



# PRISME

- UNIR & INNOVER -  
N°10  
DÉCEMBRE 2019

## GRAND ANGLE

### CES PROJETS SCIENTIFIQUES RÉUNIS AUTOUR DU CIREVE

- 3-5 | La réalité virtuelle :  
« une révolution méthodologique »
- 6-7 | La réalité virtuelle fait renaître  
les automates de l'Antiquité
- 8 | Développer une  
« culture du risque inondation »
- 9-10 | Réalité virtuelle & recherche médicale
- 11 | Cancer : quand la mémoire flanche

## ZOOM SUR

### FÊTE DE LA SCIENCE 2019

- 12 | Voyager au cœur de la matière
- 13 | Des synonymes par milliers
- 14-15 | Monnaies & Trésors :  
dans les coulisses du service de numismatique

## REGARD SUR L'ACTU

- 16 | Quand la psychologie sociale  
accompagne le tri des déchets



CIREVE

# CES PROJETS SCIENTIFIQUES RÉUNIS AUTOUR DU CIREVE

L'université de Caen Normandie a fait le pari de la réalité virtuelle dès 2006. C'est cette année-là qu'est né le CIREVE, avec une mission : faire de la réalité virtuelle un outil au service de la recherche scientifique. Parce qu'elle permet une plongée dans un monde artificiel reconstitué numériquement, la réalité virtuelle offre de nouvelles perspectives d'expérimentations.

Dirigé par Éric Leroy du Cardonnoy et rattaché historiquement à l'UFR Humanités & sciences sociales, ce plateau technique fédère aujourd'hui 10 unités de recherche de toutes disciplines. Ce dossier spécial présente quelques projets de recherche réunis actuellement autour du CIREVE — qui dispose de ressources et d'équipements sans équivalent en milieu universitaire.





## LA RÉALITÉ VIRTUELLE — UNE RÉVOLUTION MÉTHODOLOGIQUE

Le CIREVE dispose d'équipements de pointe dédiés à la recherche pour tester des hypothèses, mettre en valeur un patrimoine disparu, expérimenter des situations, simuler des processus... On comprend l'intérêt de la réalité virtuelle pour les chercheurs de toutes disciplines! Le Centre, dont l'origine est intimement liée à l'histoire de l'université, n'en finit pas d'innover.

### CIREVE

*Centre interdisciplinaire  
de réalité virtuelle*

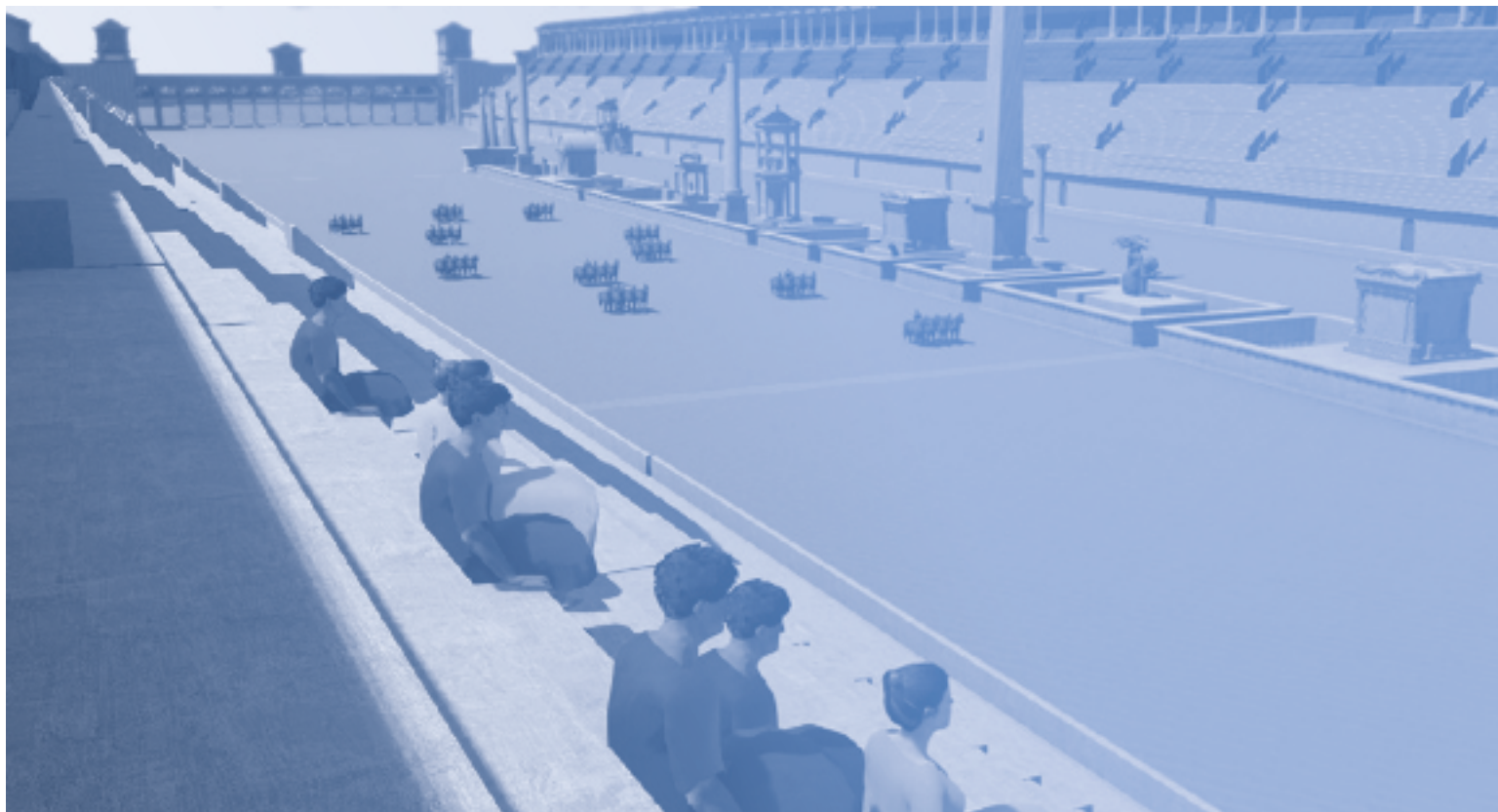
### LE PARI DE LA RÉALITÉ VIRTUELLE



Tout commence avec la maquette en plâtre de la Rome antique, exposée au cœur de la Maison de la recherche en sciences humaines. Cette maquette, c'est celle de l'architecte normand Paul Bigot. Réalisé entre 1901 et 1911, le « Plan de Rome » traduit l'ensemble des connaissances disponibles alors sur la topographie et l'urbanisme de la Rome du IV<sup>e</sup> siècle après J.-C. Paul Bigot la légua à son élève, Henry Bernard, l'architecte en charge de la reconstruction de l'université de Caen après la Seconde Guerre mondiale. Celui-ci en fera lui-même don à l'université en avril 1958, quelques mois après son inauguration.

Classée à l'inventaire des Monuments historiques, cette maquette de 70 m<sup>2</sup> fait l'objet d'une restauration et d'une mise en valeur au début des années 1990, ouvrant de nouvelles perspectives. Une idée émerge en effet à cette époque au sein de l'équipe de recherche « Plan de Rome », aujourd'hui intégrée au laboratoire ERLIS: et si l'on créait une

maquette virtuelle de la ville de Rome au IV<sup>e</sup> siècle après J.-C.? En complément de la maquette en plâtre, qui présente l'état des connaissances au moment de sa réalisation, la maquette virtuelle permettrait de rendre compte de l'architecture de Rome au gré des nouvelles découvertes archéologiques, historiques et iconographiques. Depuis 1994, date des toutes premières modélisations, le modèle virtuel n'a cessé d'évoluer. Au sein de l'environnement virtuel, le visiteur peut ainsi se promener sur le forum de Trajan, entrer dans le Panthéon pour admirer sa coupole, flâner dans les rues et les boutiques, découvrir une *domus* traditionnelle, prendre un bain dans les thermes de Caracalla, traverser le Tibre sur le pont Fabricius ou encore s'installer dans les gradins du Colisée. Et ce sur différents supports multimédias — salle immersive, tablette, ordinateur, smartphone. Le modèle virtuel est en constant développement, au plus près des dernières avancées scientifiques.



### RESTITUER UN PATRIMOINE DISPARU

« La réalité virtuelle n'est pas seulement un outil de représentation », indique Philippe Fleury, responsable scientifique du projet « Plan de Rome » au sein du laboratoire ERLIS. « C'est un véritable outil d'expérimentation qui nous permet d'interpréter les sources documentaires à notre disposition ». Ces modélisations sont le fruit d'une démarche scientifique : les sources documentaires qui ont justifié les choix de la restitution virtuelle sont accessibles d'un simple clic. « Les réalisations s'appuient toutes sur un travail préalable d'analyse des sources, poursuit Philippe Fleury. Il a souvent fallu privilégier une hypothèse de restitution parmi d'autres, parfois au prix de longues hésitations. La maquette virtuelle est un formidable terrain d'expérience pour tester et visualiser ces hypothèses. C'est une véritable révolution méthodologique, qui trouve un écho favorable auprès de la communauté scientifique. »

Preuve de cet intérêt grandissant, l'université de Caen Normandie a accueilli les principaux spécialistes de la Rome antique les 11, 12 & 13 décembre 2019 pour échanger sur les questions de topographie et d'urbanisme de la Rome antique. « Nous avons réuni à cette occasion deux spécialistes qui défendent deux thèses contradictoires, validées par leurs recherches archéologiques et historiques. Ils ont demandé au CIREVE de modéliser chacune de leurs hypothèses pour qu'elles puissent être présentées et discutées lors du colloque international. L'objectif de cette expérience était d'y voir plus clair pour parvenir à faire pencher la balance pour l'une ou l'autre de ces interprétations. »

### FAIRE VIVRE LES TEXTES ANCIENS

L'ambition du projet est scientifique mais aussi pédagogique : la maquette virtuelle, avec sa documentation indexée, est une ressource pour les enseignants de latin et de grec ancien. Plus de 2 000 élèves ont été accueillis au CIREVE au cours de l'année 2018-2019 pour une visite interactive de la Rome antique croisée avec une présentation de la maquette en plâtre de Paul Bigot. L'équipe « Plan de Rome » effectue également un important travail de valorisation et de médiation avec les « Nocturnes » qui, chaque mois, attirent plus de deux cents curieux dans l'amphithéâtre Pierre Daure de l'université. La réalité virtuelle est un moyen de valoriser la recherche sur l'Antiquité auprès d'un plus large public. Ces conférences proposent, durant une heure, une visite interactive de la Rome antique agrémentée d'une présentation des sources anciennes.

« L'idée n'est plus seulement de mettre en avant l'architecture de la Rome antique mais de découvrir les textes anciens », précise Sophie Madeleine, ingénieure de recherche en analyse de sources anciennes au laboratoire ERLIS et directrice adjointe du CIREVE. « Lors de la Nocturne "L'amour à Rome", nous avons emmené le public dans le Grand cirque. Pourquoi ? Parce que le poète Ovide distille, dans *L'Art d'aimer*, ses conseils pour séduire, et l'une de ses stratégies consiste à disposer un coussin pour que la jeune femme soit bien installée dans les gradins en pierre du Grand cirque. Les infographistes du CIREVE ont modélisé ces personnages. » La littérature classique apporte une nouvelle dimension en animant et en faisant vivre la maquette virtuelle. « Si nous arrivons, pendant une heure, à lire quelques extraits de textes de Pétrone, de Salluste ou d'Ovide, nous aurons contribué à diffuser les savoirs et à faire progresser la connaissance sur la Rome antique, qui est souvent l'objet de fantasmes. »

## AU SERVICE DE TOUTES LES DISCIPLINES SCIENTIFIQUES

Forte de cette expérience, l'équipe « Plan de Rome » est à l'origine de la création du CIREVE, en 2006. L'objectif : accompagner et soutenir l'utilisation de la réalité virtuelle dans la recherche. Les méthodes d'immersion et d'interaction proposées par la réalité virtuelle offrent de nouveaux modes d'expérience qui peuvent inspirer d'autres disciplines. Le Centre dispose aujourd'hui d'un savoir-faire, de compétences et d'équipements uniques, dont une salle immersive de 45 m<sup>2</sup> sans équivalent en milieu universitaire. C'est dans cette salle que les géographes simulent les conséquences de l'élévation du niveau des mers sur des zones côtières, que des neuropsychologues évaluent les dysfonctionnements de la mémoire, et que des neuroscientifiques étudient les troubles locomoteurs. Des casques de réalité virtuelle de différents types sont également à disposition des équipes pour les expérimentations individuelles. Attendant à la salle, un amphithéâtre de 150 places est équipé pour assister en direct aux expérimentations qui s'y déroulent.

Le CIREVE fédère actuellement 10 unités de recherche de toutes disciplines et met à leur disposition les outils adaptés à leurs projets de recherche. C'est ainsi que le Centre a acquis un tapis roulant pour les besoins de la recherche en santé. « Ce tapis respecte le relief de l'environnement virtuel et s'adapte à l'allure du marcheur, indique Sophie Madeleine. Il permet d'effectuer des analyses de la marche dans le cadre d'études sur la maladie d'Alzheimer et sur le syndrome d'Ehlers-Danlos. De telles études ne peuvent se dérouler qu'ici car il n'y a pas, en France, d'autre salle immersive aussi bien équipée que la nôtre. » Le CIREVE vient d'obtenir un financement de la Région Normandie pour encaster ce tapis dans le sol de la salle immersive. Une fosse de 50 cm de profondeur va prochainement être creusée dans la salle pour y loger le tapis, qui pourra ainsi être facilement rangé et ressorti en fonction des besoins des différentes équipes de recherche. « Un aménagement qui nous fera gagner un temps considérable, conclut Sophie Madeleine. Surtout quand on sait que la salle immersive est occupée 6 jours sur 7 ! ».

[CIREVE.UNICAEN.FR](http://CIREVE.UNICAEN.FR)



Dans le cadre du contrat de Plan État-Région 2015 – 2020, correspondant à la programmation 2020, le CIREVE bénéficie d'un financement de 345 000 €. La somme permettra de maintenir la salle de réalité virtuelle au plus haut niveau technologique.



# LA RÉALITÉ VIRTUELLE FAIT RENAITRE LES AUTOMATES DE L'ANTIQUITÉ

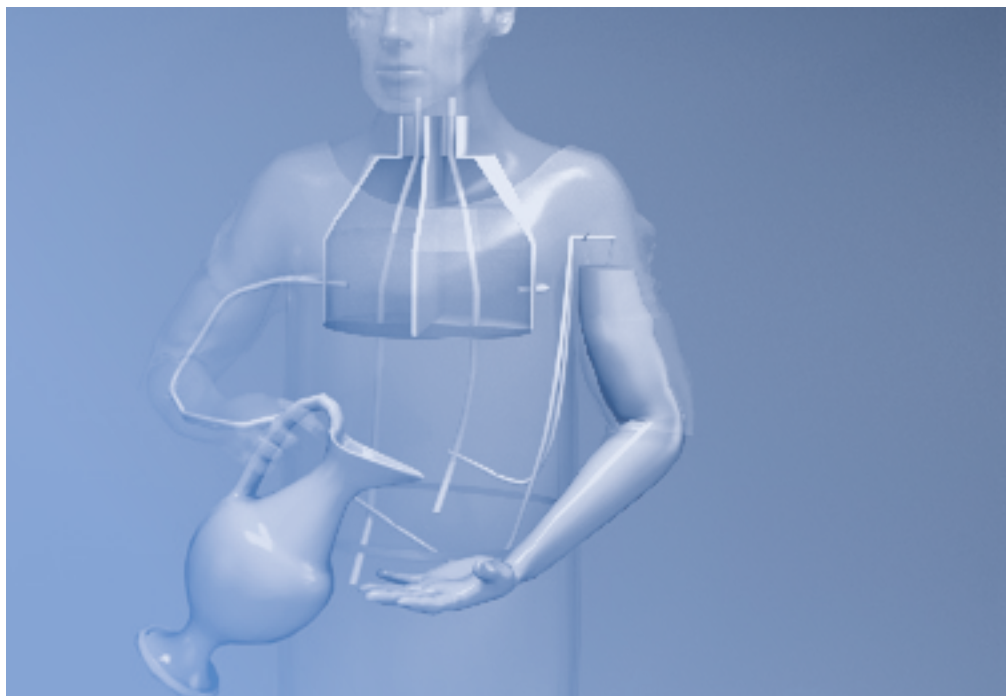
Dès l'Antiquité, les Grecs et les Romains fabriquaient des machines capables de se mettre seules en mouvement... de quoi susciter la curiosité des contemporains ! La réalité virtuelle redonne vie à ces automates antiques, dont il ne reste plus de traces aujourd'hui. Rencontre avec Jérôme Nicolle, auteur d'une thèse pas comme les autres, à l'interface entre deux disciplines —l'informatique et les langues & littératures anciennes.

## POURQUOI S'INTÉRESSER AUX AUTOMATES ANTIQUES ?

Le « Plan de Rome » de Paul Bigot est à l'origine d'un projet de restitution virtuelle de la Rome antique, initié en 1994. Le modèle virtuel n'a cessé de s'enrichir depuis lors, pour rendre compte des progrès de la connaissance archéologique, historique et littéraire. Ce projet ne s'arrête pas à la restitution virtuelle de l'architecture et de l'urbanisme de la Rome du IV<sup>e</sup> siècle après J.-C., et s'intéresse également aux technologies de l'Antiquité. Les découvertes archéologiques sont rares car les machines, conçues en bois pour la plupart, n'ont pas survécu au passage du temps. Les sources textuelles sont peu nombreuses et, très souvent, ce sont des traductions qui nous sont parvenues. C'est dans ce cadre que s'inscrivent mes travaux de thèse. L'objectif est de poursuivre le travail de restitution pour enrichir toujours plus le modèle virtuel de la Rome antique. La réalité virtuelle est un outil pour comprendre les machines développées dans l'Antiquité et tester des hypothèses de restitution. Il s'agit en particulier de s'intéresser aux automates décrits dans la littérature scientifique et technique.

## QUELLES SONT LEURS CARACTÉRISTIQUES ?

Mon travail consiste, dans un premier temps, à étudier et à analyser les textes anciens. Cette première étape est au cœur de notre démarche scientifique : toutes nos hypothèses de restitution virtuelle s'appuient sur des sources classiques. Ce sont les traités techniques qui nous renseignent le mieux sur les automates, ceux rédigés par des ingénieurs grecs et romains – Ctésibios, Philon de Byzance, Vitruve ou encore Héron d'Alexandrie. Les traités décrivent, parfois avec des dessins, les mécanismes des automates, leurs principes de fonctionnement et leurs usages. Ces automates étaient utilisés pour émerveiller et divertir, mais aussi pour faire la démonstration de grands principes mécaniques et physiques étudiés à l'époque – écoulement des fluides, propriétés de l'air, force de la vapeur, systèmes de poids et contre-poids, principe d'Archimède etc. Installé devant un temple, un automate apportait une atmosphère mystique. Installé dans le salon d'un dignitaire romain, il symbolisait la modernité et le pouvoir.



**GREYC**

UMR 6072 UNICAEN-ENSICAEN-CNRS

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

**ERLIS**

EA 4254

*Équipe de recherche sur les littératures, les imaginaires et les sociétés*



**COMMENT CES AUTOMATES S'INTÈGRENT-ILS DANS LE MODÈLE VIRTUEL DE LA ROME ANTIQUE ?**

L'analyse des traités techniques conduit, dans un second temps, à l'élaboration de modèles 3D pour restituer virtuellement les automates. La Servante automatique est l'un des cinq automates que j'étudie dans le cadre de ma thèse. C'est Philon de Byzance qui a imaginé cet automate au III<sup>e</sup> siècle avant J.-C dans *Pneumatiques*. Cette servante, faite de cuivre et d'argent, se tient debout, une cruche dans la main droite. Le dispositif se met en marche lorsqu'une coupe est placée dans le creux de sa main gauche : le bras gauche s'abaisse et le vin, puis l'eau, se mettent à couler dans la coupe. Le bras de la servante se remet en position initiale une fois la coupe récupérée. Le mécanisme, composé de deux réservoirs et de tuyaux en cuivre, est dissimulé dans la poitrine de la servante, qui peut remplir une dizaine de coupes. Ce sont ensuite les hôtes ou les esclaves qui entrent en jeu pour remplir les deux réservoirs d'eau et de vin, à l'abri des regards. Le vin était très concentré à cette époque et il était nécessaire de le diluer. Mais le mélange n'était pas préparé à l'avance. C'est d'ailleurs ce qui fait la magie de cet automate : les doses étaient strictement respectées – 2/3 de vin et 1/3 d'eau – sans que la coupe ne déborde. On imagine bien l'étonnement des convives ! L'intérêt de la réalité virtuelle est de pouvoir interagir avec l'environnement restitué – dans ce cas précis, il s'agit, tel un invité, d'avancer vers la table, d'attraper une coupe, de se diriger vers la servante, de déposer la coupe dans sa main avant de la récupérer, de la porter à ses lèvres et de la redéposer sur la table. L'étape suivante de ma thèse a donc consisté à développer

des algorithmes permettant cette immersion totale. La méthode utilise la reconnaissance de gestes : une combinaison de capture de mouvements, dotée de 32 capteurs répartis sur tout le corps, permet de contrôler et d'animer un avatar dans l'environnement virtuel. Autre atout : l'utilisation de cette combinaison permet d'enregistrer des mouvements qui serviront à animer des personnages dans le modèle virtuel, pour donner aux Romains numériques une démarche naturelle. La réalité virtuelle permet ainsi de mieux comprendre les mécanismes imaginés il y a plus de 2 000 ans et de restituer l'émerveillement procuré par ces automates.



LETG-CAEN GEOPHEN

UMR 6554 UNICAEN-CNRS

*Littoral, environnement,  
télédétection, géomatique*

## DÉVELOPPER UNE « CULTURE DU RISQUE INONDATION »



Le niveau des mers pourrait monter d'1,10 mètre d'ici 2100. C'est la conclusion inquiétante du dernier rapport du GIEC, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Quelles seraient les conséquences pour les villes côtières de Normandie? Éléments de réponse avec Stéphane Costa et Daniel Delahaye, professeurs de géographie au LETG-Caen Geophen.

### CES RISQUES PEUVENT-ILS ÊTRE MESURÉS ?

Notre approche est tout d'abord une approche historique, consistant à recenser les tempêtes et les inondations survenues ces dernières décennies. Les villes côtières normandes ont déjà payé un lourd tribut humain et financier par le passé. La tempête du 27-28 février 1990 est une référence pour nos recherches car elle a particulièrement marqué les mémoires: cette tempête a engendré de fortes inondations à Étretat, jusqu'à 60 cm de hauteur dans certains quartiers. Notre objectif est, dans un premier temps, d'étudier et de cartographier l'ensemble des facteurs qui ont participé au déclenchement de ces phénomènes. Et ce dans une perspective globale, qui prend aussi bien en compte les aspects météorologiques et marins que l'impact de l'urbanisation et des pratiques agricoles. Dans un second temps, une modélisation numérique est préparée en incluant un paramètre supplémentaire – l'élévation du niveau des mers. Il s'agit ainsi de construire une mémoire du risque pour favoriser le développement d'une culture du risque. Dans cette optique, nous diffusons les résultats de nos recherches auprès des acteurs du territoire en faisant appel à un outil novateur – la réalité virtuelle. Les technologies de réalité virtuelle permettront de les immerger dans les phénomènes historiques restitués virtuellement mais aussi dans les phénomènes qui pourraient survenir dans le cadre du changement climatique. L'enjeu: comprendre pour anticiper et agir en faveur d'un projet territorial durable.

### LA RÉALITÉ VIRTUELLE : UN OUTIL DE DIFFUSION DES RÉSULTATS DE LA RECHERCHE ?

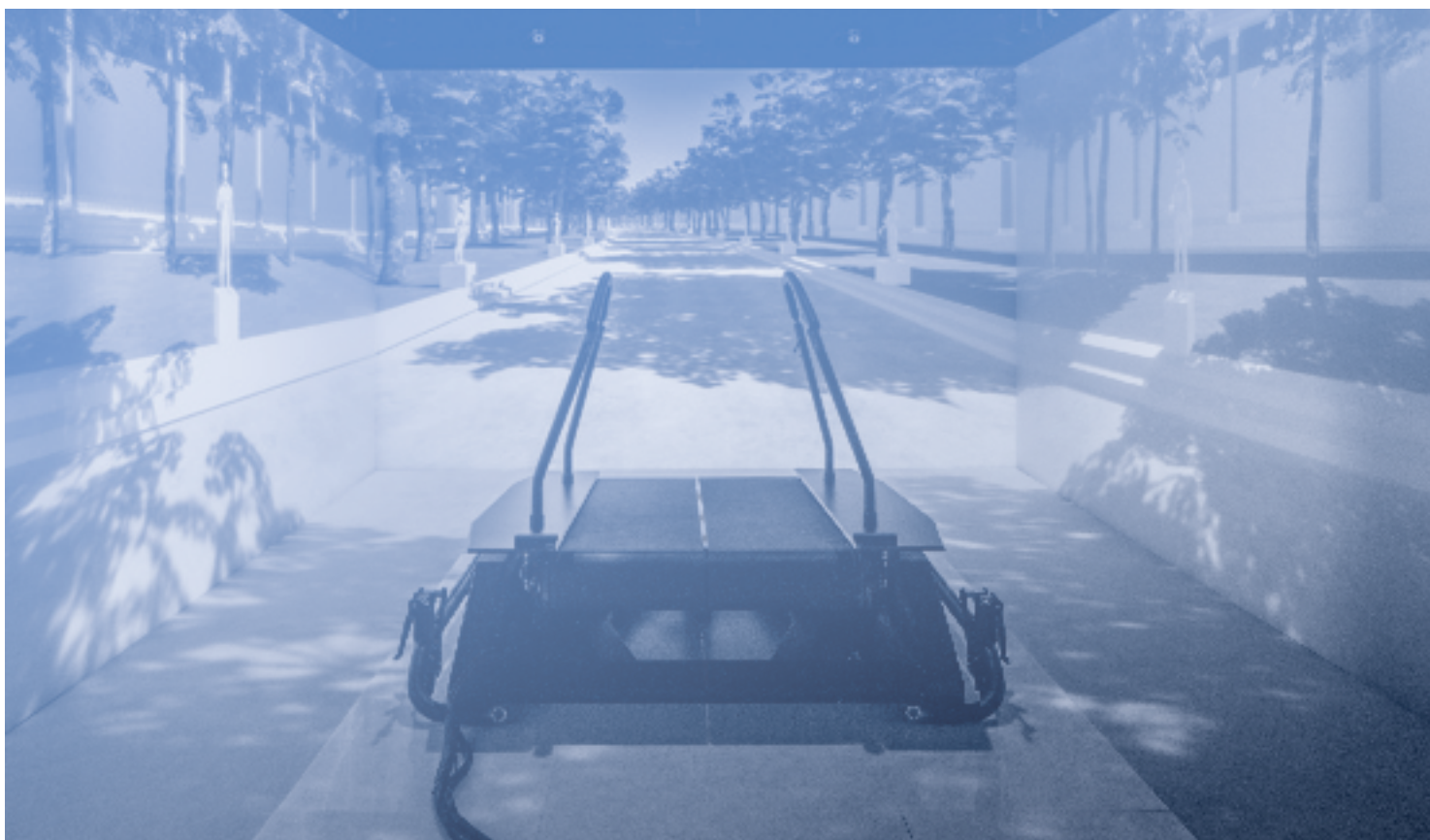
Dans le cadre de notre projet RAIVCOT, nous proposons d'utiliser la réalité virtuelle pour diffuser et partager nos connaissances. Le CIREVE, notamment l'équipe de Sophie Madeleine, a modélisé, sur la base de nos données, une inondation qui pourrait survenir dans les rues d'Étretat – une première pour les infographistes du CIREVE, qui n'avaient jusqu'alors jamais simulé des écoulements de fluide. Défi accompli! Les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement restituées dans le modèle virtuel sont précisément mesurées sur la base de données historiques et de modèles mathématiques incluant l'hypothèse d'une montée du niveau des mers d'1 mètre. La réalité virtuelle est un formidable outil de médiation pour présenter des résultats scientifiques. Notre cible, ce sont les élus, qui vont être amenés à prendre des décisions importantes à l'avenir pour l'aménagement des territoires. L'outil est novateur et son impact est fort. Il ne s'agit pas, bien entendu, de vider les villes côtières de ses habitants mais de faire en sorte qu'elles soient résilientes face à ce type de phénomènes. Nous travaillons également avec le CIREVE sur des modèles virtuels simulant les villes côtières de demain. Notre démarche est scientifique et vise à apporter un éclairage sur des défis sociétaux. Ces derniers seront considérables, et en la matière, il faut éviter tout catastrophisme. Mais pire serait l'attentisme ou l'indifférence.

[Le projet RAIVCOT \(2018–2020\) est financé par la Région Normandie et la Fondation de France.](#)

### LES VILLES CÔTIÈRES : DES ESPACES VULNÉRABLES ?

Les villes côtières cristallisent de nombreux problèmes hydrologiques, ce qui les rend particulièrement fragiles. Ces zones basses du littoral, proches du niveau de la mer, sont sensibles aux submersions de tempête. Implantées dans des fonds de vallée encaissée, elles sont vulnérables aux ruissellements et aux coulées de boue. À ceci s'ajoutent des risques d'inondations continentales, liées aux remontées de nappes souterraines et aux débordements de cours d'eau. De tels événements sont de plus en plus fréquents et ils pourraient se combiner plus souvent à l'avenir car le réchauffement climatique laisse craindre une augmentation du nombre d'épisodes intenses. Nos recherches visent à améliorer les connaissances de ces phénomènes, pour étudier leur évolution dans l'hypothèse d'une élévation du niveau des mers de plus d'1 mètre à l'horizon 2100 – une hypothèse avancée par une communauté scientifique de plus en plus importante.





## RÉALITÉ VIRTUELLE & RECHERCHE MÉDICALE

### COMETE

UMR-S 1075 UNICAEN-INSERM

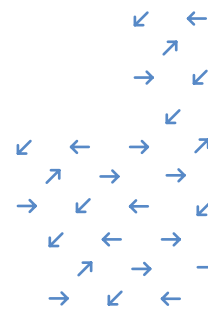
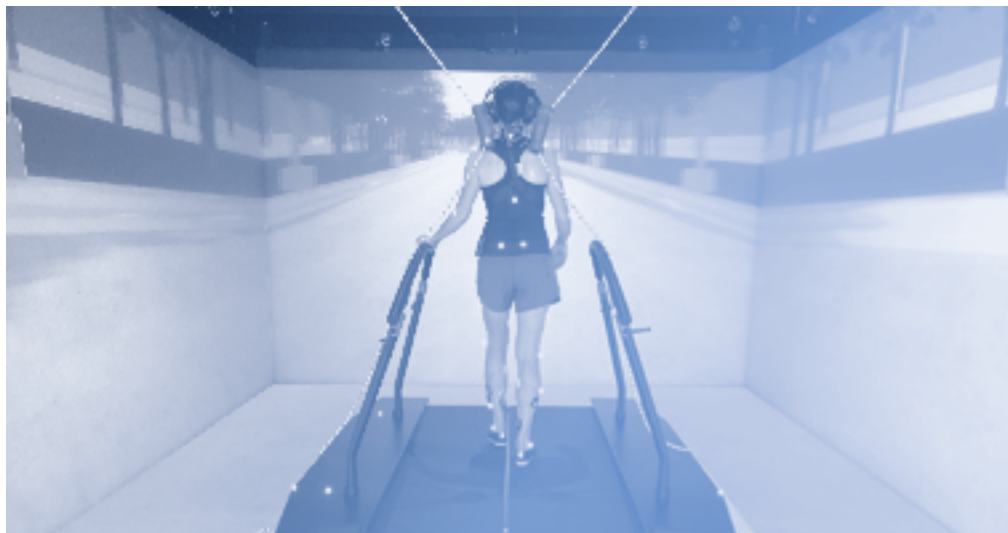
Mobilités: vieillissement,  
pathologie, santé

La proprioception: un terme bien connu des sportifs de haut niveau. Et pour cause, cette fonction joue un rôle clé dans le contrôle de la marche, la course ou encore l'équilibre. C'est grâce aux informations données par nos muscles et nos articulations que le cerveau perçoit la position et les mouvements des différentes parties du corps. Des troubles de la proprioception, comme chez les patients atteints du syndrome d'Ehlers-Danlos de type hypermobile (SEDh), entraînent chutes et collisions fréquentes. Avec le projet Vitalised, les chercheurs de l'unité COMETE veulent mieux cerner les mécanismes de cette maladie.

### SYNDROME D'EHLERS-DANLOS : L'ERRANCE MÉDICALE

Toucher son nez avec son doigt les yeux fermés: ce geste est rendu possible par la proprioception, qui nous renseigne sur l'emplacement des membres de notre corps dans l'espace. Cette sensation est altérée chez les patients atteints du SEDh: « Les capteurs proprioceptifs disséminés dans tout le corps ne fonctionnent plus correctement et transmettent des informations bruitées au cerveau », explique Leslie Decker, maître de conférences-HDR en neurosciences du mouvement humain. « Une mauvaise représentation de son corps dans l'espace entraîne des pertes d'équilibre, des collisions, des chutes. Le moindre geste du quotidien demande beaucoup d'attention car le cerveau s'efforce de compenser pour pallier le

manque de fiabilité des informations en provenance du corps... ce qui entraîne une grande fatigue. » Le SEDh est une maladie héréditaire complexe, qui touche majoritairement les femmes et se manifeste par des signes extrêmement variés. Au-delà des troubles de la proprioception, la forme « hypermobile » du syndrome se caractérise, en plus, par une peau hyper-extensible et des articulations anormalement mobiles propices aux entorses. Pour le milieu médical, la diversité des symptômes est déroutante. Pour les patients, dirigés de spécialiste en spécialiste, l'errance diagnostique est bien trop pesante. « Il est donc nécessaire de bien comprendre les mécanismes en cause dans la maladie pour faciliter le diagnostic », précise Leslie Decker.



### RÉPONDRE À LA SOUFFRANCE DES PATIENTS

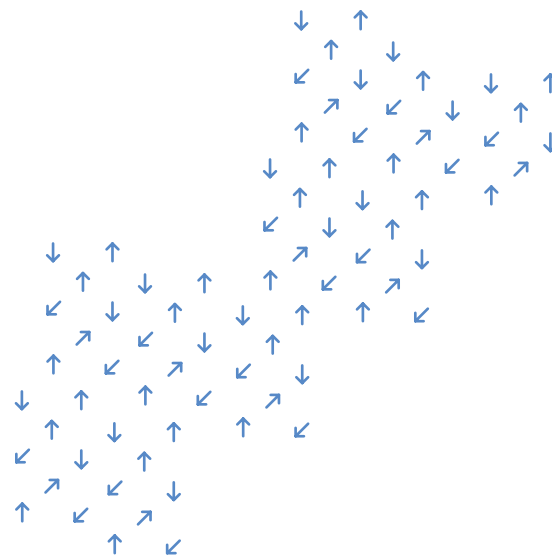
Le syndrome d’Ehlers-Danlos de type hypermobile est mal diagnostiqué, ce qui conduit fréquemment à des prises de décision thérapeutique inadaptées. Si à l’heure actuelle aucune solution thérapeutique n’apparaît pleinement satisfaisante pour pallier les symptômes, deux stratégies semblent néanmoins faire leurs preuves auprès de patients atteints du SEDh : le port de vêtements compressifs et la reprogrammation sensorimotrice (ou kinésithérapie proprioceptive). « L’objectif du projet Vitalised est d’évaluer l’efficacité conjointe de ces deux stratégies. Cette validation est essentielle puisqu’elle offrirait une nouvelle alternative thérapeutique efficace pouvant être proposée à l’ensemble du corps médical comme prise en charge de référence dans le traitement du SEDh », indique Leslie Decker. Une thèse, préparée par Valentin Lana dans le cadre d’une CIFRE avec la société Novatex Medical, en partenariat avec le laboratoire DevAH de l’université de Lorraine, étudie si les vêtements compressifs peuvent remédier aux troubles de l’équilibre et de la marche de ces patients. S’ils sont efficaces à court terme, le seront-ils à long terme, une fois retirés ? « Notre hypothèse est que le cerveau a besoin d’une sorte de starter, une suppléance sensorielle, permettant aux patients de s’engager dans une reprogrammation sensorimotrice visant à rétablir un fonctionnement harmonieux de la chaîne proprioceptive. L’enjeu de l’étude Vitalised est ainsi de valider scientifiquement l’efficacité de cette stratégie thérapeutique innovante. »

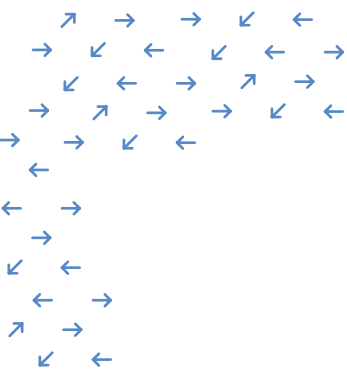
Le projet Vitalised est cofinancé par l’Union européenne, la Région Normandie dans le cadre du programme opérationnel FEDER / FSE 2014 – 2020.



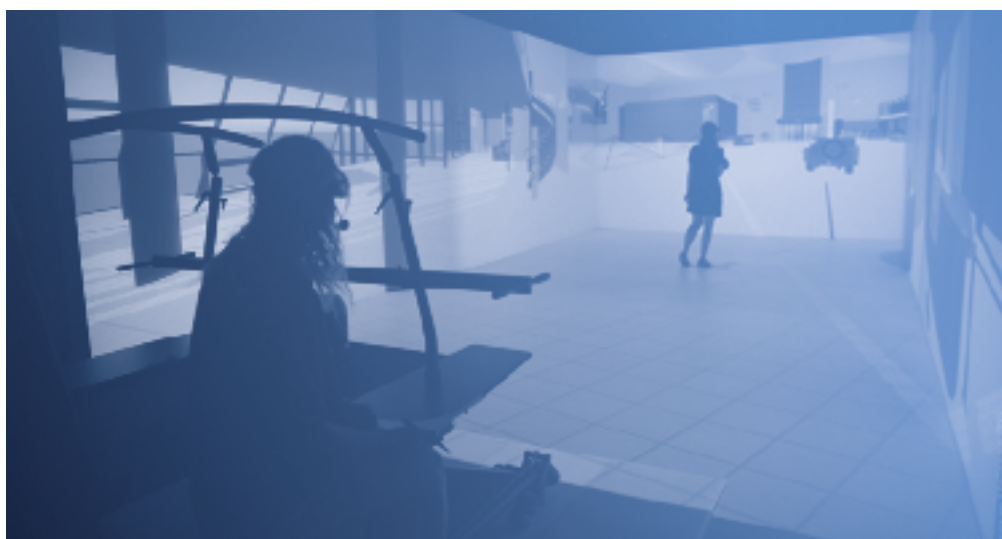
### LA RÉALITÉ VIRTUELLE, EN QUÊTE DE SENS

Le projet Vitalised, débuté au printemps 2018, prévoit de suivre 40 patients âgés de 18 à 50 ans pendant une année. Pour mesurer l’efficacité de la thérapie, l’étude inclut une évaluation des troubles perceptifs, cognitifs et du rythme veille-sommeil, ainsi qu’une exploration très fine de la marche et de l’équilibre en environnement virtuel. « La marche et l’équilibre sollicitent tous les sens, parmi lesquels on peut citer la proprioception, la vision et le système vestibulaire. Mais, ici, nous nous intéressons tout particulièrement au rôle des informations proprioceptives. La réalité virtuelle constitue un véritable atout, car elle nous permet de simuler numériquement des environnements réalistes et de contrôler ce monde artificiel en toute sécurité. » Le CIREVE a fait l’acquisition d’un tapis GRAIL pour les besoins spécifiques de cette étude. Ce tapis roulant s’adapte à la vitesse de déplacement des patients cheminant dans l’environnement virtuel. Les caméras infra-rouges installées au-dessus des écrans dans la salle immersive permettent d’enregistrer la marche en temps réel grâce aux marqueurs rétro réfléchissants placés sur le corps des patients. L’objectif : plonger les patients dans l’environnement virtuel pour voir comment le cerveau s’adapte à des contraintes pour maintenir le contrôle de l’équilibre à la marche. « Grâce au tapis, nous avons pu appliquer des oscillations très lentes pour induire une atténuation des informations vestibulaires. Les yeux fermés, les patientes ne peuvent alors compter quasiment que sur les informations proprioceptives provenant de leur corps afin de préserver leur équilibre... ce qui, comme pressenti, se révèle difficile. Grâce à la réalité virtuelle, nous pouvons créer des scénarios de double tâche ou encore induire des perturbations visuelles – ce qui nous a permis de mettre à jour que les patientes sont très dépendantes de la vision et ont besoin d’attention pour contrôler leur équilibre. La salle immersive permet ainsi de créer une grande diversité de situations pour étudier le contrôle de l’équilibre au cours de la marche. » Les patientes s’amélioreront-elles après la thérapie associant les vêtements compressifs et la reprogrammation sensorimotrice ? Les premiers résultats de cette étude, toujours en cours, sont encourageants.



**NIMH**

UMR-S 1077 INSERM-EPHE-UNICAEN

*Neuropsychologie & imagerie  
de la mémoire humaine*

## CANCER . . . . . QUAND LA MÉMOIRE FLANCHE

Les pertes de mémoire : un effet secondaire observé chez bon nombre de patients suivis pour un cancer. Une étude menée par le laboratoire NIMH s'intéresse à ces troubles, fréquents, qui ont un impact négatif sur la qualité de vie des patients. Le point avec Bénédicte Giffard, maître de conférences en neuropsychologie.

### COMMENT SE CARACTÉRISENT CES TROUBLES DE LA MÉMOIRE ?

L'impact du cancer et de ses traitements sur la mémoire ne fait plus de doute. Mais le cerveau est un organe complexe et il est encore nécessaire d'approfondir les connaissances pour bien comprendre ces dysfonctionnements. C'est l'objectif de notre étude Prosom-K, qui porte plus spécifiquement sur le cancer du sein. Ces troubles cognitifs sont généralement légers, mais ils peuvent persister plusieurs années. Ils sont d'autant plus gênants qu'ils touchent fréquemment la mémoire prospective. La mémoire prospective, c'est la mémoire des intentions futures, qui permet de se souvenir d'actions à réaliser plus tard. Se rappeler qu'il faut appeler le médecin à 9 h ou qu'il faut passer à la pharmacie en rentrant du travail, par exemple. On imagine bien la détresse des patientes, car la mémoire prospective est très sollicitée au quotidien et est essentielle au bon suivi du traitement.

### QUELS SONT LES FACTEURS QUI FAVORISENT CES TROUBLES DE LA MÉMOIRE PROSPECTIVE ?

Des études scientifiques ont mis en cause certains traitements, comme la chimiothérapie, dans la survenue de déficits cognitifs touchant la mémoire, l'attention et la concentration. Pour autant, les patientes se plaignent parfois de problèmes de mémoire avant même le début du traitement. Ce qui suggère que l'explication se trouve, aussi, ailleurs : la chimiothérapie ne peut être seule responsable de ces altérations. C'est important de le souligner car il serait désastreux que des patientes en viennent à refuser la chimiothérapie à cause de

ces désagréments. Des études supplémentaires sont donc nécessaires. Il est notamment indispensable de s'intéresser à d'autres traitements, comme l'hormonothérapie qui est fréquemment prescrite dans le cas du cancer du sein et dont les effets n'ont pas été suffisamment étudiés. Outre le traitement, d'autres facteurs comme l'anxiété, le stress, la fatigue, et le manque de sommeil sont à prendre en compte pour bien comprendre le fonctionnement de la mémoire. La force de ce projet, c'est d'évaluer la mémoire prospective en lien avec les troubles du sommeil et les bouleversements émotionnels induits par la maladie.

### L'ORIGINALITÉ DE CETTE ÉTUDE EST DE RECOURIR À LA RÉALITÉ VIRTUELLE. POURQUOI CE CHOIX ?

La mémoire prospective est complexe à étudier car elle nous permet de nous projeter vers le futur pour réaliser des actions du quotidien. Son évaluation nécessite donc un protocole de recherche adapté. Ce qu'il faut tester, ce sont des situations de la vie quotidienne, au plus près du réel. C'est pourquoi l'étude comprend un volet en réalité virtuelle, mené dans la salle immersive du CIREVE. Chaque participante doit apprendre une série de 9 actions à réaliser 12 heures plus tard dans l'environnement virtuel. Ce délai de 12 heures est soit un délai diurne, soit un délai nocturne : les participantes arrivent donc le soir avec des actions apprises le matin-même, ou le matin avec des actions apprises la veille. Cette distinction a son importance car le sommeil joue un rôle dans la consolidation de la mémoire : nous évaluons donc

l'activité cérébrale et la qualité du sommeil durant la nuit à l'aide de capteurs (polysomnographie). Dans la salle immersive, le modèle que nous utilisons est le Mémorial de Caen reconstitué virtuellement. Les participantes se déplacent librement dans cet environnement virtuel et doivent accomplir les actions qu'elles ont mémorisées – « se présenter à l'accueil à 9h pour acheter son billet » ou « se rendre à l'auditorium à 11 h pour la projection du film », par exemple. Les effets de la fatigue, du stress et de l'anxiété sont, quant à eux, évalués à l'aide de questionnaires. Cette étude apportera une meilleure compréhension des troubles rencontrés par les patientes. Il s'agira, à terme, de proposer des prises en charge adaptées pour compenser ces difficultés et améliorer leur autonomie.

L'étude Prosom-K est réalisée en collaboration avec le Centre de lutte contre le cancer François Baclesse, le CIREVE, l'unité de recherche ANTICIPE (UMR-S 1086 UNICAEN-INSERM), et l'unité de recherche DC2N (UMR-S 1239 université de Rouen Normandie-INSERM). Elle s'inscrit dans le cadre de la Plateforme Cancer et cognition du Canceropôle Nord-Ouest. Elle est financée par la Région Normandie, le Canceropôle Nord-Ouest, la Ligue contre le cancer du Calvados et la Fondation ARC.

# VOYAGER AU CŒUR DE LA MATIÈRE

Il n'y a rien de plus concret que la matière... Et pourtant, il est difficile de représenter (et de se représenter!) les associations d'atomes qui la composent. C'est pour répondre à cette difficulté que les chercheurs du LCS ont imaginé Nanorêve, un dispositif de réalité virtuelle permettant de découvrir ce qui se cache au cœur d'un matériau.

Casque sur la tête et manette en main, c'est une plongée dans l'infiniment petit que nous propose le LCS avec NanoRêve. Le projet, lauréat du Prix Musée Schlumberger 2019\*, a été dévoilé en avant-première à l'occasion de la Fête de la science 2019. « Ça, c'est une zéolithe, un matériau utilisé dans de très nombreuses applications, », indique Arnaud Travert, enseignant-chercheur, aux lycéens accueillis sur le Village des sciences de Caen, le 11 octobre dernier. Un écran permet au groupe de suivre en temps réel le voyage de l'utilisateur au cœur du matériau, ici dans des réseaux 3D de cavités de dimension moléculaire.

« Les matériaux que nous présentons à l'échelle moléculaire, précise Arnaud Travert, sont notamment ceux que nous étudions au laboratoire. » La spécialité du LCS, c'est l'étude des matériaux catalytiques. Ces matériaux, utilisés pour favoriser ou accélérer une réaction chimique, sont une solution pour le développement d'une industrie chimique plus vertueuse. L'objectif : optimiser leurs propriétés et leurs performances pour des applications dans les domaines de l'énergie et de la dépollution. Nanorêve permet d'engager une discussion sur la chimie, qui ne bénéficie pas toujours d'une bonne image auprès du grand public. Sans parler de l'aspect ludique du dispositif qui plaît aux plus jeunes. « Les enseignants comprennent bien l'intérêt d'un tel outil qui favorise l'apprentissage en donnant à voir l'invisible. »



Le CIREVE a apporté un soutien technique pour le développement des modèles virtuels. L'enveloppe allouée par le Prix Musée Schlumberger permettra au laboratoire de poursuivre le développement de Nanorêve. « L'un des volets du projet consiste à proposer également des vidéos 3D sur une plateforme accessible en ligne — des vidéos de molécules, d'enzymes, de nano-objets. Nous allons travailler avec les enseignants pour identifier leurs besoins. » Ce site internet prolongera l'expérience Nanorêve, avec du contenu enrichi, adapté tant aux initiés qu'aux simples curieux.

## LCS

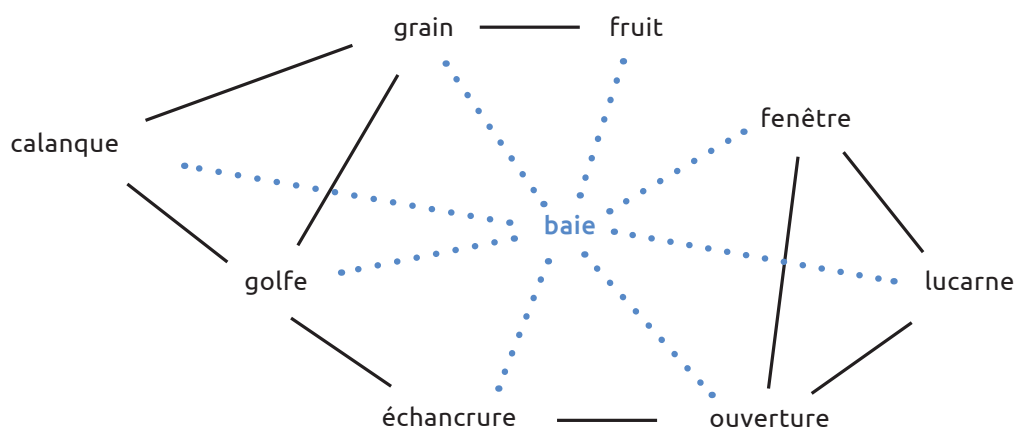
UMR 6506 ENSICAEN-UNICAEN-CNRS

Laboratoire Catalyse & Spectrochimie

\* Le Prix Musée Schlumberger distingue chaque année des démarches innovantes en matière de médiation scientifique. À la clé : 10 000 euros pour concevoir un outil illustrant une problématique scientifique. Porté par Le Dôme et la Fondation Musée Schlumberger, ce concours est ouvert aux équipes de recherche publiques et privées de Normandie. 10 projets ont vu le jour depuis la création du prix, au printemps 2010 : NanoRêve est le premier porté par un laboratoire de chimie.

# DES SYNONYMES PAR MILLIERS

Indispensable, incontournable, essentiel, nécessaire... Avec ses 50 000 entrées, le dictionnaire électronique des synonymes du CRISCO s'est imposé comme une référence pour celles et ceux qui manient la plume chaque jour. Rencontre avec Laurette Chardon, ingénieure de recherche et Chris Smith, maître de conférences en lexicologie sur le stand de Campus en Fête.



## ON A PARLÉ SÉMANTIQUE ET SYNONYMIE SUR LE STAND DU CRISCO ! LE DES, OUTIL PHARE DU LABORATOIRE, ÉTAIT À L'HONNEUR ?

Oui, nous avons présenté le DES – le dictionnaire électronique des synonymes – qui est l'un des trois axes de recherche du CRISCO depuis le début des années 1990. Le DES est un outil en accès libre et gratuit, développé et mis à jour par le laboratoire sur la base de sept dictionnaires de référence. Les utilisateurs adressent également de nombreuses propositions d'ajout ou de suppression, qui sont étudiées chaque semaine. Le principe : un mot doit être substituable par un autre dans un contexte donné. À titre d'exemple, on retrouve « profession » et « accouchement » parmi les synonymes de « travail », les deux occurrences pouvant en effet se substituer au mot « travail » dans des contextes précis. Pour autant, « profession » et « accouchement » ne sont pas synonymes car il n'existe pas de contexte dans lequel l'un pourrait se substituer à l'autre – c'est ce qu'on appelle la synonymie partielle. Le DES reflète la richesse de la langue française, c'est un outil précieux pour comprendre la polysémie – la capacité des mots à prendre des sens différents suivant le contexte dans lequel ils sont utilisés. Nous avons invité les visiteurs de la Fête de la science à s'interroger sur ces notions.

## LE DES, CE SONT PRÈS DE 200 000 REQUÊTES PAR JOUR. À QUI CET OUTIL S'ADRESSE-T-IL ?

Le Dictionnaire est essentiellement utilisé pour la production écrite dans un cadre professionnel, comme le suggère la liste des mots les plus recherchés – « en effet », « permettre », « ainsi », « présenter », « faire », « comprendre ». L'outil se veut être le reflet de la langue française dans ses divers emplois, mais aussi dans le temps. C'est pourquoi on retrouve des occurrences comme « LOL », qui a fait son entrée dans *Le Petit Robert* en 2013. C'est pourquoi on retrouve également des synonymes pouvant choquer pour leurs connotations injurieuses, sexistes, racistes ou homophobes. Ces occurrences, signalées par un astérisque renvoyant à une page d'avertissement, sont bien présentes dans le DES car elles pourraient se révéler utiles pour un travail de traduction ou dans le cadre de l'écriture d'un roman. De fait, il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance préalable de la langue française pour profiter pleinement du DES et en saisir toutes les connotations. Le danger, pour des non-francophones confrontés à nos listes de synonymes serait de penser qu'un mot peut se substituer à un autre de manière absolue. Nos travaux sur les espaces sémantiques visent notamment à répondre à cette difficulté.

## CRISCO

EA 4255

Centre de recherches inter-langues  
sur la signification en contexte

## CHAQUE MOT DU DES EST EN EFFET ASSOCIÉ À UN « ESPACE SÉMANTIQUE ». QU'EST-CE QUE CELA APORTE DE PLUS ?

L'« espace sémantique » est une représentation graphique en 2D ou en 3D des différents sens que recouvre un même mot. Il permet de se rendre compte rapidement de la polysémie d'un mot et de dissocier clairement ses différents sens. Les synonymes du mot « baie », par exemple, se distinguent en cinq ensembles : « grain, fruit », « golfe », « échancre », « crique, calanque », et « ouverture, fenêtré, lucarne ». Chacun de ces ensembles gravite autour du mot « baie » qui figure au centre de l'espace sémantique. Cette représentation permet de voir, d'un coup d'œil, comment les synonymes se regroupent et comment ils se positionnent les uns par rapport aux autres. C'est une véritable plus-value du DES.

## AVEC LE PROJET MULTIDES, LE DICTIONNAIRE VA-T-IL S'ÉTENDRE À D'AUTRES LANGUES ?

Le projet MULTIDES propose d'intégrer des mots anglais au DES, en les envisageant comme des synonymes de mots français. Derrière ce projet, il y a une question scientifique : peut-on considérer la traduction comme une forme de synonymie ? Substituer un mot par un autre et traduire un mot par un autre ne seraient, en somme, pas si différents. Dans les deux cas se posent des questions de sens, de registre, de contexte et de temporalité qui intéressent les linguistes et les traducteurs. « Pain » par exemple, se traduit en anglais par « bread » lorsqu'il s'agit de nourriture ou par « punch » lorsqu'il s'agit d'un coup de poing. Cet outil permettrait de rendre compte du foisonnement des sens autour d'un même mot. Il permettrait également de mettre en valeur les problèmes de traduction posés par les faux-amis : « to fix », qui signifie « réparer », ne se trouverait pas dans la même entrée que le verbe français « fixer ». Le projet est en cours de développement mais l'idée serait, à terme, d'avoir un outil bi-langue permettant de questionner le DES en français seulement ou bien en français/anglais.



# MONNAIES & TRÉSORS

## DANS LES COULISSES DU SERVICE DE NUMISMATIQUE

Comment reconstituer le passé lorsque les sources écrites sont absentes ou ont disparu ? Le CRAHAM réunit des spécialistes de différentes disciplines pour étudier les vestiges qui nous parviennent des sociétés anciennes et médiévales. Pièce de monnaie, tesson de poterie, fragment de vitrail, dent, ossement... Entre leurs mains, ces sources matérielles deviennent de véritables sources historiques. Le CRAHAM a ouvert ses portes au public lors de la Fête de la science — l'occasion de découvrir l'une de ses spécialités, la numismatique.

### CENTRE MICHEL DE BOÛARD-CRAHAM

UMR 6273 UNICAEN-CNRS

Centre de recherches archéologiques  
& historiques anciennes & médiévales

#### LA NUMISMATIQUE : ENTRE ARCHÉOLOGIE & HISTOIRE

Les monnaies sont toujours le témoignage d'activités humaines : les métaux qui les composent et les inscriptions qu'elles comportent sont des indices apportant un éclairage direct sur les pratiques des sociétés anciennes. Mais encore faut-il pouvoir interpréter de tels objets. Le CRAHAM s'est ainsi doté de services spécialisés pour décrypter les vestiges matériels. Aux côtés des services d'archéométrie, d'archéo-anthropologie, d'archéomatique et de céramologie, le service de numismatique dispose des compétences et des équipements nécessaires pour étudier les monnaies découvertes sur les chantiers de fouilles archéologiques. Il répond également aux besoins des membres du CRAHAM et des institutions partenaires — l'Institut national de recherches archéologiques préventives · INRAP, le Service régional de

l'archéologie, les collectivités territoriales, les musées etc. Une fois arrivées au laboratoire, les découvertes monétaires sont nettoyées, identifiées, classées avant d'être publiées dans des revues spécialisées. « Ces découvertes monétaires, il faut leur donner du sens », explique Pierre-Marie Guihard, responsable du service de numismatique. « La numismatique, c'est l'histoire d'hommes et de comportements. Les monnaies nous renseignent sur la circulation des biens, les pratiques commerciales, les usages de l'argent, les échanges sociaux. » Une démarche en somme fortement marquée par l'archéologie et l'anthropologie que le récent recrutement de Thibault Cardon, chargé de recherche au CNRS, est venu renforcer.

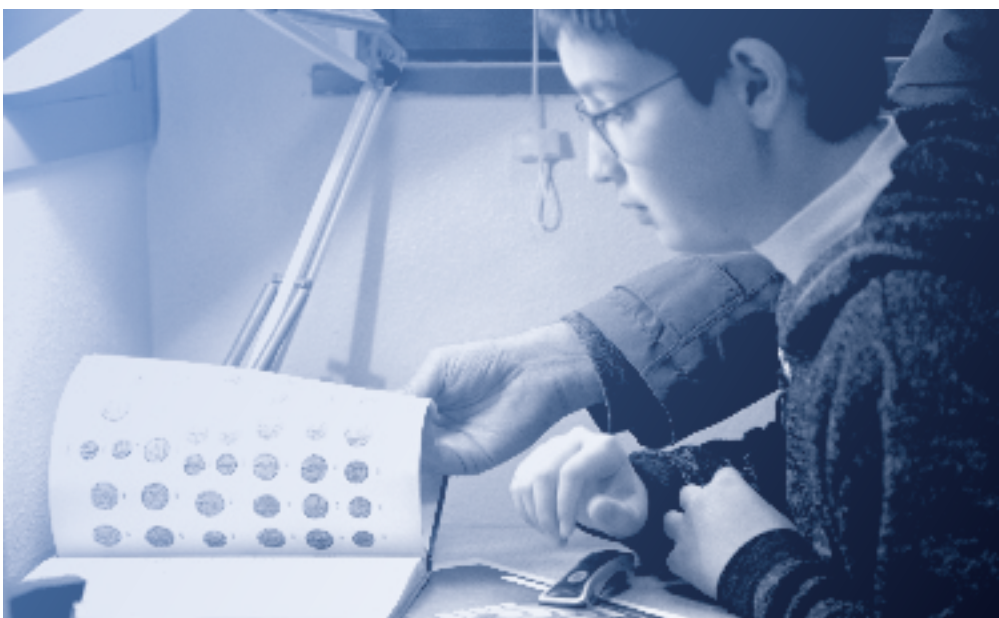
## AUTOPSIE D'UN TRÉSOR MONÉTAIRE

Les monnaies, parce qu'elles survivent au passage du temps, ne sont pas rares en contexte archéologique. Plus étonnants en revanche sont les trésors monétaires, accumulés progressivement et enfouis. C'est donc une fouille hors du commun qui a été confiée au service de numismatique du CRAHAM au printemps 2011. « Une expérience qui n'arrive pas deux fois dans une carrière », souligne Pierre-Marie Guihard. En archéologie, les découvertes sont souvent le fruit du hasard. C'est en effet au cours de travaux dans son champ de Saint-Germain-de-Varreville (50) qu'un agriculteur met au jour un vase en céramique. À l'intérieur : 14 528 monnaies romaines datant de la première moitié du IV<sup>e</sup> siècle. « Comment les monnaies étaient-elles agencées ? Étaient-elles disposées en vrac ? Ou étaient-elles soigneusement organisées, en sacs ou en rouleaux par exemple ? Le vase, plein à ras bord, a-t-il été rempli en une seule fois ou en plusieurs phases successives ? C'est à ces questions que nous avons tout d'abord cherché à répondre pour comprendre comment un stock de monnaies pouvait être géré à cette époque. » La fouille du trésor révèle la coexistence de plusieurs ensembles, séparés par de fines couches de terre argileuse. Un fragment de cordelette suggère même qu'un groupe de monnaies était conservé dans un sac en matière périssable. Cet agencement laisse entrevoir les grandes étapes d'un remplissage s'étalant sur une dizaine d'années. « L'étude du contenu du vase a été associée à une fouille conduite sur le lieu-même de la découverte par Cécile Allinne, maître de conférences en archéologie. Aucun autre vestige de l'Antiquité n'a été retrouvé à proximité, ce qui laisse supposer que le vase était enfoui dans une cachette isolée. Son propriétaire l'a-t-il dissimulé pour fuir un danger imminent ? Non, de toute évidence, puisqu'il apparaît clairement que le vase a été progressivement rempli, en plusieurs fois. Il aurait pu appartenir à un commerçant qui souhaitait mettre ses économies à l'abri pour en disposer de temps en temps. Ces monnaies romaines, qu'on appelle des *nummi*, sont d'ailleurs rares parmi les monnaies isolées découvertes sur les sites archéologiques de la région et pourraient, de ce fait, relever d'une sphère d'échange particulière, comme, peut-être, des milieux d'affaires. »

## UNE EXPERTISE COMPLÈTE, DE LA FOUILLE À LA PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Le trésor de Saint-Germain-de-Varreville a rejoint les collections du Musée de Normandie mais fait toujours l'objet d'une étude détaillée au sein du service. Si l'analyse du trésor a laissé entrevoir un fragment de la vie d'un Gallo-Romain au IV<sup>e</sup> siècle, les monnaies n'ont, elles, pas encore révélé tous leurs secrets. « L'enquête s'est notamment poursuivie avec l'analyse des métaux qui composent ces *nummi* », indique Guillaume Blanchet, doctorant au CRAHAM. « Les techniques de fluorescence X nous permettent d'identifier la signature chimique de ces monnaies. Notre objectif est de mieux comprendre les méthodes de fabrication mais aussi de cerner la gestion des stocks de métaux utilisés par l'État au fil des années pour les produire. » Préalable indispensable pour étudier les *nummi*, souvent maculés de terre et rongés par la corrosion : le nettoyage. « Nous appliquons différentes recettes en fonction de l'alliage des métaux qui composent les monnaies, précise

Guillaume Blanchet. L'usage de produits chimiques est couplé à des techniques mécaniques utilisant scalpels et micro-tours. Il ne s'agit pas d'aboutir à une restauration des monnaies mais de les rendre suffisamment lisibles et d'assurer leur conservation. » Dans les armoires fortes du CRAHAM, on retrouve des monnaies antiques, médiévales et modernes issues de nombreux chantiers archéologiques et accessibles aux chercheurs et aux étudiants. Les découvertes monétaires réceptionnées et étudiées par le service de numismatique font toutes l'objet d'un référencement détaillé dans NUMMUS. Cette base de données, alimentée au fur et à mesure des études, rend compte de l'importance de la monnaie en tant que source de première main pour lever le voile sur l'histoire des échanges, de l'Antiquité à l'époque moderne.



# QUAND LA PSYCHOLOGIE SOCIALE ACCOMPAGNE LE TRI DES DÉCHETS

Trier ses déchets : une initiative utile pour l'environnement ? De plus en plus de Français le pensent, comme le montrent les chiffres de l'Observatoire du geste de tri. Même si les comportements s'améliorent, il reste encore une marge de progression importante pour que le tri devienne systématique. Pour Cécile Sénémeaud, professeure de psychologie sociale et directrice du LPCN, la psychologie sociale a un rôle à jouer pour encourager le changement de comportement.

**LPCN**

EA 7452

Laboratoire de psychologie  
Caen Normandie

## COMMENT FAVORISER UNE ÉVOLUTION DES COMPORTEMENTS ?

Traditionnellement, il existe trois leviers d'action pour susciter un changement de comportement. Le premier consiste à contraindre par des lois et des réglementations, mais ce levier peine à favoriser l'adhésion de la population. Le deuxième repose sur une incitation financière. Cette stratégie donne des résultats surtout à court terme, mais ne permet pas d'encourager une évolution durable des comportements éco-citoyens : par exemple, si je trie le verre contre une récompense, qu'est-ce qui va m'inciter à trier le carton et le plastique ? Le dernier levier consiste à sensibiliser et à éduquer pour expliquer les bénéfices et exposer les dangers potentiels. Mais être convaincu de l'enjeu d'un problème n'implique pas forcément de passer à l'action. Sur la question du tri sélectif, par exemple, les études d'opinion démontrent que les Français sont majoritairement satisfaits des dispositifs de tri et convaincus de l'utilité d'un tel geste. Pour autant, force est de constater que le tri des déchets n'est pas systématique. Pourquoi les gens ont-ils des comportements qui vont à l'encontre de leurs convictions ? La psychologie sociale peut apporter des réponses à ce type de questions. Notre démarche consiste à identifier les freins psychosociaux qui empêchent un individu de changer de comportement pour, à terme, mettre en place des stratégies de motivation véritablement adaptées.

## QUELS SONT CES FREINS PSYCHOSOCIAUX ?

En 2016, dans les départements du Calvados, de l'Orne et de la Manche, la part des emballages en verre retrouvée dans les déchets ménagers s'élevait à plus de 10 % dans certaines communes — un chiffre plus élevé que la moyenne nationale. C'est pour répondre à cette problématique que nous avons commencé à travailler, en 2018, aux côtés de l'association Biomasse Normandie et du SYVEDAC, le Syndicat pour la valorisation et l'élimination des déchets de l'agglomération caennaise. Nous avons étudié le rôle des freins d'ordre pratique, tels que le manque de place pour stocker les emballages chez soi ou encore la distance entre le lieu de résidence et le point de tri du verre, et surtout celui des freins et leviers psychosociaux. Ce qui nous intéresse plus spécifiquement, c'est ce que les gens perçoivent de leur entourage car la norme sociale a une influence considérable sur l'action individuelle. Les personnes qui m'entourent attendent-elles de moi que je trie mes emballages en verre ? Est-ce que les habitants de mon quartier, eux, le font ? Si je pense que non, pourquoi moi, dès lors, devrais-je le faire ? Nous regardons aussi les variables émotionnelles : est-ce que trier mes déchets me rend fier et est-ce que je culpabilise lorsque je ne le fais pas ? Autre paramètre : la confiance que j'accorde au geste de tri et la capacité que je crois avoir pour le faire. Est-ce que je suis convaincu que cette démarche a un réel intérêt pour protéger notre planète ou est-ce que ce geste me semble trop futile face à l'ampleur du phénomène ? Nous avons consulté 504 ménages de l'agglomération caennaise, résidant dans des quartiers où l'on trie peu et dans des quartiers où l'on trie beaucoup. Ce diagnostic est indispensable pour identifier ce qui motive les gens à trier ou, au contraire, ce qui les empêche de passer à l'action. C'est grâce à ça que nous pouvons, dans un deuxième temps, élaborer et tester des outils de communication convaincants et adaptés aux publics ciblés.

## CES OUTILS SE TRADUISENT COMMENT ?

Nous avons proposé une affiche représentant, pour susciter une émotion négative, une poubelle remplie de bouteilles en verre avec une phrase activant la norme sociale — « 88% des personnes vivant à Caen-la-mer affirment qu'il est utile de trier ses emballages en verre. » Cette affiche a également été déclinée en flyer derrière lequel on a ajouté des questions simples et ludiques relatives aux pratiques de tri du foyer et une carte des points d'apport volontaires les plus proches. Ces éléments rappellent la simplicité du geste de tri et redonnent confiance dans sa capacité de faire. Pour mesurer l'efficacité des stratégies que nous mettons en place sur le terrain, notre démarche est expérimentale. Elle obéit à une logique d'administration de la preuve et permet de comparer les effets de nos dispositifs de communication. Ainsi, nous avons accroché l'affiche dans certains immeubles et dans d'autres, nous l'avons associée à des flyers déposés dans les boîtes à lettres. Dans d'autres encore, nous n'avons rien fait. Grâce à la collaboration avec Biomasse Normandie, nous évaluons tous les mois le taux de remplissage des points d'apport volontaire pour vérifier si notre intervention a été efficace. De plus en plus d'acteurs publics font appel à notre laboratoire pour développer des programmes de recherche action liés à l'accompagnement au changement. Face à cette demande en hausse constante, nous proposons depuis trois ans un parcours de master « Psychologie sociale de l'intervention : audit & conduite de changement » dont ressortent des psychologues formés pour accompagner le changement.

Cécile Sénémeaud a présenté ce projet de recherche action lors du cycle de conférences « Vies d'ordures » organisé par la MRSH Caen Normandie à l'occasion de la Fête de la science.