sur les infrastructures marines artificielles afin de voir si elles sont utiles comme habitats pour préserver la diversité biologique de nos côtes.

COMMENT VA L'ÉCOSYSTÈME DU LITTORAL NORMAND ?

La Manche est soumise à des activités humaines croissantes (extraction des granulats, pêche, aquaculture, tourisme, transport maritime...) exerçant une pression importante sur les producteurs primaires de l'écosystème marin (macro et microalgues). Cette activité humaine engendre des modifications qui affectent la diversité biologique, la qualité écologique et sanitaire des habitats marins. En modifiant les services rendus à la société par les organismes marins, ce sont les ressources naturelles qui sont en péril.

QUELS SONT LES ENJEUX DE VOS RECHERCHES SUR LA VIE DES RÉCIFS ARTIFICIELS ?

La création de nouvelles infrastructures (champs d'éoliennes, par exemple) peut offrir de nouveaux habitats marins et modifier la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes côtiers. Mes travaux portent sur la colonisation des infrastructures marines immergées (effet récif) dans le but de caractériser la mise en place des communautés et des fonctions écologiques en particulier celle de production. À terme, ce type d'infrastructures pourrait permettre de protéger la vie marine. Les enjeux sont multiples, cela va de la préservation de la qualité écologique des écosystèmes marins normands à la valorisation de la ressource qui concerne la filière halieutique, un des fondements de l'identité régionale.

QUEL EST LE POINT CENTRAL DE VOS TRAVAUX ?

Les biofilms marins constituent un élément essentiel pour la mise en place d'une succession écologique. Ils sont les premiers organismes à coloniser une surface immergée. Une approche expérimentale sur des récifs miniatures a été mise en place afin d'étudier ces organismes. Grâce aux nouvelles connaissances soulevées sur le fonctionnement des habitats de substrat dur et notamment sur la relation « biodiversité / productivité » lors des processus de colonisation, des solutions seront apportées aux acteurs présents sur nos côtes.

¹ *Rôle de la colonisation d'infrastructures marines sur la production et la biodiversité des écosystèmes côtiers en Manche.*

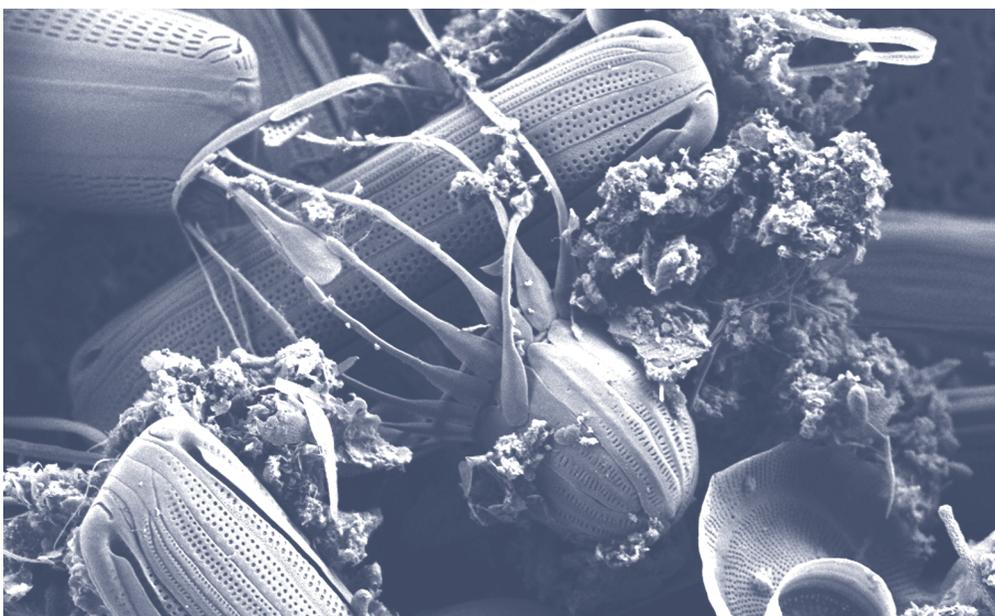
BAPTISTE VIVIER

Projet RECAP

Résilience des écosystème côtiers anthropisés

BOREA · UMR 8067 MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE - UNIVERSITÉ DE CAEN NORMANDIE - CNRS
SORBONNE UNIVERSITÉ - INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT - UNIVERSITÉ DES ANTILLES

Biologie des organismes & écosystèmes aquatiques



Cette photographie prise en laboratoire montre des diatomées (microalgues à paroi siliceuse) entourant un choanoflagellé (organisme unicellulaire hétérotrophe). Ces organismes étaient présents sur un petit récif artificiel constitué de béton rugueux. Les formes complexes et gracieuses de ces organismes unicellulaires ne sont visibles que sur des clichés pris avec un microscope électronique à balayage.

LE MONDE À TRAVERS LES FILTRES DU CADRICIEL G'MIC



Projet libre, G'MIC est développé depuis 2008 par David Tschumperlé & Sébastien Fourey de l'équipe IMAGE du laboratoire GREYC, spécialisé dans les domaines de l'algorithmique et des mathématiques du traitement d'images. Cette solution logicielle offre désormais 560 filtres de traitement aux scientifiques et aux photographes professionnels ou amateurs.

POUVEZ-VOUS NOUS PRÉSENTER VOTRE SOLUTION LOGICIELLE G'MIC ?

Notre cadriciel ou « framework » G'MIC (GREYC's Magic for Image Computing) est libre, générique et extensible sous licence CeCILL. Il propose un ensemble d'interfaces permettant de créer et de manipuler des filtres de transformation d'images. Il est destiné aux scientifiques du traitement d'images mais aussi, plus largement, au grand public. L'effet d'inpainting semi-automatique, qui a permis d'enlever le Phénix des photos de l'exposition, a été développé par l'équipe IMAGE du GREYC.

Notre projet fournit un greffon ou plugin facile d'utilisation, pour les logiciels de dessin et de retouches photos comme GIMP, Krita, Affinity Photo, Photoshop... Il contient aujourd'hui plus de 560 filtres de traitement applicables et classés en différentes catégories (artistique, restauration, déformation, rendu 3D...). G'MIC comporte un langage de script permettant des macros complexes pour aider les programmeurs dans leur travail, notamment pour faciliter l'exécution de tâches répétitives afin d'améliorer leur productivité.

POURQUOI AVEZ-VOUS FAIT LE CHOIX DE L'OPEN SOURCE ?

Pour le laboratoire GREYC, G'MIC est à la fois une plateforme de recherche pour accélérer le prototypage et le développement de nouveaux algorithmes, une plateforme de démonstration et une vitrine de son savoir-faire en traitement d'images. Étant libre, avec un code source étudiable, G'MIC participe également à une science plus ouverte et reproductible. Pour nous, chercheurs en informatique, réaliser et distribuer un logiciel open source est le moyen le plus efficace de diffuser notre apport scientifique à la communauté.

Le développement et la maintenance du projet G'MIC est notamment assuré par David Tschumperlé (chargé de recherches CNRS) et Sébastien Fourey (maître de conférences ENSICAEN), deux membres permanents de l'équipe IMAGE du GREYC, épaulés par plusieurs contributeurs bénévoles à travers le monde.

DAVID TSCHUMPERLÉ

GREYC · UMR 6072

UNIVERSITÉ DE CAEN NORMANDIE · CNRS · ENSICAEN

Groupe de recherche en informatique, image, automatique & instrumentation de Caen

BALADE VIRTUELLE AU CŒUR DE LA ROME ANTIQUE

Le Centre interdisciplinaire de réalité virtuelle · CIREVE, plateau technique de l'université de Caen Normandie, créé en mars 2006 et dirigé par Sophie Madeleine, développe des applications en réalité virtuelle et en réalité augmentée. Associé à l'unité de recherche ERLIS, il restitue notamment la ville de Rome en 320 ap. J-C comme personne ne l'a jamais vue.

SOPHIE MADELEINE

CIREVE UNIVERSITÉ DE CAEN NORMANDIE

Centre interdisciplinaire
de réalité virtuelle

QUELLES SONT LES DERNIÈRES POSSIBILITÉS OFFERTES PAR LA RÉALITÉ VIRTUELLE ?

Depuis 1994, le groupe *Plan de Rome* est connu et reconnu pour son travail de restitution de la Rome antique. Les progrès techniques récents nous permettent d'améliorer notre version 3D de la Rome antique, qui prend pour prétexte la présence à l'université de Caen Normandie du plan-relief de Paul Bigot. Nous avons restitué un grand nombre de monuments mais aussi ajouté des personnages, de la végétation et des statues (colosse de Néron), le tout réalisé sur la base des dernières hypothèses émises par les plus grands spécialistes de topographie romaine. La visite interactive et gratuite se fait via un téléphone portable ou un ordinateur. Baptisée « Roma in Tabula » l'application est accessible par tous et partout. Les visiteurs se promènent désormais à travers la cité de Rome, entre le Capitole, le Forum, la Basilique ou encore le Colisée comme s'ils étaient dans l'Antiquité.

DE NOUVEAUX HORIZONS PROMETTEURS S'OUVRENT À VOUS DÉSORMAIS ?

Nous proposons gratuitement au grand public, depuis quelques semaines, une installation interactive à base d'hologrammes. Un module de la maquette de Paul Bigot, 10 statues, 10 monuments de Rome et 10 machines antiques 3D sont sélectionnables depuis une tablette tactile. Par nature, le CIREVE mutualise ses équipements de réalité virtuelle pour les besoins de la communauté universitaire (300 chercheurs environ). Actuellement, nous participons donc à une série de travaux. Le CIREVE est intervenu dernièrement dans le projet REVE Cot (dir. du projet S. Costa, LETG Caen GEOPHEN) pour proposer aux décideurs des simulations d'inondation en réalité virtuelle sur différents sites normands.

Une partie de l'équipe travaille sur la modélisation 3D des fortifications du château de Guillaume le Conquérant de Caen pour les restituer au public dans le cadre d'une narration de l'histoire de la ville. Une autre encore intervient sur la partie réalité virtuelle du projet Présage (dir. du projet L. Decker, COMETE), qui étudie le syndrome prédéméntiel du risque cognitivo-moteur chez la personne âgée. Une partie des recherches développées au CIREVE est réalisée dans la salle de réalité virtuelle située sur le campus 1, qui offre une surface de projection sur 4 écrans de quasiment 50 m².



L'équipe ERLIS et le CIREVE s'associent pour restituer la ville de Rome en 320 ap. J.-C. Il s'agit de proposer un modèle virtuel interactif de la Rome antique qui prenne en compte les derniers résultats de la recherche historique dans une perspective scientifique et expérimentale. Sur cette image, le Forum romain apparaît avec le Capitole en arrière-plan. Cette vue 3D intègre les toutes dernières hypothèses émises par les plus grands spécialistes de topographie romaine.



LES OS PRENNENT LA PAROLE !

L'archéanthropologie funéraire est la spécialité du service d'archéanthropologie du Centre Michel de Boüard-Crahaam. Ce dernier a pour objectif la connaissance des populations anciennes à partir des données archéologiques et biologiques. Réalisée par des vivants, l'inhumation du défunt permet d'en savoir plus sur les morts et sur les vivants de la société à laquelle ils se rattachent.

Crâne mis au jour dans une sépulture de l'Aître Saint-Maclou, cimetière spécifiquement utilisé du XIV^e au XVIII^e siècle pour gérer les épidémies de peste à Rouen, lors d'un chantier-école et d'une fouille programmée menée en collaboration avec l'Inrap en 2018. Réalisée par les vivants, l'inhumation du mort apporte des informations sur les défunts et sur les vivants de la société à laquelle ils appartiennent.

L'étude des sépultures des périodes historiques raconte l'histoire des morts. C'est le travail du service d'archéanthropologie du Centre Michel de Boüard-Crahaam. « L'étude du défunt commence par l'analyse des os après nettoyage, afin d'estimer le sexe, l'âge au décès, la stature et les éventuelles pathologies, explique Cécile Chapelain de Seréville-Niel, archéanthropologue et responsable de ce service. Si l'étude de la tombe permet d'approcher la façon dont les vivants ont accompagné leurs morts, celle des squelettes tente de savoir qui étaient les défunts. Dans une certaine mesure, leurs restes osseux reflètent la vie qu'ils ont vécu ».

CÉCILE CHAPELAIN DE SERÉVILLE-NIEL

CENTRE MICHEL DE BOÛARD - CRAHAM
UMR 6273 UNIVERSITÉ DE CAEN NORMANDIE - CNRS
.....
Centre de recherches archéologiques
& historiques anciennes & médiévales

UNE OSTÉOTHÈQUE DE 11 500 SQUELETTES UTILISÉE PAR DES CHERCHEURS

Les recherches et les publications menées par ce service du CRAHAM concernent à la fois la fouille et l'étude des espaces sépulcraux de populations rurales ou urbaines des périodes antique, médiévale et moderne, de la région Normandie principalement. « En plus des fouilles programmées ou préventives, nous sommes parfois appelés par la police scientifique ou la DRAC lorsqu'un corps est retrouvé. Dernièrement, près de Caen, nous avons étudié deux soldats allemands tués en 1944 », indique l'archéanthropologue. Son service étudie plusieurs populations archéologiques, dont celles du site de Saint-Pierre de Thaon (Calvados) ou de Saint-Dizier « Les Crassées » (Haute-Marne). Il intervient aussi sur celles liées à des épidémies anciennes comme les lépreux de Saint-Thomas d'Aizier (Eure) ou les pestiférés de l'Aître Saint-Maclou à Rouen (Seine-Maritime) dans le cadre de chantiers-écoles.

Outre les activités de terrain et de post-fouille en laboratoire, le service dispose de plateformes techniques en cémentochronologie et en histologie, d'une bibliothèque spécialisée et d'une ostéothèque de 11 500 squelettes qui est régulièrement utilisée par des chercheurs. « Dernièrement, une collègue italienne a eu besoin de prélever des restes de tartre sur les dents afin de connaître le régime alimentaire de certains individus. » Vous l'aurez compris, l'art de faire parler les morts est dans l'ADN de Cécile Chapelain de Seréville-Niel.



INDRA-FAZIA : UN AUTRE REGARD SUR L'ÉTUDE DES COLLISIONS NUCLÉAIRES



Grâce à un travail collaboratif européen de longue haleine, le GANIL dispose d'un nouveau multidétecteur capable d'étudier les propriétés du « fluide » nucléaire, sa composition chimique, sa thermodynamique et la dynamique des noyaux en collisions. Baptisé FAZIA, il remplacera à terme une partie de l'ancien détecteur INDRA, pour les recherches plus pointues du laboratoire LPC.

Le détecteur INDRA (à gauche) associé au démonstrateur FAZIA (à droite) identifie tous les fragments produits après des collisions entre deux atomes. Ce multi-détecteur permet d'étudier comment se répartissent les deux composants des noyaux que sont les protons et les neutrons dans des conditions extrêmes de température et de densité et comment cela influe sur les propriétés de la matière nucléaire.

Au début des années 2000, les études sur les réactions, la dynamique et la thermodynamique nucléaire étaient limitées techniquement pour détecter des particules. Des équipes européennes se sont alors regroupées au sein du projet FAZIA¹. Elles voulaient améliorer les capacités d'identification et de résolution des détecteurs employés jusqu'alors en physique nucléaire grâce aux accélérateurs de particules, comme le Ganil, pouvant bombarder des noyaux d'atomes à des vitesses de 100 000 km par seconde (le tiers de la vitesse de la lumière). « Le multidétecteur FAZIA corrige la myopie d'INDRA, résume Nicolas Le Neindre du Laboratoire de physique corpusculaire · LPC qui co-dirige le groupe. Utilisé depuis 1993, INDRA était l'outil de référence au GANIL. Mais ce détecteur ne nous permettait pas d'identifier tous les isotopes formés lors d'un impact. » En couplant FAZIA à INDRA, dès 2019, les chercheurs ont chaussé de nouvelles lunettes. Désormais, ils caractérisent la composition complète des noyaux (protons + neutrons) allant de l'hydrogène jusqu'aux isotopes du calcium, voire du manganèse dans des conditions extrêmes.

CONNAÎTRE L'INFINIMENT PETIT POUR COMPRENDRE L'INFINIMENT GRAND

« Cette performance est unique en son genre, assure le chercheur. Elle ne peut être dépassée qu'en utilisant un spectromètre magnétique, au prix de réglages souvent complexes ». Associés, INDRA et FAZIA constituent l'appareillage de détection le plus performant au monde. Les chercheurs peuvent intercepter et identifier tous les fragments produits lors des collisions entre un faisceau et une cible en couvrant tout l'espace autour du point d'impact. « Nous étudions la répartition des protons et des neutrons (isospin) qui composent des noyaux, dans des conditions extrêmes de température et de densité, afin de voir comment cela influe sur les propriétés de la matière nucléaire dite chaude (son équation d'état et les transitions de phase qui en découlent). » L'expérience E818 (sur l'état de la matière fragmentée à basse densité) programmée début 2022 devrait accroître la connaissance sur l'équation d'état de la matière nucléaire. En savoir plus est crucial pour la description d'objets stellaires compacts comme les étoiles à neutrons. La mise en évidence récente des ondes gravitationnelles survenant après la collision de ces objets astrophysiques nous incite à mieux connaître l'infiniment petit pour comprendre l'infiniment grand.

¹ La collaboration FAZIA réunit des chercheurs de laboratoires français (Grand accélérateur national d'ions lourds, Laboratoire de physique corpusculaire de Caen, Institut de physique nucléaire d'Orsay, Subatech Nantes, L2IT de Toulouse), italiens (INFN Firenze, Catania, Napoli, Padova, Bologna), polonais (université Jagellonne de Cracovie, université de Varsovie), espagnol (université de Huelva) et sud-coréens (Département de physique de l'université de Corée, université de Inha, CeNum, EWha Women University).

NICOLAS LE NEINDRE

LPC · UMR 6534 ENSICAEN · UNIVERSITÉ DE CAEN NORMANDIE · CNRS (IN2P3)

Laboratoire de physique corpusculaire