

# PROTOTYPE OBJET PARTICULIER

A la découverte de l'innovation en Bourgogne Franche-Comté









**POP**  
Prototype-Objet-Particulier

LA MONTAGE LIMITEE  
PROTEGE LES COMPOSANTS LES  
PLUS PRECIEUX DU PROTOTYPE

NE PAS TOUCHER  
NE PAS  
S'ASSEOIR

# PROTOTYPE OBJET PARTICULIER

A la découverte de l'innovation en Bourgogne Franche-Comté

**atheneum, centre culturel de l'université de Bourgogne**

Du 15 novembre 2021 au 11 février 2022

Cet ouvrage a été conçu par la Mission Culture Scientifique, pôle culture de l'université de Bourgogne .

Textes de **Marie-Laure Baudement**, directrice du pôle culture et **Baptiste Cottard**, chargé des collections scientifiques et techniques et chercheur associé au LIR3S.

Photographies de **Vincent Arbelet**.

**Graphisme :** Gabriela Diamant et Nina Vivien  
**Maquettage :** Baptiste Cottard

<i>Recherche et innovation</i>	Vincent Thomas	5
<i>Avant-propos</i>	Marie-Laure Baudement	7
<i>Préface</i>	Baptiste Cottard	9

# SOMMAIRE

<b>1</b>	Un objet protéiforme	11
<b>2</b>	Un objet pas comme les autres	25
<b>3</b>	Prototype et société	35
<b>4</b>	Prototype et industrie	47
<b>5</b>	Après la recherche	57





VINCENT THOMAS, PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ DE BOURGOGNE

# RECHERCHE ET INNOVATION

La recherche scientifique est par nature liée aux découvertes et à la nouveauté. Les sciences évoluent grâce à l'ensemble des chercheurs et chercheuses mais aussi des ingénieur.e.s et des technicien.ne.s de laboratoire. Ce qui est moins connu du public est l'innovation technique et technologique que ces mêmes acteurs conçoivent afin de réaliser leurs expériences.

L'université possède de multiples plateformes et parcs instrumentaux dont les équipements sont d'un très haut niveau de précision. Ces derniers nécessitent souvent l'appui financier de la région, de l'Agence Nationale de la Recherche ou encore de l'Europe. Ce sont ces mêmes outils qui permettent aux universités d'accomplir les différents travaux et ainsi d'acquérir des champs d'expertise spécifiques. De la même manière, ces équipements tissent un lien étroit avec le monde industriel par le biais de prestations extérieures. Malgré cela, cette excellence technologique ne répond pas à tous les besoins des laboratoires. Des outils sont spécialement conçus pour mener les recherches à bien.

Qu'ils soient conçus au sein d'une seule et même équipe ou les fruits de coopérations interdisciplinaires, les prototypes permettent d'affirmer que l'université est un terrain propice à l'innovation. Certains d'entre eux franchissent même l'étape du brevet et de la commercialisation. Les exemples encore conservés datant des années 1960 donnent aujourd'hui tout leur poids aux innovations actuelles.

Durant cette année de célébration, cruciale dans l'histoire de l'université de Bourgogne, il est bon de rappeler que notre territoire, par ses nombreux centres de recherche, est depuis longtemps une terre d'excellence et de progrès. Les objets que nous vous proposons de découvrir dans ce catalogue nous montre que la relation entre recherche et innovation a encore beaucoup de choses à nous apprendre.

MARIE-LAURE BAUDEMONT, DIRECTRICE DU PÔLE CULTURE

# AVANT-PROPOS

## LES PROTOTYPES, DES OBJETS PARTICULIERS ?

L'université de Bourgogne, depuis qu'elle a rejoint le programme de sauvegarde du patrimoine scientifique contemporain (PATSTEC), initié par le musée des arts et métiers, a toujours souhaité mettre en avant les objets qui racontent une histoire particulière, celle de la recherche et de l'enseignement dans notre région. Cheffe de projet pour la région Bourgogne Franche-comté, nous avons voulu montrer l'histoire des équipes de recherche au travers d'objets étonnants, innovants et ce travail n'aurait pas pu être réalisé sans nos collègues de l'université de Franche-Comté, de l'INRAe, du CNRS.... chercheurs, techniciens, chargé de communication scientifique.... et l'appui de la Région Bourgogne Franche-Comté.

2022 est une année anniversaire pour notre université, 300 ans, c'est une opportunité pour mettre en scène les équipes de recherche. C'est aussi le moment de faire comprendre au grand public que le travail au sein des laboratoires est une affaire de personnes, de projets, d'erreurs et de découvertes.

L'exposition POP nous a permis de montrer certains items mais nous n'avions pas assez d'espace! Ce catalogue et le site internet dédié vous permettront de découvrir un large panel de prototypes , tous plus étonnants les uns que les autres. Ce n'est néanmoins qu'une partie de l'iceberg, au sein de laboratoires, chaque jour, de nouvelles idées surgissent et de nouveaux objets sont conçus... Belle découverte d'un monde insoupçonné !

**BAPTISTE COTTARD, CHARGÉ DES COLLECTIONS  
CHERCHEUR ASSOCIÉ AU LIR3S**

# PRÉFACE

Quels sont le rôle et la place des instruments dans la construction et l'évolution des sciences ? En quoi les prototypes sont-ils fondamentaux pour comprendre les recherches ? Voilà les questionnements auxquels tentent de répondre les travaux sur la sauvegarde du patrimoine scientifique.

Suite à des initiatives menées par quelques enseignants pour préserver ces objets de la destruction, la Mission Culture Scientifique perpétue aujourd'hui ce travail. Dans le cadre du réseau national PATSTEC (PATrimoine Scientifique et TEchnique Contemporain), une attention toute particulière se porte sur les objets et dispositifs innovants. Ces derniers, avant même d'appartenir au passé, deviennent un moyen de sauvegarder le savoir à la fois matériel et immatériel des laboratoires à l'échelle locale. Les champs d'expertise et les savoir-faire de chacun constituent ainsi le patrimoine de demain. Il s'agit, par ce travail, de mettre en lumière les supports et les connaissances qui forment les jalons de l'innovation dans le monde universitaire. La sauvegarde devient alors un travail de mémoire cumulative.

La prospection dans les laboratoires et les échanges avec les équipes de recherche sont nécessaires. Mettre en confiance ces acteurs, expliquer la nécessité de sauvegarder, faire prendre conscience de la valeur patrimoniale de ces outils. Ces missions s'effectuent sur un temps long et les liens tissés doivent être réactivés sans cesse. Si le travail réalisé pour cette exposition consacre celui mené par le passé, il deviendra sans nul doute un outil de sensibilisation pour l'avenir.

# UN OBJET PROTÉIFORME

Le prototype est souvent conçu pour pallier une lacune dans l'instrumentation existante ou parce que les instruments commerciaux ne sont pas suffisamment puissants ou précis voire pas adaptés aux conditions particulières requises pour l'expérimentation. Il peut, pour cela, prendre différentes formes.

Qu'il soit un montage inédit réalisé grâce à des pièces détournées, une combinaison de pièces commerciales et de pièces usinées sur place ou même entièrement fabriqué en interne, le prototype reste une pièce unique et originale. Il témoigne de l'ingéniosité des laboratoires. Avec les progrès technologiques, le prototype peut également perdre sa matérialité pour se diriger vers le tout numérique.





# OLFACT-EAU-MÈTRE

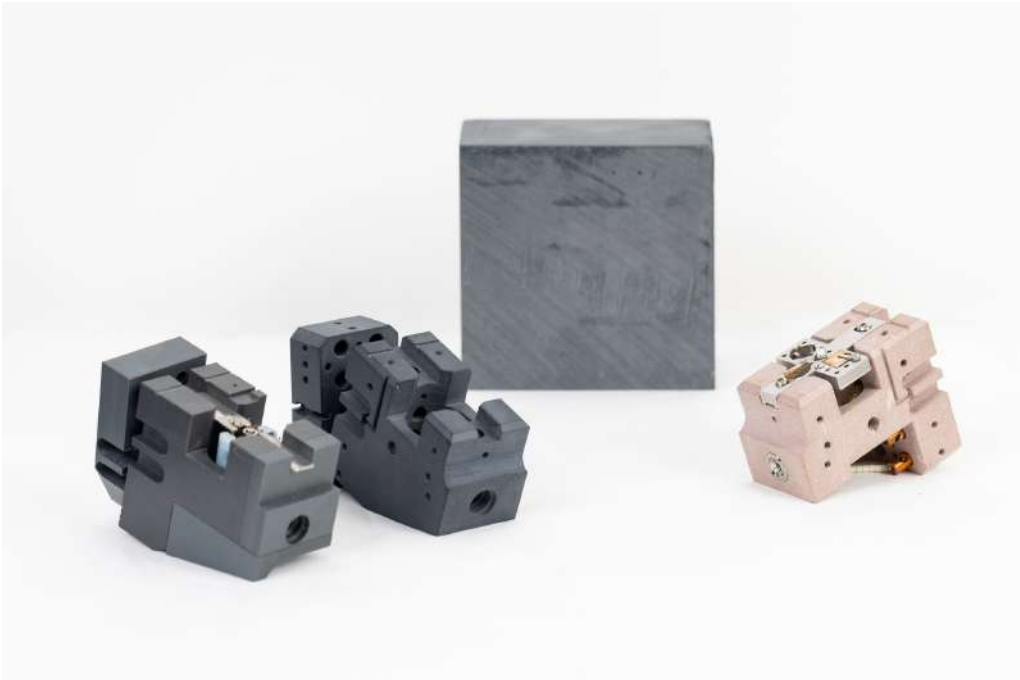
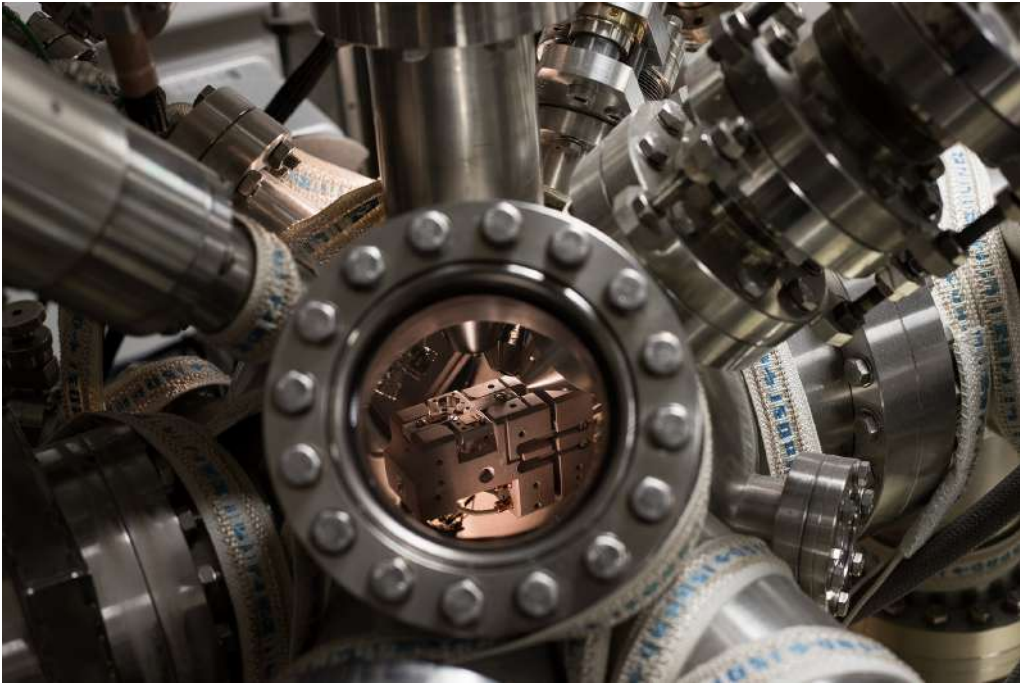
*Date : 2017*

*Inventeur : Sébastien Motreuil*

Conçu pour les besoins d'une expérience en écologie évolutive, cet appareil permet de tester le comportement d'organismes aquatiques mis au contact de différentes odeurs. Ici, ce sont les gammarès, petits crustacés présents dans les rivières françaises qui sont testés. Pour les besoins de l'expérience, certains spécimens sont sains, d'autres parasités.

Sous forme d'un Y, ce dispositif permet de faire circuler l'eau (40 mL/minute). Dans la première branche est diffusée une eau neutre, dans la seconde une eau marquée par une odeur de prédateur (poisson). En répétant l'expérience des centaines de fois, les chercheurs ont noté que la réaction des gammarès était différentes selon la présence ou l'absence de parasite. Les crustacés sains se réfugient dans la branche contenant l'eau neutre, les parasités, au contraire se dirigent rapidement vers la zone où l'odeur du poisson se trouve.

Ce système a permis d'établir que le comportement des gammarès parasités était modifié par le parasite (Acanthocépale), rendant son hôte suicidaire pour ses propres besoins de reproduction. Une fois ingéré par le poisson, le crustacé est digéré par les sucs digestifs alors que le parasite s'y développe.



# PORTE-ÉCHANTILLON ET STATION D'ACCUEIL

*Date : 2002 - 2003*

*Inventeur : Équipe d'Alexis Steinbrunn*

Pour l'étude des tubes cathodiques demandée par la société Thomson, une majorité des pièces du spectromètre a été usinée sur la plateforme Arcen Carnot. Pour ces analyses, un système de connexion et de maintien en position comprenant un porte-échantillon et une station d'accueil a été conçu sur place. Celui-ci est implanté dans l'enceinte de l'appareil par le biais d'une canne de transfert d'un mètre de long.

Suivant un cahier des charges précis, la réalisation de ce dispositif a nécessité plusieurs générations qui sont présentées ici. L'ensemble de ce module est réalisé pour tenir en situation d'ultra vide et à une chaleur d'environ 80°C.

Si la toute première maquette est aujourd'hui perdue, il reste ces maquettes en PVC et en stumatite\* ainsi que les plans de conception.

*\*La stumatite est une roche naturelle, issue de la Drôme, résistante aux chocs thermiques, avec une bonne tenue au vide, rapide à usiner et à moindre coût. Ces caractéristiques en font un matériau idéal pour la réalisation de prototype.*



LABORATOIRE ELLIADD, ÉQUIPE ERCOS

# SIMULATEUR DE CONDUITE POUR VOITURE AUTONOME

*Date : 2019-2020*

*Inventeur : équipe ERCOS (UTBM) / Inetum*

*Projet européen Horizon2020*

Cette application est le fruit d'une collaboration entre l'équipe ERCOS et l'entreprise privée Inetum, basée en Belgique. Il s'agit d'une interface homme-machine embarquée multi-canal (signaux graphiques, lumineux, sonores et vocaux). L'installation se compose essentiellement d'une tablette tactile installée sur le tableau de bord reliée à un logiciel de simulation via une carte électronique. Un an de développement et quatre versions ont été nécessaires pour la conception de cet outil qui a été testé sur un panel d'une quarantaine de sujets.

Ce simulateur permet une autonomie de type 3. Le véhicule propose au conducteur de prendre le contrôle quand l'environnement est parfaitement maîtrisé. Si elle permet de réaliser d'autres actions durant ce temps, le conducteur doit toutefois être vigilant et prêt à reprendre le contrôle à tout moment.

# EN QUÊTE DE RECONNAISSANCE DISCIPLINAIRE

Qu'en est-il dans le champ des Sciences Humaines et Sociales ?

Ne peut-on pas appliquer l'idée de prototypage à une théorie ?

Pour qu'une pensée puisse prétendre devenir un modèle à son tour, il lui faut s'inspirer des modèles existants, se développer par de multiples travaux de recherches et surtout se faire connaître. Ce schéma se retrouve dans la conception de prototypes provenant des sciences expérimentales. L'expérimentation et la phase de validation d'un nouveau modèle sont cependant plus complexes en SHS. Aucune donnée concrète ne permet de vérifier le bon fonctionnement d'un concept. Son utilisation comme modèle de pensée nécessite de longues années de légitimation grâce à des publications et des échanges professionnels.

Du premier ouvrage publié à la première journée d'étude consacrée à la néoténie linguistique, il s'est écoulé onze années. Une décennie durant laquelle enseignants-chercheurs et doctorants ont façonné les différents aspects de cette nouvelle théorie du langage à travers différentes cultures.

# NÉOTÉNIE LINGUISTIQUE

## EN 3 CONCEPTS-CLÉS

*Date : 2010 (premier ouvrage)*

*Inventeur : Samir Bajric*

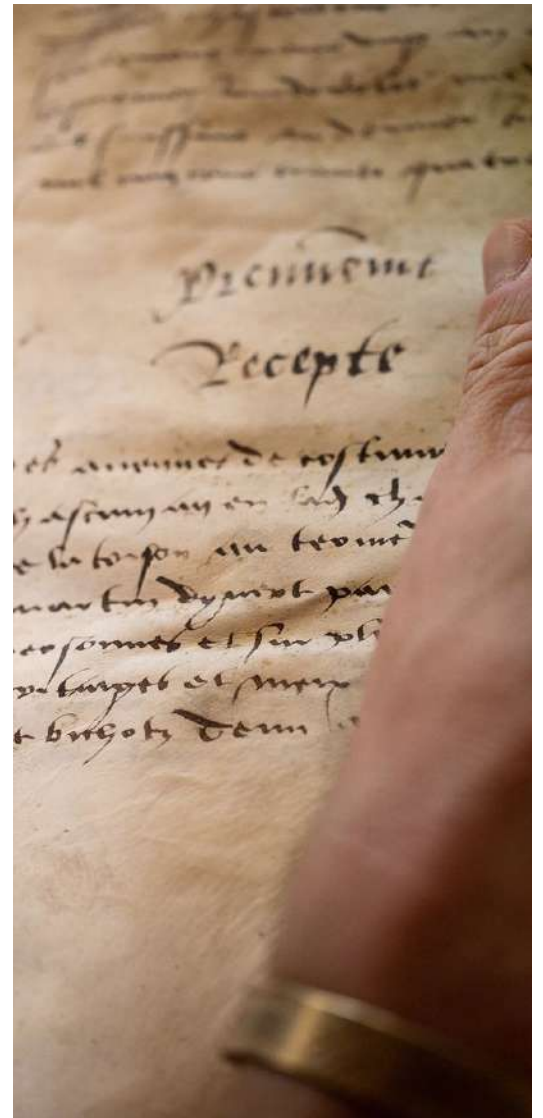
1. La néoténie est d'abord un phénomène biologique se caractérisant par la persistance dans le règne animal de stades juvéniles durant l'âge adulte. L'espèce illustrant la néoténie biologique est l'axolotl. Appliquée au langage, la néoténie souligne que le développement de l'être humain implique une appropriation de la langue pour atteindre un âge linguistiquement adulte, situé entre 10 et 12 ans. N'ayant pas toutes ses facultés dès la naissance et n'étant pas en mesure de manier une langue dans sa complétude, l'homme apparaît comme un locuteur inachevé.
2. En cela, le bilinguisme est perçu comme un acte contre nature. Les processus cognitifs étant différents dans chaque langue, l'être-locuteur construit sa vision du monde en fonction de son appartenance linguistique, comme à travers un prisme.
3. Il n'y a donc pas de simultanéité de deux langues en un seul être. Deux monolinguismes évoluent ensemble. Cela s'exprime ainsi : bilinguisme = monolinguisme + monolinguisme.





**“L’interdisciplinarité,  
c’est élargir les  
réflexions, changer  
les angles de vue  
sans renier la  
discipline initiale”**

Martine Clouzot, professeure et chercheuse en histoire  
médiévale



# RECHERCHE SUR LES MANUSCRITS DES DUCS DE BOURGOGNE : HISTOIRE D'UN PROJET INNOVANT

Depuis quelques années, les sciences humaines et sociales interagissent progressivement avec les sciences expérimentales et le numérique. La transdisciplinarité offrant une vision plus complète et complexe d'un même sujet.

Des doctorant.e.s des universités de Bourgogne, Franche-Comté, Paris I et Anvers encadré.e.s par des enseignants-chercheurs\* étudient le gouvernement, la cour, la création artistique et la société dans l'aire géographique des duchés de Bourgogne et de Bourbon, du XIIIème au XVème siècle. Rassemblés dans un groupe d'étude spécialisé, ces acteurs font avancer la recherche en histoire médiévale par le biais de méthodes innovantes. L'objectif est de créer des interfaces entre les savoirs du passé et les expérimentations du présent.

*\*Ces recherches sont menées par Martine Clouzot et Christophe Nicolle (université de Bourgogne), Corinne Beck (université de Valenciennes) et Olivier Matteoni (Paris I) et des doctorant.e.s suivants : David Bardey et Rudi Beuland, Maïwenn Jouquand, Baptiste Rameau (ArTeHiS), Lucie Jardot (Paris I), Albane Lesouple (ArTeHiS - université d'Anvers), Thomas Roy (MSH Tours)*

Dans le cas de l'histoire et de l'histoire de l'art médiéval, les manuscrits sont des ressources inestimables de savoirs. Après les écrits et les enluminures c'est le parchemin, matériau principal de ces ouvrages exceptionnels, qui fait l'objet de multiples analyses. Les laboratoires de biologie, de biochimie ou encore de génétique réalisent des études parfois très précises sur ces témoins du passé. L'objectif est d'ouvrir un nouveau champ de connaissances tout aussi utile aux médiévistes, celui de la matière. Les techniques telles que la spectrométrie de masse, les analyses isotopiques et microscopiques permettent l'acquisition de données qui pourront, par la suite, être croisées avec celles acquises par les historiens. Ainsi, par ces analyses, il est possible de connaître la race, l'âge, la provenance et la nourriture consommée par l'animal mais aussi les traitements subis par la peau lors de sa préparation.

Influencés par les recherches menées par les universités de York (Matthew Collins) et de Dublin (Dan Bradley), des chercheurs de l'université de Bourgogne ont lancé en août 2021 les premières études\* sur un parchemin créé à la cour des ducs de Bourgogne.

Ce projet d'analyse est l'occasion de multiplier les collaborations notamment avec Ludovic Orlando, chercheur en anthropobiologie et génomique de l'université de Toulouse.

\*Études menées par Martine Clouzot (ArTeHiS / MSH), Eric Bourillot et Eric Lesniewska (Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne).

Le domaine de l'intelligence artificielle peut lui aussi investir les sciences humaines et sociales pour développer des outils d'analyse innovants. Le laboratoire Connaissance et Intelligence Artificielle Distribuées\* travaille avec le groupe d'études Bourgogne pour concevoir des dispositifs numériques d'étude et de représentation.

A ce titre, nous pouvons citer le projet Illuminations 3.0, outil d'ingénierie des connaissances pour les historiens médiévistes. Si adapter la complexité du langage artistique à la logique d'un système informatisé paraît difficile, deux chercheurs et leurs équipes ont relevé le défi en créant ici un répertoire sémantique normé. Chargés de sens, tous les détails présents sur les enluminures interagissent entre eux et évoluent en fonction du contexte dans lequel ils se trouvent. C'est pourquoi, partant des manuscrits de la cour du duc de Bourgogne Philippe le Bon, ce projet analyse l'ensemble de ces représentations (objets, personnes, positions) pour en souligner le contenu symbolique. Ces relations entre signifié (objet) et signifiant (valeur qu'il incarne) sont ainsi codifiées dans un répertoire de termes définis dans lequel les différentes associations possibles révèlent le sens dans un contexte précis.

\* *Christophe Nicolle, directeur du laboratoire, et son équipe*



# UN OBJET PAS COMME LES AUTRES

Le prototype met en avant les gestes de la science, conciliant méthodologie expérimentale et savoir-faire technique. Ces gestes sont ceux des ingénieurs et des techniciens fabriquant des pièces sur-mesure et ceux des chercheurs expérimentant les prototypes ainsi réalisés. C'est un dialogue permanent qui se noue au sein des équipes des laboratoires. Tester, mettre à l'épreuve, réajuster si besoin en fonction des résultats obtenus. Toutes ces phases permettent de répondre également, dans certains cas, aux consignes d'un cahier des charges précis. L'objectif étant de rendre le dispositif le plus exploitable possible, qu'il soit commercialisé par la suite ou non. Il peut également devenir parfois un objet d'apprentissage quand il est co-construit avec des étudiants. Jean-Claude Beaune affirme que "l'objet technique est bouillonnant d'action, de production, de vie". C'est particulièrement le cas du prototype. Il apparaît comme la matérialisation de la recherche en cours et garde la trace des pratiques, savoir-faire et connaissances.



# PROTOTYPE POUR VOL PARABOLIQUE

*Date : 2018-2019*

*Inventeur : Équipes d'Olivier White (CAPS) et de Jan Babic (Jožef Stefan  
Institute - Ljubljana - Slovénie)*

Conçu pour les travaux de thèse de Marie Barbiero, ce prototype est le résultat d'un long travail de conception suivant un cahier des charges précis fourni par le CNES (Centre National d'Etudes Spatiales). Le set-up se compose d'un siège, d'un ordinateur à écran tactile, de deux moteurs (ici absents) reliés à un accéléromètre et d'un système d'attache entourant le poignet du sujet.

Le vol parabolique alterne différentes conditions : vol horizontal (1 G), hypergravité (2 G) et apesanteur (0 G). Durant l'expérience, le sujet doit pointer à l'aide d'un stylet une cible mouvante présente sur l'écran tactile alors que l'avion alterne ces différentes phases. Le système d'attache permet d'alléger ou d'alourdir le bras afin de compenser les effets du vol. Testé à bord d'un Airbus 310 Zéro-G, durant plusieurs vols paraboliques, ce prototype a été utilisé pour analyser l'effet des changements de gravité (0G, 1G, 2G) sur la force de préhension entre pouce et index et la contraction du muscle du bras. Il s'agit de l'analyse de la cinématique du mouvement.





INRAE DIJON - UMR AGROÉCOLOGIE

# PROTOTYPES POUR SYMBIOSE MYCORHIZIENNE

*Date : 2013 (version plastique), 2019 (version inox)*

*Inventeur : Équipe de Pierre-Emmanuel Courty*

*Fabricant : AC Concept (version inox)*

Ces deux objets sont deux versions d'un seul dispositif d'analyse de la symbiose mycorhizienne. Ils représentent la version Bêta, la première version réalisée et la version finalisée et fabriquée par un industriel. Conçus pour les expériences réalisées à l'UMR agroécologie de l'INRAe, ces prototypes permettent d'étudier la symbiose appelée "mycorhization" entre les racines d'une plante et les champignons présents dans le sol. Il s'agit d'une relation donnant-donnant permettant aux champignons d'assimiler les résidus relâchés par la plante après sa photosynthèse, profitant en retour de l'apport hydrique et minéral dont elle a besoin.



# TRA-3D

*Date : depuis 2017*

*Inventeurs : Frédéric Cointault, Anthony Laybros (Institut Agro Dijon)*

*Co-inventeurs : Marielle Adrian, Sophie Trouvelot et Lucile Jacquens (Institut de la Vigne et du Vin)*

*Initié dans le cadre du projet Iris +*

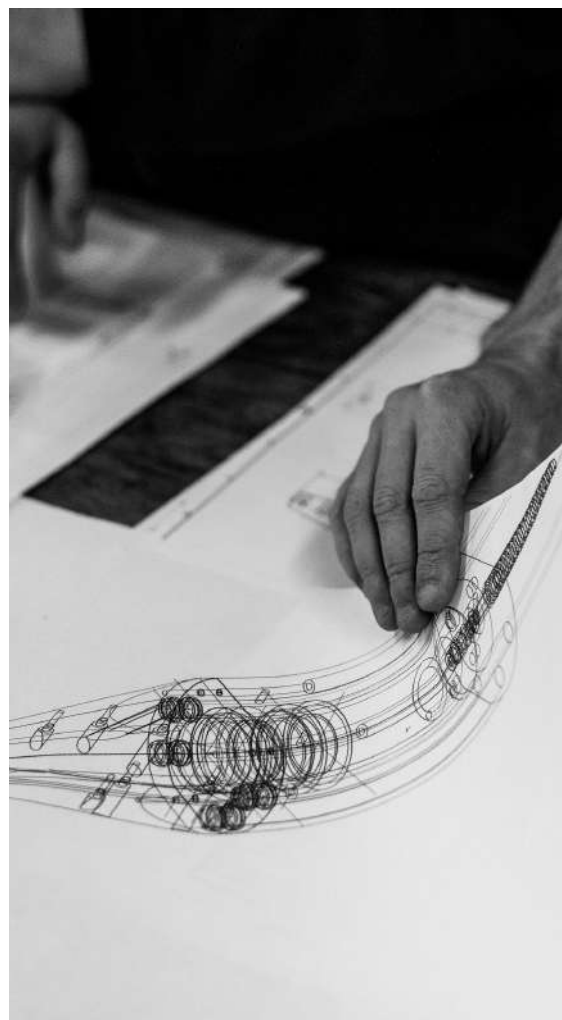
Ce dispositif est un prototype de phénotypage (caractérisation morphologique) de vitroplants de vigne et de reconstitution en 3D. Le tube de culture, contenant le vitroplant (avec racines visibles), est inséré dans un système rotatif. Durant l'expérience, le tube tourne automatiquement tous les deux degrés permettant ainsi d'obtenir 180 images du tube à différents angles. La reconstitution 3D du plant est possible grâce à un logiciel spécifique provenant du commerce. La modélisation ainsi obtenue permet d'évaluer le volume de végétation (racines et parties aériennes) développée, paramètre inaccessible autrement.

Encore à l'état de développement, le système TRA-3D a fait l'objet d'un projet d'amélioration mené par des étudiants de l'IUT génie mécanique de Dijon. Sous la direction de leurs professeurs et encadrés par les chercheurs, les étudiants ont travaillé à la conception de certaines pièces du prototype tout en suivant un cahier des charges précis. Cette co-conception pluridisciplinaire fait de ce prototype de recherche un objet didactique.



**“Nous sommes les  
hommes  
préhistoriques de  
la technique”**

Emmanuel Couqueberg, technicien recherche et  
formation, plateforme Arcen Carnot - laboratoire ICB



Les universités de Bourgogne et de Franche-Comté possèdent encore aujourd'hui plusieurs ateliers de fabrication dans lesquels travaillent des techniciens aux savoir-faire précis. Ces agents sont la force vive d'un laboratoire. Beaucoup d'entre eux sont, par leur formation, spécialisés dans un domaine précis comme le soudage, le tournage ou encore le fraisage. Cette multitude de spécialisations fournit au laboratoire la richesse nécessaire à la conception / réalisation des prototypes ou encore à l'adaptation d'instruments commerciaux.

Les matériaux, leur manière de réagir aux différentes conditions, leur robustesse ou leur malléabilité, l'ensemble de ces connaissances acquises avec l'expérience forment le savoir-faire de ces ateliers techniques. La mémoire de la main et le savoir qui en découle sont précieux pour répondre au mieux aux besoins de l'expérimentation.

Le schéma de l'innovation au sein de ces ateliers diffère cependant d'une structure à une autre. Certains ingénieurs d'études conçoivent les plans tandis que la construction est effectuée par un technicien. Dans d'autres cas, les ingénieurs sont responsables de la conception et de la réalisation des dispositifs innovants. Parfois ce sont les techniciens qui travaillent en concertation et en collaboration directe avec les chercheurs pour connaître les besoins.



# PROTOTYPE ET SOCIÉTÉ

La valeur scientifique d'un prototype n'est pas perceptible de la même manière s'il est développé en recherche fondamentale ou en recherche appliquée. Même si tous les outils développés ont une utilité pour l'avenir, certains d'entre eux répondent plus directement aux enjeux de notre société actuelle. Cela est particulièrement le cas d'un prototype développé dans les domaines de la santé, de la médecine, de l'écologie ou encore de l'énergie. En plus d'apporter des éléments concrets à une question de société, le prototype peut aussi être mis à la disposition du public. L'Open source permet ainsi à chacun, dans le respect de la propriété intellectuelle, d'appliquer et de s'approprier le dispositif créé par un laboratoire de recherche.





# LUNETTES POUR DÉFICIENTS VISUELS

*Date : 2019-2021*

*Inventeur : Maxime Ambard, Camille Bordeau, Florian Scalvini*

Après un premier essai réalisé en 2019, cette paire de lunettes seconde génération a été conçue pour aider les déficients visuels à se déplacer dans l'espace. Le devant est équipé d'une caméra frontale. A l'intérieur, un ordinateur miniature transforme l'information visuelle en information sonore. Une première étape consiste à analyser le flux vidéo pour ne conserver que les informations spatiales essentielles à l'évitement. Une seconde étape consiste à construire une représentation sonore des informations qui ont été conservées.

Cette construction sonore s'appuie sur une spatialisation gauche-droite du son doublée d'un encodage fréquentiel permettant de représenter la position de l'objet vis-à-vis de l'axe vertical du champs de vue de la caméra. Plus un objet se trouve sur la droite, plus il sonnera fort dans l'oreille droite. Plus il est en haut plus il est associé à une tonalité aiguë. La proximité de l'objet (0 à 5 m) est quant à elle encodée par l'intensité du son et par l'ajout d'un effet de grésillement. Plus l'obstacle se rapproche, plus le signal s'amplifie et devient grésillant. Ces lunettes ont été pensées non comme un remplacement mais un complément à la canne blanche utilisée traditionnellement.



# MOTEUR STIRLING FEMTO-60

*Date : 2020*

*Inventeur : Équipe de François Lanzetta*

Le moteur Stirling a été inventé en 1816 par le révérend Robert Stirling. Cette machine a été utilisée la première fois en tant que moteur fonctionnant à l'air pour convertir la chaleur de la combustion du bois ou du charbon en énergie mécanique afin de l'utiliser en pompe à eau. Ce n'est que vingt ans plus tard que son cycle est inversé pour produire du froid.

Le moteur Stirling a connu un fort développement durant la première moitié du XXème siècle (transport automobile, production d'électricité). Du fait de son efficacité, sa capacité à utiliser n'importe quelle source de chaleur externe, il représente désormais un enjeu écologique important : utilisation multi-sources d'énergie dont le solaire et la récupération de chaleurs perdues, le silence de fonctionnement, le haut rendement (35% à 40% dans l'automobile). De plus, et c'est le grand intérêt de cette technologie, une machine Stirling peut également fonctionner en réfrigérateur.

Le FEMTO 60 a été réalisé en partenariat avec la société Orange, partenaire du projet avec comme objectif principal la réalisation d'un groupe électrogène pour les antennes relais. Le laboratoire FEMTO-ST conçoit et développe des applications Stirling pour la cogénération et la production de froid sans fluide frigorigène.

Ce type de machine fait l'objet de nombreuses publications.



CGFL - DÉPARTEMENT MÉDECINE NUCLÉAIRE / LABORATOIRE IMVIA

# MICRO TEP-IRM SIMULTANÉE

*Date : 2010-2024*

*Inventeur : Projet IMAPPI (chef de projet : Alexandre Cochet, François Brunotte)*

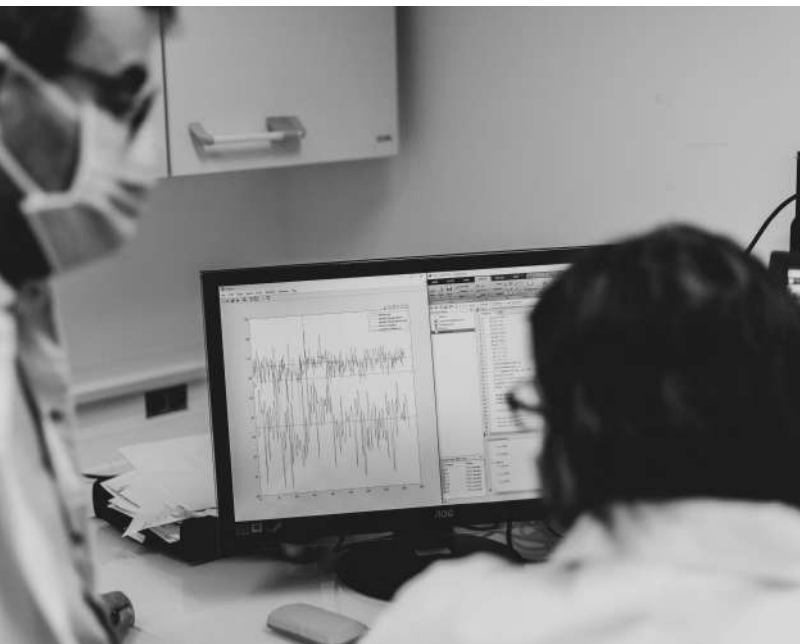
*Fabricant : MR Solutions Ltd*

*Partenaire(s) : CNRS, Fondation de coopération scientifique BFC, Pharm'Image, Région BFC*

Ce prototype au format compact permet de réaliser simultanément deux examens : l'IRM (Imagerie par Résonance Magnétique) et TEP (Tomographie par Émission de Positons). Ces examens apportent des informations médicales hautement complémentaires pour le diagnostic et le traitement des cancers.

Il a fallu plus de dix ans de développement à l'équipe d'IMAPPI pour parvenir à intégrer l'électronique complexe de la TEP au sein du champ magnétique intense de l'aimant d'IRM. La troisième et dernière phase du projet a été entièrement menée à Dijon. Outre l'assemblage final, la calibration et le réglage fin du prototype, elle a permis sa validation sur des organes factices (appelés fantômes) et la vérification de l'absence d'interférences entre IRM et TEP lors des examens simultanés.

L'avancée technologique offerte par ce prototype a été reconnue au niveau international. Il est maintenant commercialisé et permet de tester de nouvelles procédures d'imagerie médicale avant leur mise en œuvre sur l'être humain.



**“L’IA ne nous  
remplace pas nous  
les médecins, elle  
nous aide”**

Patrick Callier, directeur du laboratoire de génétique  
chromosomique et moléculaire (CHU Dijon)



# IA ET SANTÉ . UN DOMAINE INNOVANT

L'intelligence artificielle est aujourd'hui un domaine omniprésent dans notre vie quotidienne. Elle investit également depuis quelques années le champ de la médecine à l'aide de dispositifs rigoureusement contrôlés. Elle est au carrefour d'enjeux juridiques primordiaux tels que la bioéthique et la préservation de la garantie humaine.

L'université de Bourgogne, par le biais de l'UFR sciences de santé de Dijon et le CHU, s'implique avec beaucoup d'intérêt dans ce domaine en pleine expansion. Ainsi un diplôme universitaire "IA Santé" est proposé depuis octobre 2020 pour aider les étudiants et professionnels de santé à répondre aux besoins du terrain. D'autres formations seront proposées très prochainement. La même année, le CHU engage le premier médecin spécialiste en intelligence artificielle de France dans le laboratoire de génétique chromosomique et moléculaire du Pr Callier. Ce laboratoire s'équipe d'un système de classification autonome des chromosomes pour l'analyse des caryotypes, développé par la société *MetaSystems*.

L'innovation dans le domaine de la santé est importante pour la région qui a lancé en juin 2021 le technopôle *Santenov* présidé par le doyen de l'UFR de santé.





# DATATHONS IA SANTÉ

*Date : avril 2020 & avril 2021*

*Initiateur et organisateur : Patrick Callier (directeur du laboratoire)*

*Partenaire(s) : Dijon métropole, CHU, CGLF, CESI Ecole d'ingénieurs, ESEO, ESIREM, Université de Bourgogne et ses laboratoires, Cpage, UMDPC Santé, Cloud AZUR et AWS*

Les datathons Datacare IA santé initiés et organisés par le Pr Callier du CHU de Dijon se sont déroulés sur deux séances de trois jours courant avril 2020 et avril 2021. Ces actions avaient pour objectif la co-réflexion sur des problèmes de santé par le prototypage de dispositifs numériques et d'intelligence artificielle. Chaque séance rassemblait des enseignants-chercheurs, des praticiens, des étudiants en médecine et des ingénieurs autour de plusieurs défis animés par des porteurs de projet du DU IA Santé. En 2020, trois défis ont été réalisés autour de la Covid-19 (ScanCovid-IA, CoioT-19, COVIDrug-19). L'année d'après, ce sont cinq défis qui ont permis de prototyper des dispositifs toujours en lien avec le virus (Genetic Search engine Covid19, IRM Cardiovasculaire IA, Drug Design, Robot Covid19 guidance, REA IA Data). Tous ces défis peuvent être réunis sous quatre grandes thématiques spécifiques où l'IA a désormais sa place : le traitement des données, l'imagerie médicale, le drug design et l'aide au diagnostic et à l'accompagnement.



# PROTOTYPE ET INDUSTRIE

La recherche se déploie parfois à un niveau qui dépasse la collaboration interne. S'intéresser au prototype amène à explorer les relations entre entreprises, industriels et laboratoires. Ces rapports sont multiples et à double sens : commercialisation de produits conçus dans les laboratoires et commandes par des industriels auprès des équipes scientifiques. Cela rend possible par la même occasion des programmes de recherche donnant aux entreprises un accès aux avancées techniques et scientifiques. Si cela reste une démarche plutôt rare, le prototype peut également faire l'objet d'un dépôt de brevet. Cette reconnaissance est le fruit d'un processus long nécessitant plusieurs versions afin d'aboutir à un produit satisfaisant et industriellement réalisable. Plus généralement, le prototype est protégé par un transfert de savoir-faire, une homologation ou reste alors accessible à tous.



# RHIZOTUBE

*Date :2012*

*Inventeur : Équipe de Christophe Salon*

*Fabricant : Inoviaflow*

Breveté par l'INRAe en 2012, ce prototype dans sa version finale a été développé en concertation avec la société Inoviaflow. Le RhizoTube est un contenant de culture permettant grâce à sa double paroi de visualiser et d'étudier de manière non invasive le développement racinaire des plantes. Les graines sont déposées dans la partie haute du dispositif. Les racines se développent entre la paroi extérieure transparente et un tissu bleu les isolant du sol mais perméable aux éléments nutritifs. Les plantes sont systématiquement cultivées sous un environnement entièrement contrôlé et automatisé. Utilisés en grand nombre lors d'expérimentations menées dans les serres de phénotypage, les RhizoTubes font l'objet de prises d'images dans plusieurs longueurs d'ondes et ce, tout au long de la période de culture. Les images obtenues permettent d'accéder au phénotype des plantes. Il s'agit d'une caractérisation précise (taille, couleur, forme, activité) des racines et parties aériennes. Ces caractéristiques sont ensuite mises en relation avec des indicateurs de "performance" (par exemple en lien avec leur résistance à des stress hydriques, thermiques ou des carences...) afin de pouvoir sélectionner les plantes (variétés, espèces) les plus intéressantes dans une démarche agroécologique.



# PEAU ACTIVE 1 & 2

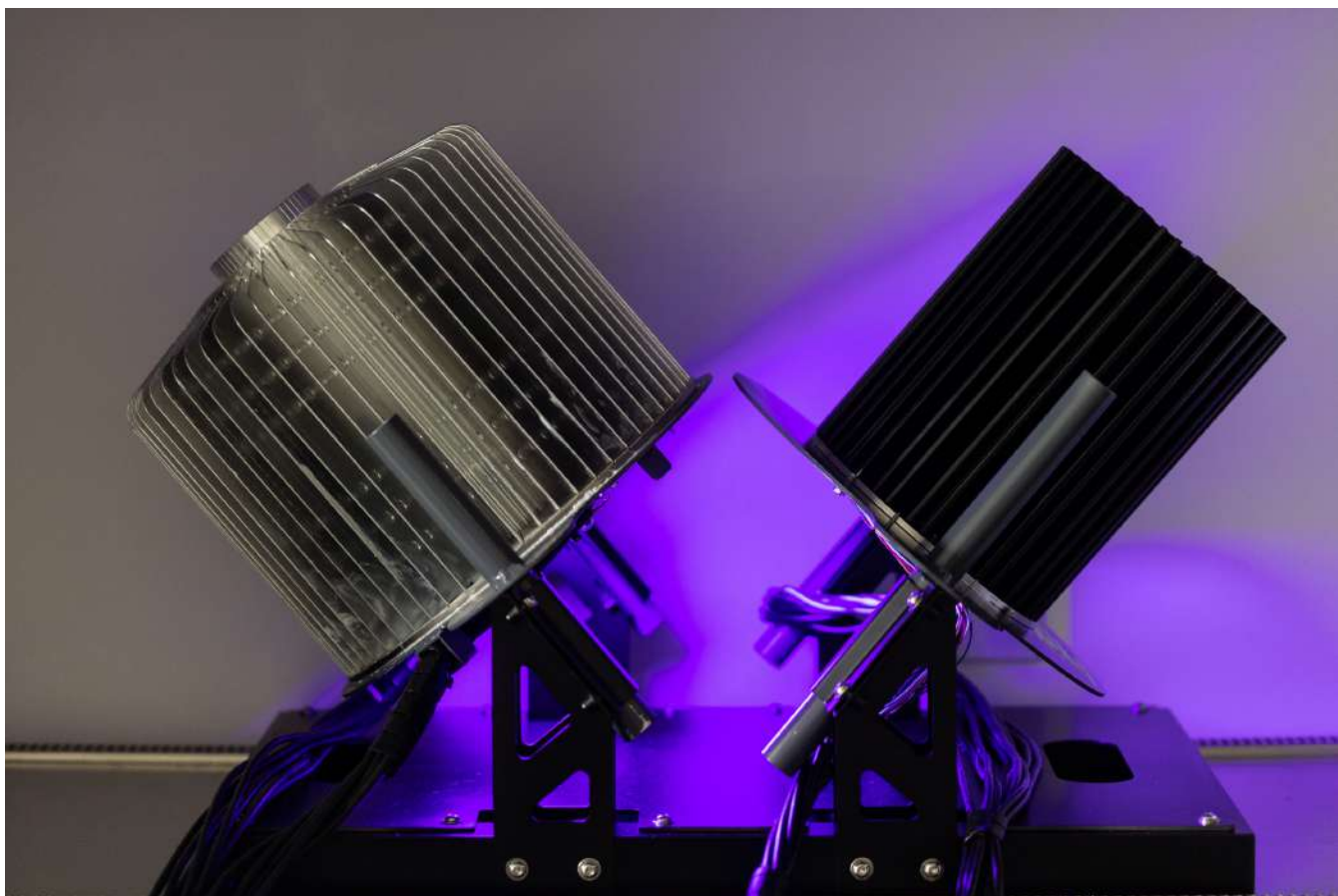
*Date :2009*

*Inventeur : Manuel Collet, Morvan Ouisse et équipe D. Smart*

Inspiré des systèmes actifs anti-bruit (Active Noise Control ANC), ce prototype est un système décentralisé constitué d'un réseau de cellules individuelles intelligentes et actives. Chacune d'entre elles possède à la fois microcontrôleur, capteurs (microphones), actionneurs (haut-parleur) et amplificateur. Ce dispositif est piloté par une stratégie de contrôle numérique permettant l'absorption des ondes acoustiques interceptées par cette surface active et ainsi de réduire le niveau sonore de ces ondes. La stratégie utilisée pour le contrôle permet également de limiter la propagation des ondes dans une direction, tout en autorisant leur passage dans l'autre sens. Ce prototype (1ère et 2ème générations) a été conçu en combinant des modèles mathématiques, des modélisations numériques de la physique et des stratégies des domaines de l'automatique et de l'électronique. Ce système de contrôle distribué ainsi que la méthodologie de stratégie de contrôle marquent des innovations dans le champ de recherches en acoustique. Les études dans ce domaine au sein de FEMTO-ST sont désormais appliquées à l'industrie aérospatiale à travers le programme SALUTE (Smart Acoustic Lining for UHBR Technologies Engines)\*.

\*Le projet SALUTE a reçu des fonds de Clean Sky 2 et du projet européen de recherche et d'innovation Horizon 2020 (convention N° 821093).





# DÉSINFECTION PAR LA LUMIÈRE

*Date : depuis 2012*

*Inventeur : Équipe de Laurent Beney et Sébastien Dupont*

*Fabricant : Société Pholia*

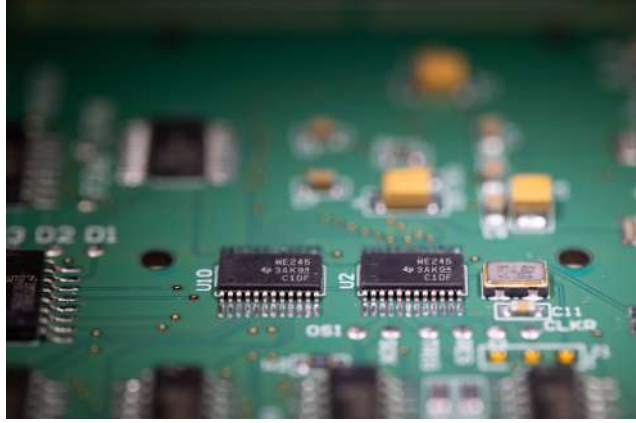
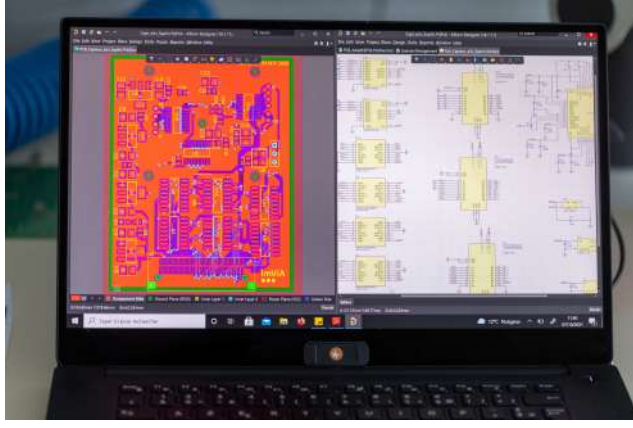
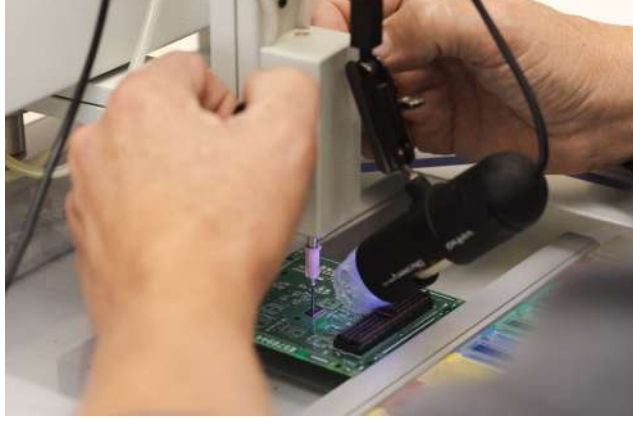
*Programme Sayens IDLux et programme ANR GreenDeconta*

Le principe de désinfection par la lumière est connu depuis plus d'un siècle. La lumière excite des molécules présentes chez certains micro-organismes, provoquant une réaction avec l'oxygène et entraînant l'oxydation de ceux-ci. Ce prototype permet désormais d'éliminer un très grand nombre de micro-organismes par une intensité lumineuse concentrée dans seulement quelques longueurs d'ondes. Développé depuis 2012, cet instrument en est aujourd'hui à sa quatrième version (2021). Il se compose d'une enceinte cylindrique équipée d'un dispositif d'illumination de 400 LED de couleur bleue, qui pendant l'expérience, est directement pointé sur l'échantillon.

L'objectif est de décontaminer des aliments ou des surfaces afin de les protéger et de les conserver en limitant le développement de micro-organismes d'altération ou pathogènes (moisissure, bactéries). A long terme, l'idée pourrait remplacer l'usage de pesticides, du champs de culture à l'assiette du consommateur. La durée actuelle de traitement est de l'ordre de la minute et pourrait bientôt être réduit seulement à quelques secondes en augmentant la puissance d'illumination.

L'utilisation de longueurs d'ondes précises à fait l'objet d'un brevet déposé en janvier 2020 sous le nom de « Procédé d'élimination de micro-organismes présents et/ou à la surface d'un matériau à décontaminer » actuellement exploité par la société Pholia.

# PLATEAU TECHNIQUE MUTUALISÉ DE PLACEMENT, SOUDURE DE COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES - PLATEFORME PIMFORM (IMVIA)



# UNIVERSITÉS : EXPERTISE TECHNOLOGIQUE

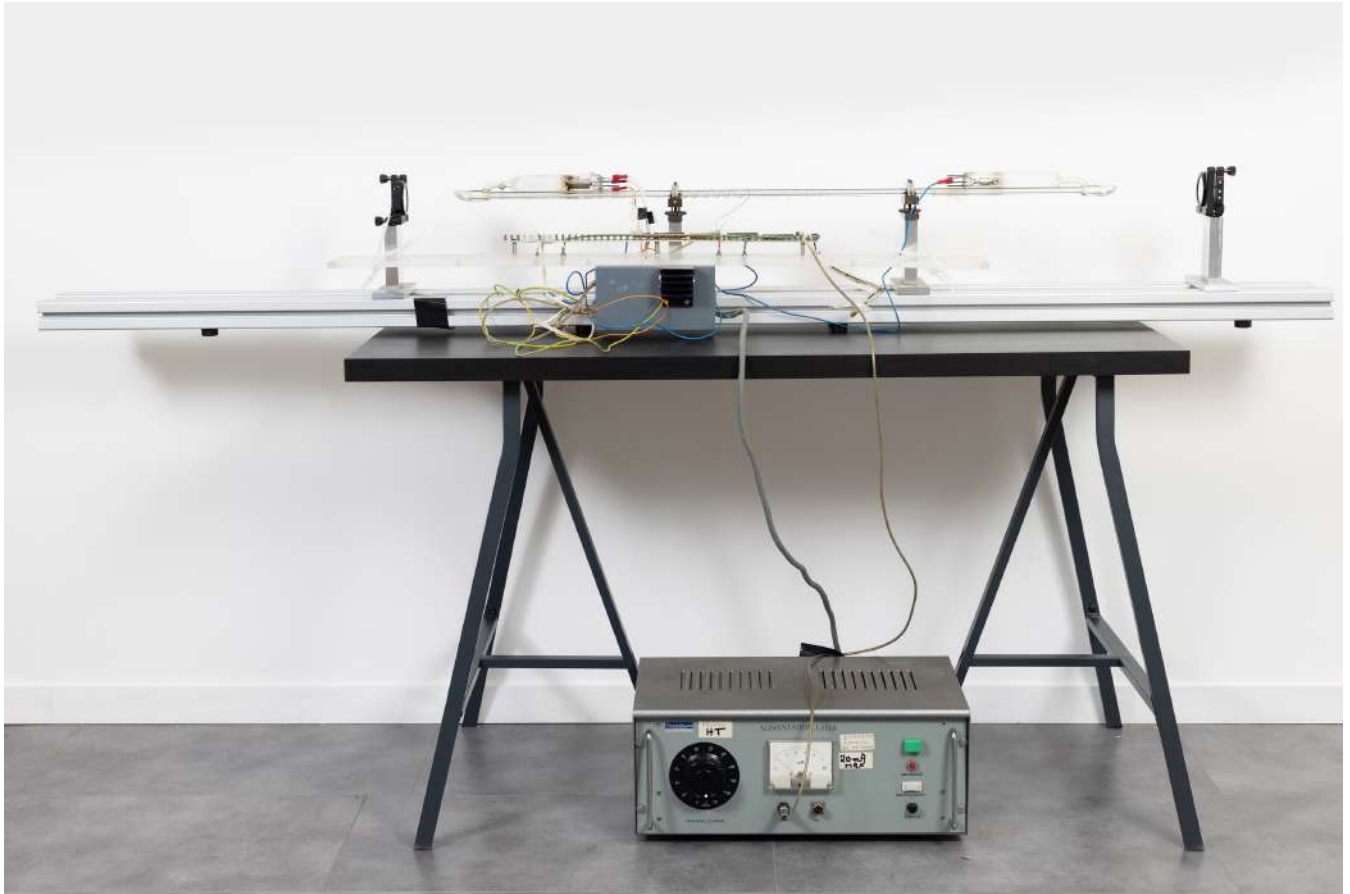
L'ensemble des acteurs de la communauté de la recherche est, grâce à ses savoir-faire, ses connaissances précises et ses travaux, un vivier pour l'expertise scientifique. A cela s'ajoutent des parcs instrumentaux très performants grâce auxquels les expériences sont rendues possibles. Les universités possèdent également de nombreuses plateformes spécifiques permettant d'innover et de tester certains dispositifs ou expériences. Ces installations de grands formats pour certaines sont une ressource exceptionnelle pour les laboratoires et centres de recherche. Elles permettent à la recherche universitaire de tisser des liens étroits avec le monde de l'industrie. Ces instruments et dispositifs, souvent coûteux, profitent ainsi aux entreprises qui n'ont pas les moyens financiers ou la nécessité sur le long terme de se les procurer. Ainsi les chercheurs, les ingénieurs et les techniciens procèdent à des tests et à des expériences pour les industriels. C'est ainsi que naissent également des collaborations plus pérennes pour le développement de prototypes en partie financés par les sociétés privées.



# APRÈS LA RECHERCHE

Les découvertes faites à l'aide du prototype nouvellement créé font souvent l'objet d'une publication dans les revues spécialisées. L'objet y est alors décrit, soulignant comment il a pu aider à obtenir les résultats. Après cela, si le prototype n'est pas breveté et commercialisé, sa durée de vie est raccourcie. Certains de ces composants peuvent être récupérés pour leur valeur financière ne laissant que des carcasses (cannibalisation). Dans d'autres cas, l'instrument peut être ré-employé ou alors détruit.

Comment dès lors retracer son histoire, son vécu ? Associer les concepts « patrimoine », « culture » et « recherche scientifique » n'est pas une évidence. Alors que le patrimoine est associé au passé, la recherche est par vocation tournée vers l'avenir et l'innovation. Pourtant, les laboratoires et leurs travaux sont également porteurs d'un patrimoine matériel et immatériel en devenir. C'est ce que le programme PATSTEC se propose de sauvegarder. Dans d'autres cas, les recherches scientifiques et l'innovation peuvent intégrer les expérimentations artistiques devenant ainsi des éléments clés de la production d'oeuvres.



FEMTO-ST - DÉPARTEMENT OPTIQUE

# LASER À GAZ HÉLIUM NÉON

*Date : 1967*

*Inventeur : Jacques Pasteur et Jean-Pierre Prenel*

Conçu par Jean-Pierre Prenel alors étudiant et Jacques Pasteur, ce laser à gaz succède aux premières générations de laser solides de type laser à rubis. Ce laser est l'un des nombreux représentants de la longue histoire du laser en Franche-Comté. Alors que le principe du laser est inventé aux États-Unis en 1960, il devient un domaine d'expertise de la région seulement un an après. Besançon est par ailleurs la première ville de France à travailler sur cette technique au niveau académique. Le laboratoire FEMTO-ST est aujourd'hui internationalement reconnu pour ses projets et ses innovations, notamment en optique et photonique. Toujours conservé dans le laboratoire, le laser fut utilisé en travaux pratiques jusque dans les années 2000 pour sa valeur pédagogique.





LABORATOIRE INTERDISCIPLINAIRE CARNOT DE BOURGOGNE

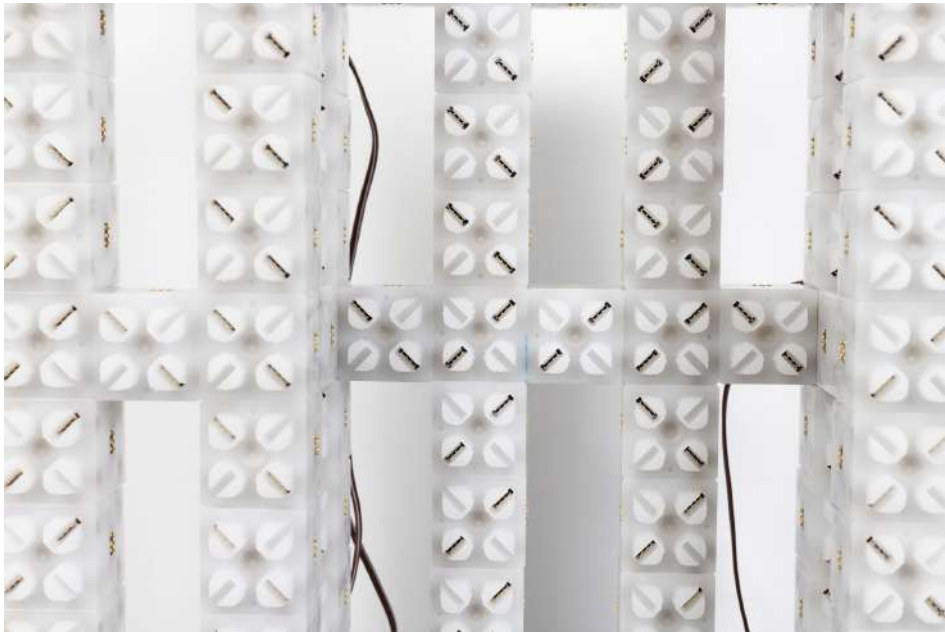
# PYCNOMÈTRE

*Date : 1965*

*Inventeur : Norbert Gérard*

Conçu et réalisé par N. Gérard en 1965, ce pycnomètre est breveté deux ans plus tard sous le nom de “Nouvel appareil pour détermination des masses volumiques”. Il sera dans les années d’après commercialisé par la société Prolabo. Celui-ci permet de mesurer la masse volumique d’un échantillon cristallin sous forme de poudres. En raison de la nature altérable à l’air libre des produits analysés, les techniques de mesure classique ne fonctionnent pas. C’est pourquoi il est nécessaire pour les échantillons pulvérulents de travailler sous vide. C’est ce qu’il est possible de faire pour la toute première fois grâce à ce prototype.

Ce pycnomètre est le témoin de la recherche en chimie des solides durant les années 1960 à l’université de Dijon (Laboratoire de recherche sur la réactivité des solides, ancien nom de l’ICB).



LABORATOIRE FEMTO-ST/ SCENOSCOSME

# REACTIVE MATTER

ŒUVRE COMPORTEMENTALE INTERACTIVE LUMINEUSE ET SONORE

*Date :2021*

*Artistes : Scenocosme - Grégory Lasserre & Anaïs met den Ancxt*

*Inventeur : Équipe de Julien Bourgeois et Benoît Piranda*

*Reactive Matter* est une sculpture interactive comportementale réalisée à partir de matière programmable (*Programmable Matter*) spécifique : les Blinky Blocks. Cet écosystème hybride est composé de plusieurs centaines de structures électroniques cellulaires indépendantes mais accolées les unes aux autres. Chaque structure perçoit les sons et réagit par des rétroactions différentes en fonction des intonations des voix. Chacune des cellules électroniques est rétroactive. Elles émettent des scénarios comportementaux sonores, des rythmes et couleurs lumineuses différentes en réponse aux stimuli des publics et des cellules voisines. Sensibles, les bases robotiques s'auto-influencent également entre elles tels des organismes vivants coopératifs.

# CONTEXTE DE RECHERCHE

Ce projet est réalisé dans le cadre d'un programme de résidence Art & Science : Vertigo S-T-ARTS (Science Technology and the ARTS). Initié par l'Ircam, ce projet vise à «promouvoir la collaboration d'artistes avec des projets dans le champ technologique». Les Blinky Blocks sont développés au départ par le laboratoire de recherche du Carnegie Institute of Technology de l'Université Carnegie-Mellon à Pittsburgh (Pennsylvanie). En France, à Montbéliard, sur le site de recherche Numerica c'est le laboratoire de recherche FEMTO-ST (Science & Technologie) qui travaille sur la partie algorithmique des Blinky Blocks.

La génération actuelle de Blinky Blocks est un dispositif électronique cubique, de 4 cm de côté, capable d'émettre de la lumière colorée et du son minimal. Ils sont équipés de plusieurs capteurs gyroscopiques et de microphones. Ils perçoivent donc le son, les vibrations, les déplacements et peuvent interagir entre eux. Il s'assemblent presque aussi facilement que des LEGO.

Des chercheurs à travers le monde travaillent dans le cadre de ce que l'on nomme la "programmation distribuée". La grande problématique qui les occupe est de savoir si l'on peut créer une matière capable de changer de forme et d'avoir conscience de sa forme dans l'espace physique. Il s'agit d'injecter des programmes et une « Intelligence Artificielle » à ces robots minuscules pour leur donner la faculté de former des objets complexes et d'interagir entre eux.







# SCÉNOGRAPHIE : RETOUR EN IMAGÉS







POUR EN SAVOIR PLUS

VENEZ DÉCOUVRIR L'ENSEMBLE DES VIDÉOS  
ET DES CAPSULES AUDIOS RÉALISÉES POUR  
L'ÉVÈNEMENT SUR LE SITE INTERNET





# REMERCIEMENTS

## **Tous nos remerciement aux structures de recherche partenaires :**

ArTeHiS, Laboratoire Biogéosciences, CHU Dijon, Laboratoire Cognition, Action et Plasticité Sensorimotrice (CAPS), Centre Georges François Leclerc (CGFL), Laboratoire Connaissance et Intelligence Artificielle Distribuées (CIAD), CNRS, Laboratoire Centre Pluridisciplinaire Texte et Culture (CPTC), Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation (CSGA), Laboratoire ELLIADD (équipe ERCOS), ENSMM, Laboratoire FEMTO-ST (départements d'optique, mécanique appliquée, temps-fréquence, énergie, informatique des systèmes complexes), Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne (ICB), Laboratoire Imagerie et Vision Artificielle (ImViA), INRAe Dijon - UMR Agroécologie, Institut Agro Dijon - UMR Procédés Alimentaires et Microbiologiques, IUT génie mécanique, Institut Universitaire de la Vigne et du Vin - Jules Guyot (IUVV), Laboratoire d'Etude de l'Apprentissage et du Développement (LEAD), Laboratoire de génétique chromosomique et moléculaire, Université technologique de Belfort Montbéliard.

## **Un merci tout particulier à :**

- Pauline Mourey, Elodie Perret et Eric Paul du service Pédagogie Numérique et Ressource de l'UB (vidéo)
- Julien Grandemange et Valentine Leboucher de Radio Dijon Campus (audio)
- Nina Vivien (assistante de projet) et Gabriela Diamant (graphisme)
- Grégory Lasserre et Anaïs met den Ancxt - Scenocosme (installation artistique)

# STRUCTURES ET LABORATOIRES PARTENAIRES



BIOGÉOSCIENCES



ELLIADD



INRAE









MINISTÈRE  
DE L'ENSEIGNEMENT  
SUPÉRIEUR,  
DE LA RECHERCHE  
ET DE L'INNOVATION

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



le cnam

Mission pour le Patrimoine, l'Innovation et le Culture Scientifique et Technique (PIKST)



RÉGION  
BOURGOGNE  
FRANCHE  
COMTÉ

