



CATIE

CATIE

Rapport d'activités.

DU CENTRE AQUITAIN DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION
ET ÉLECTRONIQUES

+
20
24

CRT  centre de
ressources
technologiques



Crédits photos : CATIE, ACTENA, Haiku, SUD-OUEST et XR Days

Nous remercions tous les collaborateurs du CATIE mis à contribution pour ce rapport d'activités

Imprimé par : Entreprise Adaptée IRIS - Avenue Joliot Curie - 17180 Périgny



Le CATIE participe au respect de l'environnement en concevant des documents imprimés avec des encres végétales sur du papier issu de la gestion durable des forêts par un imprimeur certifié Imprim'vert

+ Introduction et actualités	4	Le mot du Président
	6	Rétrospective 2024
	8	La galaxie CATIE
	10	Contexte et perspectives
+ Qui sommes-nous ?	12	Vos interlocuteurs
	14	Instances de gouvernance
	16	Engagement, missions et rayonnement
	18	L'exception CATIE
	20	Expertises et compétences croisées
	22	Notre périmètre d'action
+ Notre écosystème	24	Notre réseau
	26	ACTENA
	28	ENTER
+ Nos solutions	30	Plateformes d'innovation technologique
	36	Équipements du CATIE
	38	Salle d'expérimentation
+ La recherche	40	Axes de R&D
	48	Thèses CIFRE
	56	Projets de recherche
+ L'accompagnement	64	EDIH Dihnamic
	66	Projets de transfert
+ Évènements by CATIE	76	Salons et manifestations
+ Interventions by CATIE	84	Conférences et tables rondes
+ Nous suivre	86	Réseaux sociaux et contacts

Le mot du président.

Matthieu LEPINE
Brand Ambassador IMMERSION



Prêts à rebondir !

2024 fut l'occasion pour le CATIE de fêter son dixième anniversaire. 10 années d'existence au service de l'innovation technologique des entreprises et de notre territoire.

Si nous nous devons d'être optimistes, il faut tout de même consentir que cette année 2024 a été marquée par des difficultés d'ordre économique qui ont eu le mauvais goût de gâcher la fête. Des difficultés qui touchent l'ensemble du tissu industriel et plus particulièrement les petites et moyennes entreprises, ainsi que les collectivités territoriales, et qui impactent nécessairement le CATIE.

Pour autant, notre association possède des atouts de taille pour contribuer à un rebond décisif. Et aussi difficile la période soit-elle, les entreprises se doivent de préparer l'avenir et d'innover pour continuer à développer des solutions nouvelles

dans le but de se démarquer et d'apporter à leurs clients des avantages compétitifs ou des gains économiques directs.

Avec des expertises dans des domaines clés et en plein essor, tels que l'intelligence artificielle, la conception de systèmes centrés sur l'Humain ou les objets connectés, le CATIE a la capacité d'accompagner notre écosystème dans ses transitions numériques, en transformant des savoirs académiques en briques technologiques à forte valeur ajoutée.

Des opportunités pour accélérer

Accompagner les transitions numériques, c'est en effet le rôle du CATIE.

Un numérique devenu responsable et ayant pour mission de soutenir les enjeux sociétaux, sociaux et éthiques, tout en réduisant son impact environnemental.

Aux côtés du Pôle de Compétitivité **ENTER**, nouvellement créé et dédié à la thématique Numérique responsable, notre association est un acteur de premier plan pour accompagner et participer aux projets collaboratifs innovants.

Grâce à un ensemble unique de compétences présentes au sein des équipes du CATIE, nous pouvons adresser les différentes thématiques majeures du Pôle, comme la santé, la mobilité, la décarbonation industrielle, l'agroécologie ou encore l'éducation.

La naissance d'**ACTENA** en 2024, fruit de la structuration de 27 centres de transfert présents en Nouvelle-Aquitaine et regroupés au sein de cette association, est également la source de nouvelles opportunités issues de la fertilisation croisée entre ses membres.

Par ailleurs, la montée en puissance de l'**EDIH Dihnamic**, qui propose un ensemble de services et de technologies basé sur l'Intelligence Artificielle, devrait être aussi une source de nouveaux projets et un levier supplémentaire pour l'activité de notre association.

Autant d'opportunités qui nous permettent donc d'être confiants dans le futur et de renforcer notre positionnement, même s'il reste de nombreux défis à relever.

2025, l'année de tous les défis

En tant que nouveau président, j'aurais évidemment préféré une situation plus favorable pour démarrer mon mandat. Mais il en est ainsi, un nouveau cap est tracé et nous mettrons tout en œuvre pour le tenir.

Au nom du Conseil d'Administration et de tous les adhérents, je tiens à remercier tout particulièrement l'ensemble des collaborateurs du CATIE qui œuvre au quotidien pour relever les défis, sous la houlette de leur Directrice Delphine DEPEYRAS.

Enfin, nous avons besoin de l'appui de tous nos adhérents pour faire rayonner le CATIE. Vous tous êtes les témoins et les meilleurs prescripteurs de notre association.

Ensemble, contribuons à faire connaître et reconnaître un savoir-faire exemplaire.

Rétrospective 2024.

L'année 2024 marque une étape clé pour le CATIE, symbolisant une **transition** après le départ en retraite de son directeur historique, Bertrand CASTAGNET. Dans ce contexte, nous avons accueilli en janvier **une nouvelle directrice**, Delphine DEPEYRAS, qui a repris la barre avec ambition et détermination.

Suite à ce changement, le CATIE a su maintenir sa dynamique et **renforcer sa présence sur le territoire néo-aquitain** à travers divers événements, collaborations et projets stratégiques.

6

Dès mars, le CATIE a contribué à la création d'**ACTENA** (Association des Centres de Transfert en Nouvelle-Aquitaine), réunissant 27 centres de transfert technologique afin de renforcer la **synergie** régionale en matière d'**innovation** et de **transfert de technologies**.

En avril, nous avons participé à l'inauguration du **gymnase intelligent SMART**, un espace dédié à la recherche, à la formation, à l'innovation et aux pratiques sportives. Ce bâtiment intègre notre plateforme **PEAC²H** mise à la disposition des enseignants et des étudiants pour enrichir leurs expérimentations et formations.

Le mois de juin a été rythmé par deux temps forts :

- La 4^e édition de **TechTronics Nouvelle-Aquitaine**, notre événement phare co-organisé avec CISTEME, réunissant experts et acteurs de l'électronique pour échanger autour des technologies existantes et émergentes ;
- La première **Assemblée Générale** sous la direction de Delphine DEPEYRAS, marquant une nouvelle impulsion stratégique pour le CATIE.

Le CATIE était de retour à Lyon en septembre pour la 10^e édition du **SIDO Lyon** sur le pavillon Aquitaine Robotics. Puis, une délégation est allée à la rencontre de 1 300 collégiens au **Futuroscope** de Poitiers. Une initiative de l'**Académie de Poitiers** qui avait pour objectif de partager les parcours et expériences des intervenantes avec les élèves participant à **Numérixplore**.

En fin d'année, nos équipes ont pris part à plusieurs événements d'envergure, notamment Les **Challenges de l'IoT** d'ALPHA-RLH et les **XR Days** de La Ruche Industrielle.

Cette année met en lumière notre engagement constant et nous sommes impatients de **poursuivre dans cette voie en 2025 !**



Nouvelle
Directrice Générale

Janvier



ACTENA

Mars



Inauguration SMART

Avril



TechTronics⁴

Juin



Assemblée Générale

Juin



SIDO Lyon

Septembre



Numerixplore

Septembre



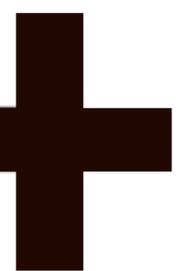
Challenges de l'loT

Octobre



XR days

Octobre



10 ans
d'existence

48 collaborateurs

Majoritairement ingénieurs et docteurs

41 adhérents

Dont plus de la moitié sont des entreprises

3 plateformes

6TRON pour l'Internet des Objets

PEAC²H pour l'évaluation cognitive et comportementale

VANIILA pour l'Intelligence Artificielle

La galaxie CATIE.

56 projets

de recherche et de transfert en 2024

79% de prestations

en région Nouvelle-Aquitaine

57% des projets

d'accompagnement auprès des PME et ETI

6 projets collaboratifs

de recherche

94% de satisfaction

(qualité de la prestation et effets de l'accompagnement)

Contexte et perspectives.

Année 2024, année d'amorçage de transition pour le CATIE !

En effet, le contexte socio-économique, qui a été celui dans lequel tout l'écosystème de l'innovation a dû œuvrer, nous a quelque peu chahutés...

10

Bien qu'assis sur une belle croissance de dix années, nous avons ressenti un recentrage des entreprises avec lesquelles nous avons été en contact sur leur activité de production.

L'innovation que nous accompagnons était donc moins dans les esprits ou alors avec une nécessité de retour sur investissement extrêmement court, ce qui a limité les opportunités d'impact de nos actions de niveau de TRL intermédiaire auprès des entreprises.

Pour autant, toutes les équipes du CATIE ont tenu bon en se concentrant à préparer l'avenir au travers de 56 projets réalisés, 6 dépôts de projets collaboratifs et de nombreuses constructions de plans de travail.

Je les salue ici pour leur implication.

Notre engagement dans la collaboration avec l'ensemble des acteurs de l'innovation est aussi un marqueur fort de notre état d'esprit à faire du collectif une force.

Nous pouvons citer ici la contribution à la création d'**ACTENA**, Association des Centres de Transfert de Nouvelle-Aquitaine, ou encore nos apports dans la constitution du Pôle de Compétitivité **ENTER** dédié au Numérique Responsable.

Année de transition aussi en interne avec le changement de Direction que j'ai souhaité accompagner par une réflexion stratégique dans le cadre du projet CogniTechVision-2030. Celui-ci se veut coopératif et attentif à l'ensemble de notre écosystème.

Après une phase initiale dédiée à nos missions et à nos valeurs qu'il conviendra de finaliser, il nous est apparu évident d'accélérer sur les aspects de modèle économique et de dynamisation commerciale.



Cela passera par une visibilité accrue en particulier auprès de tous ceux qui peuvent être les promoteurs de ce que le CATIE apporte aux entreprises avec lesquelles il travaille.

En 2025, il est impératif que nous soyons connus de toutes les entités qui œuvrent à la réussite des entreprises, à l'émergence de projets d'innovation. Aussi, encore plus que par le passé, nous serons attentifs à convaincre nos interlocuteurs de l'intérêt de développer leurs technologies numériques en bénéficiant de toute la capitalisation scientifique acquise par le CATIE.

Tout en conservant notre ADN de l'innovation technologique au service du territoire, notre histoire évolue pour prendre de l'autonomie vis-à-vis des financements publics et accélérer notre déploiement auprès des entreprises.

Et justement, le contexte actuel du développement du numérique nous offre un terrain de jeu qui peut être beaucoup plus grand que par le passé. Nos expertises techniques sont fortes et méritent d'être encore plus reconnues, aussi bien par nos partenaires académiques que par le tissu industriel.

Ainsi, même si les perspectives sont encore floues, les équipes du CATIE restent mobilisées pour maintenir notre ligne directrice et saisir les opportunités du monde numérique en 2025.

11



Delphine DEPEYRAS
Directrice Générale

Direction.



Delphine Depeyras
Directrice Générale

A pris la direction du CATIE en janvier 2024, après un doctorat en mathématiques appliquées à la mécanique des fluides et 14 ans d'expérience dans divers rôles liés à la Simulation Numérique.



Jean-Noël Barthas
Algorithmes & Données



Florian Larrue
Systèmes Centrés sur l'Humain



Sébastien Loty
Systèmes Cyber-Physiques

Fonctions transverses.



Marie-Laure Sené
Administratif & Finances



Christine Jaureguiberry
Marketing & Communication



Nathalie Eyraud Alcala
Ressources Humaines

13



Elise Durnerin
Représentation locale Pays basque



Denis-Henri Faguet
Représentation locale Limousin

Instances de gouvernance.



CATIE

Assemblée Générale 2024

Notre Assemblée Générale Ordinaire Annuelle s'est tenue le 24 juin 2024. L'occasion de faire le **bilan** de l'année 2023 mais également de mettre en **perspective** les prochaines années.

Ce fut également la première AGOA de Delphine DEPEYRAS, notre nouvelle Directrice Générale.

Merci à tous les participants ayant fait le déplacement et avec qui nous avons eu plaisir à échanger. Merci également aux intervenants.

Depuis désormais plus de 10 ans, le CATIE évolue, apprend et progresse avec vous.



MATTHIEU LÉPINE
Président



NADINE COUTURE
Vice-présidente



STÉPHANE PIERRARD
Trésorier



CHRISTOPHE LACROIX
Secrétaire général

PME et ETI

eDevice

Olivier Giraud

I2S

Christophe Lacroix *

Immersion

Matthieu Lépine *

Proditec

Christophe Riboulet

System

Bruno Lescalier

WorldCast Group

Frédéric Allard

ESR ou équivalent

Bordeaux INP

Valérie Vigneras

ESTIA

Nadine Couture *

INRIA

François Rué

Université de Pau et des Pays de l'Adour

Philippe Poncet

Université de la Rochelle

Yacine Ghamri-Doudane

Autres entreprises

15

La Banque postale

Stéphane Pierrard *

Thales

Marc Gatti

Institutionnels

Région Nouvelle-Aquitaine

Mathieu Hazouard

* membres du Bureau

Engagement, **missions** et rayonnement

Le CATIE (Centre Aquitain des Technologies de l'Information et Électroniques) est une association à but non lucratif fondée en 2014 grâce à l'impulsion de la Région Nouvelle-Aquitaine et des entreprises du territoire.

16

Le CATIE bénéficie d'un emplacement idéal, situé au cœur de domaines universitaires et de technopoles, qui lui permet d'être en contact direct et étroit avec les laboratoires universitaires et les entreprises.

En travaillant en collaboration sur des programmes de recherche, nous anticipons les technologies de demain et les mettons à disposition des entreprises via des projets de transfert de technologie.



ENSEIRB-MATMECA (Talence)



ESTER (Limoges)



ESTIA (Bidart)

Notre mission principale consiste à **soutenir et accompagner** les PME, ETI et autres structures dans leurs projets de développement et de transformation numérique. Nous intervenons également dans de nombreux projets de recherche pour proposer des accompagnements de pointe dans les domaines les plus porteurs de nos technologies.

Un Centre de Ressources Technologiques unique en France

Le CATIE est un CRT unique en France grâce à son **équipe pluridisciplinaire** de docteurs et d'ingénieurs issus de l'industrie et du monde universitaire. Ils travaillent dans des domaines aussi variés que les mathématiques, l'informatique, l'électronique numérique et analogique ou les sciences cognitives.

Lever les verrous technologiques

Notre soutien aux entreprises se décline en **plusieurs étapes** : preuves de concept, conseils, assistance, avis et solutions d'experts, mais également vision innovante et analyse pluridisciplinaire.

Nous aidons les entreprises à **lever les verrous technologiques** rencontrés, à adopter des technologies novatrices, acquérir de nouvelles

connaissances, avoir accès à des ressources supplémentaires ou monter en compétence. Nous apportons ainsi un soutien à leur **recherche d'excellence et d'innovation**.

Notre approche scientifique nous permet de proposer des solutions techniques optimales et durables pour nos clients, tout en privilégiant les solutions locales et en favorisant un **écosystème vertueux**.

Ces solutions sont le fruit de nos travaux de recherche, ainsi que des briques développées dans nos projets qui permettent aux entreprises de dérisquer et d'accélérer leur R&D, en toute **objectivité technologique**.

Éco-conception

Nous croyons que les technologies numériques peuvent être conçues de manière **éthique et responsable**, et les utilisons dans la conception pour réduire l'empreinte carbone.

Nous concevons des solutions éco-responsables, d'optimisation énergétique et de promotion de comportements responsables. De plus, nous transférons ces technologies aux entreprises pour des projets raisonnés avec pour objectif de **réduire leur impact environnemental**.

L'exception CATIE.

Un CRT pluridisciplinaire unique en France

Le CATIE est le seul Centre de Ressources Technologiques français à proposer plusieurs compétences nécessaires à une transformation numérique réussie.

Ses actions s'étendent à la R&D (Recherche et Développement), la réalisation de preuves de concept, la veille technologique, le transfert de compétences, ainsi qu'à l'accompagnement et au développement de prototypes industrialisables.

Sa singularité réside dans sa structure unique reposant sur 3 domaines de compétence principaux, combinant ainsi trois Centres de Ressources Technologiques en un seul.

18



Facteurs Humains et cognition : de l'analyse à la Conception Centrée Utilisateur

L'équipe *Systèmes Centrés sur l'Humain* travaille sur différents axes prenant en compte **les utilisateurs** ;

- Nouvelles technologies pour la **formation**, en établissant des liens entre les profils utilisateurs, les capacités des technologies et les contenus pédagogiques ;
- **Communication verbale et non verbale**, la communication et la collaboration homme-machine, que ce soit en présentiel, hybride ou à distance ;
- **Interactions homme-machine** innovantes et adaptées selon les usages, les métiers, ainsi que les limites techniques et humaines,

notamment au travers des Réalités Augmentée, Virtuelle et Mixte ;

- **Physiologie de l'humain** notamment à travers la détection d'états cognitifs et l'intégration de signaux physiologiques multi-capteurs ;
- **Acceptabilité et confiance dans l'Intelligence Artificielle (IA)**, en concevant des modèles d'IA adaptés aux caractéristiques des utilisateurs.

Grâce à des **tests** scientifiques rigoureux et des **recommandations** sur la conception centrée utilisateur, le CATIE aide à favoriser l'adoption de solutions, garantissant ainsi que **les technologies développées répondent aux besoins et attentes des utilisateurs**, favorisant leur adoption et évitant ainsi leur rejet.



Électronique, systèmes embarqués et IoT : du capteur aux remontées d'informations pour les plateformes IoT

Le département *Systèmes Cyber-Physiques* intervient dans les domaines de l'**électronique et des systèmes embarqués**, incluant l'électronique analogique et de puissance, les microprocesseurs, microcontrôleurs et FPGA, ainsi que les systèmes communicants et les systèmes d'exploitation multi-tâches préemptifs.

Parallèlement, il développe des compétences connexes en **plateforme IIoT, IA embarquée, cybersécurité, energy harvesting et robotique** (perception, contrôle moteur, etc.).

Le CATIE accompagne les **projets de A à Z**, de la conception du capteur à la mise en œuvre de la plateforme IoT, en **concevant, prototypant et testant** des logiciels et matériels dédiés à l'IoT.

Cette expertise permet de développer des solutions IoT parfaitement adaptées aux **besoins spécifiques** des entreprises, tout en garantissant leurs **performance, fiabilité et frugalité**.

La **plateforme 6TRON** soutient particulièrement les entreprises en mettant à disposition des ressources matérielles et logicielles *open source*.



Science des données et Intelligence Artificielle : du traitement des données à l'IA

L'équipe *Algorithmes & Données* œuvre à la mise en place et au déploiement de **modèles d'IA sur mesure** pour **valoriser** les données, anticiper des comportements et **automatiser** des tâches complexes. Cette expertise permet d'exploiter pleinement le potentiel des données collectées et d'offrir des **solutions innovantes** pour améliorer les processus et services des entreprises.

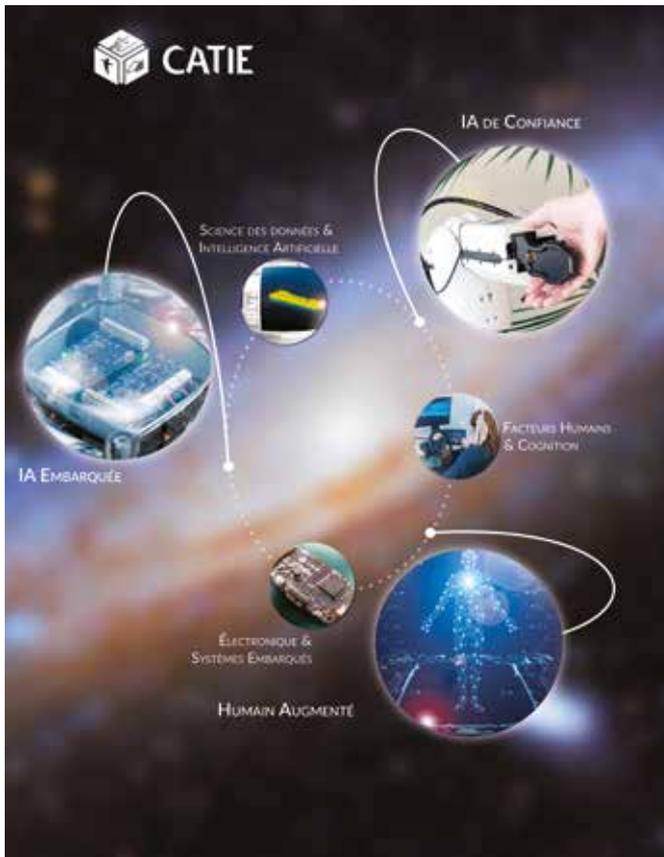
Les compétences en IA incluent la reconnaissance automatique de la parole (**Speech-to-text**), le traitement automatique du langage naturel (**Natural Language Processing**), la vision par ordinateur (**computer vision**), les séries temporelles (**time series**) et le déploiement de modèles d'IA.

Le CATIE intervient également dans des **domaines connexes** tels que le Big Data, le conseil en architecture Cloud, la visualisation de données (**Dataviz**) et la **cybersécurité**.

Cette approche intégrée assure le développement de solutions technologiques innovantes, centrées sur l'utilisateur et adaptées aux défis actuels des entreprises.

Expertises et compétences croisées.

Fort de ses expertises en Systèmes Cyber-Physiques, Science des données et Facteurs Humains, le CATIE maîtrise l'hybridation de ces domaines.



Humain Augmenté

L'Humain Augmenté se définit comme l'**amélioration des capacités humaines** grâce à l'intégration de systèmes électroniques. En analysant le comportement humain et en récupérant les données de surveillance physiologique, il est possible de concevoir des systèmes électroniques améliorés qui optimisent les performances motrices, physiologiques et cognitives des utilisateurs.

L'interaction et la collaboration entre l'homme et la machine (ou le robot) peuvent être réalisées à travers diverses technologies telles que la Réalité Virtuelle, la Réalité Augmentée ou la Réalité Mixte, ainsi que des dispositifs comme les montres connectées, par exemple.

Ces avancées technologiques offrent de nouvelles possibilités pour enrichir les expériences humaines et améliorer les performances individuelles dans divers domaines tels que le sport, la formation ou l'apprentissage.

Intelligence Artificielle de confiance

Une Intelligence Artificielle de confiance doit être robuste, c'est-à-dire capable de fournir des résultats fiables, quelles que soient les données d'entrée. Elle doit également être transparente pour comprendre quelles données sont utilisées et à quelles fins. Enfin, son fonctionnement doit être explicable, interprétable et compréhensible, en tenant compte du contexte d'utilisation, des attentes et des capacités de l'utilisateur final.

En fournissant des **explications sur le fonctionnement de l'IA**, en permettant son interprétation dans le contexte spécifique et en la rendant compréhensible pour les utilisateurs, on renforce la confiance dans cette technologie et on favorise son adoption.

Ainsi, grâce à ses compétences en Data Science et en Facteurs Humains, le CATIE permet de concevoir des solutions où IA et Humain coopèrent efficacement.

Intelligence Artificielle embarquée

L'Intelligence Artificielle embarquée est l'**intégration de systèmes d'IA sur différentes plateformes matérielles**. En incorporant des algorithmes d'Intelligence Artificielle directement au niveau du capteur, il est possible de réduire considérablement la consommation d'énergie ainsi que le temps de réponse du système.

Cette intégration locale des capacités de prise de décision offre également l'avantage majeur de réduire les risques liés à la confidentialité des données, car celles-ci ne sont pas transmises vers le **cloud** ou des serveurs externes.

L'optimisation des algorithmes pour une intégration embarquée sur divers systèmes électroniques représente un enjeu important.

En adaptant et en optimisant les algorithmes d'IA pour qu'ils fonctionnent de manière efficace et performante sur des dispositifs embarqués, on peut exploiter pleinement les avantages de l'IA combinés à une très faible latence et une réduction drastique de la consommation.

Robotique autonome et collaborative

L'**environnement multidisciplinaire** créé par les trois domaines d'activité du CATIE se manifeste parfaitement à travers la robotique autonome et collaborative.

La robotique est un exemple parfait de la capacité à concevoir des systèmes autonomes pouvant interagir avec leur environnement, en utilisant des composants technologiques hétérogènes mais complémentaires. Les défis, tels que la navigation dans des environnements inconnus, l'interaction en langage naturel et la reconnaissance / manipulation d'objets, ont tous été relevés et intégrés dans nos démonstrateurs.

Les compétitions internationales de robotique offrent une plateforme pour **tester et valider** nos développements technologiques, en les confrontant à des *scenarii* réels et en les comparant à d'autres systèmes innovants.

Cela nous permet d'assurer la qualité, la performance ainsi que la fiabilité de nos solutions et de les **transférer** ensuite à nos partenaires et à l'industrie.

Notre périmètre d'action.

Le niveau de développement d'une technologie peut être mesuré dès l'idée initiale (concept) jusqu'à son développement en conditions réelles (produit). Pour ce faire, on utilise l'échelle TRL (*Technology Readiness Level*) qui peut se traduire par "niveau de maturité technologique".

Cette échelle permet de :

- Standardiser l'évaluation des technologies et structurer leur développement ;
- Aider les investisseurs, entreprises et chercheurs à prendre des décisions stratégiques ;
- Réduire les risques en identifiant les étapes critiques avant la mise en production.

Cette échelle est divisée en 9 niveaux : du TRL 1 (concept) au TRL 9 (technologie pleinement opérationnelle en conditions réelles).

Intervenant **sur les TRL 4 à 7**, le CATIE joue un rôle clé dans le passage de la **recherche appliquée** à l'**industrialisation** des technologies.

Ce périmètre découle de la proximité que nous entretenons à la fois avec les **laboratoires** et les **entreprises** du territoire.

Cette expertise s'applique à l'ensemble de nos activités : **recherche** appliquée, **transfert** technologique et **plateformes d'innovation**, garantissant ainsi un **accompagnement complet** vers l'industrialisation.

Les étapes phares du développement technologique, la validation expérimentale et l'intégration préindustrielle sont ainsi entièrement couvertes par nos experts.

Les structures que nous accompagnons ont donc l'assurance d'atteindre le **niveau de maturité technologique requis**, en parfaite adéquation avec leurs objectifs.



Marchés



CATIE

et son écosystème
d'innovation

Laboratoires de
recherche

Notre réseau.

Le CATIE entretient des liens étroits avec les entreprises et collabore également avec les pôles et clusters, ainsi qu'avec un large réseau européen de recherche et développement, composé de laboratoires, d'universités, de centres de recherche technologique et d'EDIH (European Digital Innovation Hub).

Nous nous engageons également à la diffusion de connaissances scientifiques en vue de les démocratiser auprès des structures qui pourraient les juger inaccessibles.

Chaire Cyber Résilience (Bordeaux INP)

Cette chaire a pour vocation d'aider les organisations à atteindre la cyber résilience via :

- Le développement de l'offre de formation initiale et continue ;
- La production des connaissances et des recherches à vocation applicative pour développer des approches "Resiliency by design" ;
- Les diffusions du savoir, transfert de technologies, conseils et expertise pour les acteurs du territoire dans une stratégie de cyber-résilience.



RÉGION
Nouvelle-Aquitaine

ACTENA



AFCRT



CISTEME
Centre Technologique Electronique et Hyperfréquences



dihnaomic

ENTER
Excellence Numérique au service des Transitions Environnementales et Responsables



UNITEC

XR
DAYS

Chaire IA Digne de Confiance (Bordeaux INP)

Cette chaire a pour vocation de stimuler le développement de la recherche et de l'innovation afin d'accompagner les organisations pour **mettre en œuvre des solutions basées sur l'Intelligence Artificielle au contact d'utilisateurs non spécialistes** via :

- Des axes de recherche originaux et novateurs, mêlant fondamental, finalisé et pragmatisme technologique ;
- Des actions de formation sur le site ;
- La rencontre entre informatique, mathématiques et sciences humaines.

Horizon Europe

Le programme Horizon Europe est le programme cadre de la Commission européenne pour la recherche et l'innovation sur la période 2021-2027. Il vise à **promouvoir l'excellence scientifique**, à **renforcer la compétitivité de l'Europe** et **soutient des activités de recherche et d'innovation** dans tous les domaines scientifiques et technologiques.

Le CATIE répond, avec ses partenaires européens mais aussi régionaux, aux appels à projets de ce programme pour développer sa *roadmap* de recherche et d'innovation.

En 2024, nous avons maintenu nos activités autour de **l'acceptabilité des systèmes d'IA** dans le cadre du projet **PEER**, continué notre dynamique européenne et l'élargissement de notre réseau (6 projets déposés en 2024). **Le CATIE collabore ainsi étroitement avec des laboratoires, universités et CRT européens** tels que Vrije Universiteit Brussel (B), Fujitsu Services GMGH (D), Technische Universiteit Eindhoven (NL), Charles University (CZ) et bien d'autres...

Aeneas



AQUITAINE
ROBOTICS



EirLab



ACTENA.

Un nouvel acteur régional qui compte



ACTENA (Association des Centres de Transfert En Nouvelle-Aquitaine) est une structure associative réunissant 27 centres de transfert technologique répartis dans toute la région Nouvelle-Aquitaine.

Officialisée lors de l'Assemblée Générale constitutive du 19 mars, cette initiative marque un tournant majeur pour le développement économique et l'innovation dans la région.

ACTENA a vocation à **mutualiser** les pratiques de ces centres et **développer des synergies** entre eux, afin de mieux répondre aux besoins des entreprises locales.

L'association rassemble des membres actifs dans divers secteurs, notamment la **chimie** et les **matériaux** (12 centres), le développement de **solutions biosourcées** (5 centres), ainsi que plusieurs **marchés spécialisés** (4 centres).

Elle permet des discussions d'une seule voix avec la Région Nouvelle-Aquitaine, facilitant les échanges et le soutien au développement de l'innovation.

Les objectifs d'ACTENA

- Fédérer et pérenniser les centres de transfert : ces structures font le lien entre les mondes académiques et industriels, chacun possédant ses spécificités et écosystèmes. ACTENA soutient l'**innovation** par le transfert de technologies et la recherche scientifique, favorisant ainsi des projets de **Recherche & Développement de divers niveaux de maturité technologique**.
- Défendre les intérêts communs des centres de transfert, structures particulières positionnées à l'interface entre la recherche et les entreprises, avec un **modèle économique** basé sur une mixité de revenus privés et publics.
- Promouvoir la collaboration et mutualiser les compétences : la diversité des domaines d'activité représentés ouvre la voie à des projets communs et à une synergie de savoir-faire, créant de **nouvelles opportunités pour les entreprises régionales**, en particulier.



- Assurer la représentation des centres auprès des pouvoirs publics, facilitant ainsi la communication avec les membres du Conseil Régional et les équipes techniques de la Région Nouvelle-Aquitaine.

Le CATIE est fier de faire partie des membres à l'initiative de cette association, dont les missions s'imbriquent parfaitement dans les valeurs que nous prôtons.

En rejoignant ACTENA, le CATIE confirme son engagement à **collaborer activement** et à **contribuer à la dynamique collective**, visant à promouvoir l'**innovation régionale** et renforcer les liens entre la recherche académique et le monde industriel.

Cette participation permet au CATIE de partager ses expertises et de bénéficier des échanges fructueux avec les autres centres pour créer un **impact positif au sein de l'écosystème néo-aquitain**.

La **présentation de la feuille** de route d'ACTENA s'est déroulée le 1^{er} juillet 2024 à CapSciences, en présence d'**Alain Rousset**, Président de la Région Nouvelle-Aquitaine et de **Gérard Blanchard**, Vice-Président en charge de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et du Transfert de Technologie



Cet évènement a permis d'exposer les ambitions stratégiques de l'association et de renforcer le dialogue entre les centres de transfert et leurs principaux relais institutionnels régionaux.

ENTER.

Ouvrez-vous à l'innovation

Pôle de compétitivité

ENTER

Excellence Numérique au service des Transitions
Environnementales et Responsables

Le pôle de compétitivité **ENTER (Excellence Numérique au service des Transitions Environnementales et Responsables)** ambitionne de devenir un acteur clé de l'innovation en Nouvelle-Aquitaine. Il fédère entreprises, chercheurs et collectivités pour mettre le numérique au service des **transitions écologique et responsable**.

28

ENTER propose un **positionnement clair sur le numérique responsable**, articulé autour de deux ambitions stratégiques :

- 1. Innover pour un numérique responsable** en intégrant sobriété et responsabilité *by design* ;
- 2. Accélérer l'impact du numérique** au service de la transformation des filières et des territoires.

L'objectif est de créer des synergies entre les secteurs numériques et environnementaux pour répondre aux enjeux durabilité et de transition énergétique, en s'appuyant sur des solutions technologiques innovantes.

Dans cette optique, ENTER s'engage pour un numérique plus responsable en :

- **Dynamisant** l'écosystème d'innovation ;
- **Accompagnant** les organisations et former les talents pour une filière numérique responsable ;
- **Réduisant** l'empreinte environnementale du numérique (aspects logiciels et matériels) ;
- **Soutenant** des technologies responsables dès leur conception (*by design*) ;
- Favorisant l'**interdisciplinarité** des compétences et en plaçant l'**Humain** au cœur des innovations ;
- **Accélégrant** les transitions des filières et des territoires par un numérique responsable.

Modèle différenciant à l'échelle nationale, ENTER se positionne en complémentarité avec les pôles hors filière numérique.

Le CATIE co-pilote les thématiques "Électronique" et "Facteurs Humains" en intégrant une approche transversale d'électronique responsable.

Porté par **Digital Aquitaine, Nouvelle-Aquitaine Open Source, SPN et la Région Nouvelle-Aquitaine**, ENTER s'inscrit dans le réseau des 55 pôles de compétitivité labellisés par l'État, dont 11 en Nouvelle-Aquitaine.



Les 45 membres du Conseil d'Administration au 15 janvier 2025.

Plateformes by CATIE.

Le CATIE facilite l'accès à des services de test et d'expérimentation grâce à ses **3 plateformes d'innovation**, ouvertes et collaboratives, qui sont autant de leviers essentiels pour le **transfert technologique**.

Elles offrent aux entreprises des environnements de **découverte** et d'**expérimentation**, leur permettant d'accéder à des **ressources** et des **compétences** essentielles.



30 **PEAC²H** est un service en ligne donnant accès rapidement et en toute autonomie à des ressources et compétences sur les **Facteurs Humains** pour la conception de systèmes numériques.

Son objectif est d'intégrer l'Humain dans des systèmes complexes et innovants, au moyen de protocoles d'évaluation sur mesure ou clé-en-main et des outils méthodologiques.



6TRON veut encourager et accompagner les entreprises dans le développement de leurs propres solutions électroniques pour l'**Internet des objets**.

Elle met à disposition des ressources matérielles et logicielles *open source* afin d'aider les structures à imaginer, développer et exploiter de nouveaux services. Elle facilite en outre la création de prototypes industrialisables.



VANIILA est un environnement de travail et de calcul. Il a été pensé et conçu pour sensibiliser les entreprises au potentiel de l'**Intelligence Artificielle** et les accompagner dans leur montée en compétence.

Les structures disposent d'un accès SSH à des serveurs en location et des **notebooks** interactifs. Sont également proposés des cas d'usage, des briques technologiques et des articles techniques.



PEAC²H.

Solution clé en main d'analyse et d'évaluation

2024

PEAC²H, la **Plateforme d'Évaluation et d'Analyse Cognitive et Comportementale de l'Humain** développée par le CATIE est accessible en ligne depuis juin 2022.

Conçue pour répondre tout spécialement aux **besoins des PME et ETI**, cette solution offre un accès rapide et autonome à des **ressources et compétences liées aux Facteurs Humains** dans la conception de systèmes numériques.

PEAC²H est aujourd'hui largement utilisée par le CATIE dans le cadre de projets régionaux, européens et d'enseignement académique, mettant à disposition un ensemble d'outils dédiés à l'**évaluation de l'humain** et des **solutions numériques**.

Parmi ces outils figurent des questionnaires, des échelles d'évaluation ainsi que, depuis 2024, l'intégration d'**instruments psychométriques** grâce à une collaboration avec le **CREPS**.

Cette avancée majeure permet désormais de **combiner au sein d'un protocole unique** des questionnaires, entretiens et évaluations psychologiques ou psychométriques standardisées, enrichissant ainsi les **possibilités d'analyse** très prisées dans le domaine des Sciences Humaines et Sociales.

Par ailleurs, une **instance locale spécifique** a été déployée pour le gymnase SMART, offrant une **solution sur mesure** pour les expérimentations menées auprès de publics ciblés, en mode local, dans un gymnase connecté dédié, en partie, à la recherche sportive.

31



6TRON.

Dernières avancées



32

6TRON est un environnement de développement dédié aux solutions professionnelles dans le domaine de l'**Internet Industriel des Objets (IIoT)**. Du maquettage rapide à la conception de l'objet optimisé et de ses moyens d'exploitation, la plateforme 6TRON vous guide à chaque étape. Vous pouvez également bénéficier de l'**accompagnement de son écosystème d'experts** issus principalement de la filière électronique et qui couvre toutes les grandes thématiques de l'IIoT.

Création de nouvelles cartes

Une nouvelle carte programmable basée sur le nRF5340 de *Nordic Semiconductor* a été développée. La **Zest_Core_nRF5340** est dotée d'une architecture *dual-core Cortex-M33* avec *Trust-Zone* et prenant en charge le *Bluetooth 5.4*.

Ce composant supporte également d'autres protocoles, dont *NFC*, *ANT* et *802.15.4*, ce dernier étant au cœur des technologies *6LoWPAN* et *Thread*.

L'équipe *Systèmes Cyber-Physiques* a également développé une nouvelle carte d'interface, la **Zest_Test_HMI**, pour **faciliter le prototypage d'objets autonomes**. Elle intègre 4 LED RGB, pilotées individuellement par PWM, 8 boutons, 1 potentiomètre analogique et 1 buzzer.

Transition vers Zephyr OS

Sur le plan **logiciel**, la migration vers *Zephyr OS*, initiée fin 2023, a été finalisée pour l'ensemble des cartes programmables et la majorité des cartes d'extension. Ce RTOS* s'impose comme une référence dans le domaine des systèmes embarqués grâce à :

- La **compatibilité** avec différentes architectures ISA, et pas seulement les Cortex-M ;
- De nombreuses fonctionnalités de **sécurité** ;
- Le grand nombre d'interfaces et composants périphériques supportés ;
- Sa modularité et configurabilité ;
- Une **communauté** dynamique et en pleine expansion.

*RTOS : Real-Time Operating System



Zest_Core_nRF5340



Zest_Test_HMI



Pour 6TRON, nous avons décidé de porter l'effort de développement sur le suivi au plus proche des versions de *Zephyr OS* pour **intégrer rapidement les dernières fonctionnalités** de la communauté.

Nous avons ainsi porté toutes nos cartes sur le nouveau modèle de description matériel de la version 3.7.0 de *Zephyr OS* (sortie à l'été 2024) et préparons activement la migration vers la version majeure 4.0.0, sortie fin 2024, qui ajoute et améliore les fonctionnalités de **sécurité**.

Automatisation et Contribution

Afin de faciliter la maintenance, tous les dépôts 6TRON intègrent désormais des actions d'**intégration continue**. Cela permet de tester la qualité du code et d'assurer la **compatibilité** entre l'ensemble des développements, une tâche devenue trop complexe à gérer manuellement avec la multiplication des dépôts.

En parallèle, nous souhaitons partager nos développements, notamment des *drivers*, avec la communauté *Zephyr OS*.

Notre ambition est de devenir **contributeurs** et de pouvoir le cas échéant participer aux **évolutions futures**.

Évolution de la plateforme

Le site 6TRON continue quant à lui d'évoluer avec plusieurs nouveautés :

- Nouvelle section d'actualités pour **relayer** les annonces du forum et **partager** des retours d'expérience sur les essais et les réalisations ;
- Refonte des **fiches techniques** des cartes Zest avec une lecture simplifiée de leurs caractéristiques et *pinout* ;
- Création de modes clair et sombre, ainsi que d'une version multilingue.

Avec ces améliorations, nous renforçons notre engagement à fournir un environnement toujours plus performant et accessible aux développeurs de l'IoT.

VANIILA.

Des services en développement



Le domaine de l'Intelligence Artificielle (IA) progresse à un rythme effréné, en particulier celui des IA génératives grâce aux grands modèles de langage (LLM). Dans ce contexte, le CATIE enrichit continuellement son offre logicielle avec de nouvelles solutions innovantes.

Le CATIE a également déployé, au sein de son infrastructure, un **serveur d'inférence** ainsi qu'une interface web dédiée, permettant l'exécution de grands modèles de langage *open weights* sur site (*on-premise*), tels que *LLama*, *Mistral* ou *DeepSeek*.

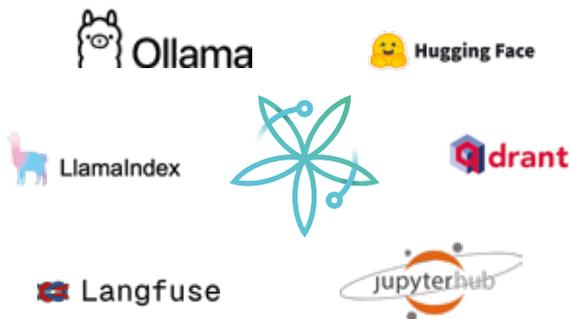
34

Dans le cadre de ses travaux sur l'**étude** et l'**évaluation des LLM**, de nouveaux outils ont été déployés pour faciliter l'expérimentation de **solutions basées sur ces grands modèles** : assistants, *RAG*, *LLM-as-judge*, agents, etc. La plateforme offre ainsi un environnement d'expérimentation représentatif des infrastructures couramment utilisées en entreprise.

Ces outils accélèrent et simplifient non seulement la recherche et le développement, mais aussi l'exploration de divers cas d'usage liés à ces modèles, notamment la synthèse et la reformulation de texte, l'assistance au codage, ainsi que l'analyse et la description de documents dans un contexte multimodal.

L'objectif ici n'est pas de se comparer à une infrastructure massive mais de souligner que la force de VANIILA réside dans sa capacité à simuler des conditions adaptées aux PME, voire plus, en permettant plusieurs simulations en parallèle.

Le CATIE envisage d'ouvrir gracieusement l'accès à ce service de test. Il sera réservé aux adhérents de notre association (non compatible avec un usage en production, *API* ou *webGUI*).





Vaniilab : un service *cloud* dédié aux *notebooks* Jupyter

Vaniilab est un service *cloud* conçu pour l'édition et l'exécution de *notebooks* Jupyter, des documents interactifs intégrant textes, images et code informatique exécutable. Largement utilisés en *data science*, ces *notebooks* facilitent l'exploration de jeux de données, la mise au point d'algorithmes de *machine learning* et leur documentation.

Ce service développé par le CATIE est particulièrement adapté à la formation : il offre aux apprenants une interface et un support d'apprentissage clé en main, leur permettant de se concentrer sur le contenu sans avoir à gérer la configuration initiale de l'environnement de travail.

Cette dernière, souvent longue et complexe, est prise en charge en amont par les formateurs en fonction des objectifs pédagogiques de chaque session.

Témoignage - Nicolas Charles (Maître de Conférences à l'Université de Bordeaux)

“ Merci beaucoup pour la formation, c'était hyper intéressant.

L'intérêt pour les personnes comme moi (non codeur), c'est d'avoir l'interface en ligne qui permet de ne pas avoir à installer Anaconda ou autres applications. Car j'en ai fait une dans le passé et ça reste très compliqué quand on veut faire du Python seulement 1 ou 2 fois par an. Et pour la formation, ça évite de passer 45 minutes sur 3 heures à régler des problèmes d'installation.[...]

En tout cas, c'était super pédagogique et très agréable de voir se faire des choses très concrètes.

”

N'hésitez pas à nous contacter
(ad@catie.fr)

Équipements du CATIE.



Le CATIE dispose d'une **large gamme d'instruments de mesure**, parmi lesquels des oscilloscopes, des analyseurs de spectre et de puissance, une caméra thermique et un kit IoT, ainsi que des équipements tels que des sondes JTAG et TRACE, un kit cyber, un bras cobot et le logiciel de simulation Ansys SiWave, qui couvrent tous les aspects de l'embarqué.

Notre **enceinte climatique** permet en outre de tester l'électronique de nos cartes 6TRON et de garantir qu'elles ne seront pas affectées par les variations environnementales.



Développement : alimentation de puissance 600W, générateur de signaux aléatoires, compteur universel 3GHz, caméra thermique, enceinte climatique

Conception électronique : banc de soudure manuel, Altium Designer, SiWave

Mesure : oscilloscopes 6GHz (400MHz), 4 voies isolées sur batterie (350MHz), multimètre de précision, analyseur de puissance, dataloggeR

Robotique : bras cobotique (Doosan 0609), robot Tiago, Lidar 3D, caméra Realsense



Nous disposons d'un parc de **4 serveurs de calcul** doté de ressources CPU / RAM et GPU substantielles : dix Tesla T4 16 GB, deux A100 40 GB et deux A100 80 GB), adaptées pour l'**entraînement** de modèles de *deep learning*, l'expérimentation et l'**évaluation** de grands modèles de langage (LLM), systèmes RAG... et plus généralement l'**exécution** de traitements exigeants en matière d'analyse de données et de modélisation avancée.



Les serveurs à disposition nous permettent de répondre aux besoins grandissants des entreprises qui souhaitent **exploiter pleinement le potentiel de l'IA** pour leurs activités.

37



Epock est un **robot** qui repose sur un ensemble de briques technologiques **développées dans nos trois départements**.

C'est un démonstrateur idéal de la complémentarité des expertises du CATIE lors des compétitions internationales de robotique, notamment dans la catégorie RoboCup@Home.

Les résultats obtenus grâce à Epock confirment la **fiabilité, l'efficacité et la robustesse de nos solutions technologiques**.

Salle d'expérimentation.

Accès en autonomie ou avec le support d'experts

La salle d'expérimentation du CATIE regroupe un ensemble de technologies de pointe mises à disposition des entreprises pour tester, prototyper et mener des expérimentations.

Cet espace permet également d'évaluer l'adéquation des technologies à différents usages.

Parmi les solutions proposées, on retrouve notamment :

- La *motion capture*, qui utilise des caméras placées aux quatre coins de la salle pour analyser les mouvements de l'utilisateur ;
- Les *eye trackers*, des dispositifs permettant de mesurer le positionnement et les déplacements du regard ;
- Des outils d'analyse physiologique, tels que le *HRV scanner*, qui collecte et analyse les données cardiaques pour étudier la variabilité du rythme cardiaque et le *ShimmerSensing*, conçu pour la capture en temps réel de données biophysiques et cinématiques ;
- Des casques de Réalité Virtuelle et Mixte, ainsi que des systèmes de projection 3D, offrant des environnements immersifs aux entreprises désireuses d'explorer ces technologies ;

- Un prototype de test d'interactions vibratoires permettant d'explorer la communication non verbale en adaptant le transfert d'informations aux capacités sensorielles de l'utilisateur. Le paramétrage précis des vibrations (fréquence, modulation, intensité...) est essentiel pour ces analyses.

Le dernier né de cet espace est un simulateur de conduite moto, développé dans le cadre d'un projet de recherche en collaboration avec une entreprise d'Île-de-France.

Il permet de recréer des situations de conduite potentiellement dangereuses et sert à tester trois technologies d'alerte :

- Une alerte visuelle via des lunettes de Réalité Augmentée ;
- Une alerte sonore ;
- Une alerte vibratoire envoyant des signaux tactiles sur le corps de l'utilisateur en fonction de la position du danger (via une ceinture).



Les technologies de la salle d'expérimentation du CATIE sont souvent difficilement compréhensibles pour les entreprises, qui ne connaissent pas toujours leur utilité et leur fonctionnement.

Cet espace leur offre l'opportunité d'effectuer des tests selon les principes de la Conception Centrée Utilisateur, en autonomie ou accompagnées par nos experts.

Entre visites et démonstrations, la salle d'expérimentation est une véritable vitrine des compétences du CATIE. Nous sommes heureux de la mettre à disposition des entreprises et de leur proposer des solutions adaptées à leurs besoins.

En 2024, le CATIE a réalisé une trentaine de démonstrations des technologies disponibles, en plus de l'utiliser pour ses recherches internes.

Intelligence Artificielle 1/2.

Vers une IA ...

...plus performante et sécurisée

L'**Intelligence Artificielle (IA)** évolue rapidement, bouleversant de nombreux secteurs grâce à des avancées majeures en matière de traitement du langage naturel, de calcul distribué et d'optimisation des réseaux neuronaux.

Plusieurs axes stratégiques sont explorés au CATIE visant à améliorer l'**accessibilité**, la **spécialisation** et l'**efficacité des modèles** d'IA.

RAG : vers une IA contextuelle et sécurisée

Ces dernières années, l'**IA générative** a connu une expansion fulgurante. Intégrés dans de nombreux appareils, ces systèmes sont capables de produire du texte, des images ou d'autres types de contenu à partir des instructions d'un utilisateur.

Les IA les plus connues reposent sur des données d'entraînement fixes et, dans certains cas, sur des recherches en ligne pour compléter leurs

réponses. Cependant, **comment permettre à une IA d'accéder à des informations spécifiques, confidentielles ou non publiques ?**

La solution réside dans le concept innovant qu'est la **RAG (Restitution Organisée de Connaissances)**. Contrairement aux modèles classiques, cette approche fournit aux modèles de langage des **éléments de contexte**, provenant de documents structurés et non inclus dans leurs données initiales, extraits de **bases de données spécifiques**.



Ainsi, la RAG **recherche** des informations dans une base documentaire, **filtre** les résultats pertinents, puis **transmet** ces données au modèle qui peut alors formuler une réponse contextualisée et précise.

En 2024, deux systèmes RAG ont vu le jour.

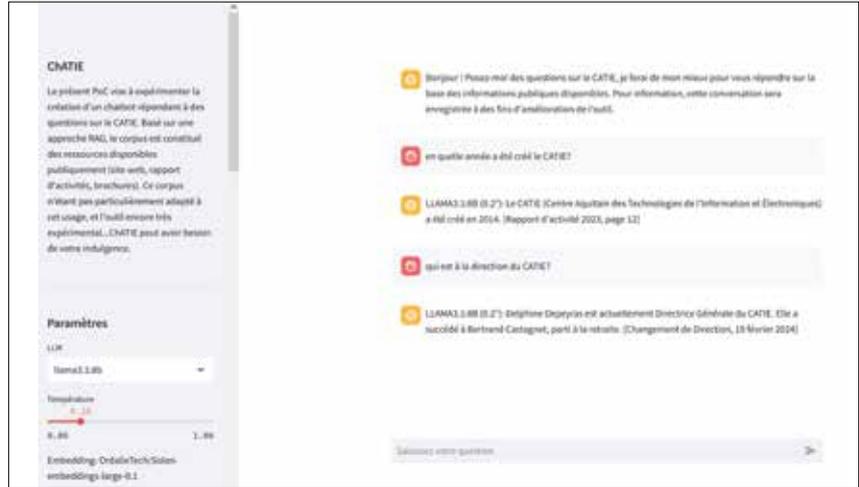
Grâce à ces développements, le CATIE continue de démontrer son engagement à **repousser les limites de l'innovation**, tout en répondant aux besoins croissants de personnalisation et de précision dans le domaine des IA.

ChATIE

ChATIE est dédié aux activités et compétences du CATIE. Il exploite une **base de données interne**, créée par l'équipe *Algorithmes & Données* et constituée de documents tels que les brochures, sites web, rapports d'activités, etc.

Cela permet de répondre précisément aux questions sur notre organisation.

<https://chatie-on-premise.vaniila.fr/>



KatIA

Cet assistant au Code de la route est spécialisé dans la législation routière. Le système **identifie les réponses** dans sa **base documentaire**. Il s'appuie sur des textes officiels et cite directement ses sources. Cela garantit des **réponses fiables et vérifiables**.

<https://ragdelaroute.vaniila.fr/>



+ La recherche

2024

(...)

FAT5 : une IA souveraine et efficace

Les grands modèles de langage **LLM (Large Language Models)** requièrent d'importantes ressources de calcul pour leur entraînement et ne sont généralement pas exécutables en local. Cela implique l'usage d'API et soulève des enjeux de **souveraineté** et de **confidentialité** des données.

Nous pensons au contraire que les modèles doivent pouvoir être utilisés en local, de manière indépendante. Pour cela, il est nécessaire d'opter pour des **modèles plus petits** qui ont en plus l'avantage de pouvoir être spécialisés sur les besoins métiers.

42

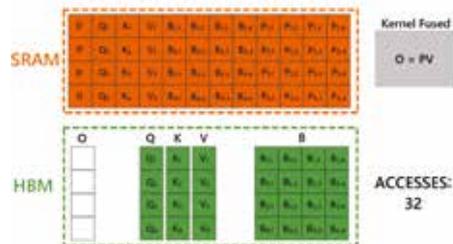
L'équipe *Algorithmes & Données* s'est donc fixé comme objectif de pouvoir **pré-entraîner de zéro et de manière efficace ce type de modèle**.

Alors que les différents acteurs de l'IA ont consacré beaucoup d'efforts à l'optimisation de *transformers* de type décodeur (comme **GPT**), abandonnant ainsi l'architecture encodeur (comme **BERT**), nous estimons essentiel de conserver une approche encodeur-décodeur.

Dans cette logique, nous nous sommes focalisés sur le **T5** de *Raffel et al.* (2020) et la **Flash Attention** de *Dao et al.* (2022) qui permet un entraînement rapide.

Cependant, cette dernière ne gérant pas les biais attentionnels additifs du T5, nous l'avons étendue en développant un **noyau CUDA personnalisé**.

Nous sommes ainsi passés d'une mémoire quadratique à une mémoire linéaire, augmentant par conséquent la taille de contexte que le modèle peut gérer.



Nos diverses optimisations ont abouti au pré-entraînement complet du **FAT5** (Flash Attention T5), un modèle T5 pour la **langue française** de **147 millions de paramètres**, en seulement **1461 heures**.

Cette rapidité conduit à des émissions moindres par rapport aux autres modèles en français, mais aussi un coût de pré-entraînement à **2 200€, bien en-deçà des autres solutions existantes**.

Modèle	Temps (H)	Emissions (kg Co2 eq)
Camembert	6 144	106,91
Flaubert base	13 120	190,24 à 228,29
Flaubert large	49 920	723,84 à 868,61
Barthez	7 680	107,52 à 129,02
FAT5	1 461	13,5

Visitez <https://hf.co/spaces/CATIE-AQ/FAT5-rapport>

... plus embarquée

2024

IA embarquée : optimiser la puissance des systèmes contraints

Nos travaux explorent l'accélération des **réseaux de neurones sur cibles embarquées**, avec un focus sur l'IA frugale. L'enjeu est d'intégrer des modèles IA sur des systèmes aux ressources limitées en puissance de calcul, mémoire et consommation énergétique.

Nous étudions des accélérateurs matériels spécialisés, comme les NPU (*Neural Processing Units*), optimisant l'exécution des réseaux neuronaux. Notre veille technologique nous permet d'**anticiper les évolutions du secteur et d'adopter des solutions adaptées** aux systèmes embarqués modernes.

Nous avons ainsi développé **deux projets qui illustrent concrètement nos travaux et nos avancées** dans le domaine.

ETHA (*Energetic Testbench for Heterogeneous Algorithms*) est un banc de test évaluant les performances de cibles embarquées (microcontrôleurs, GPU, NPU, FPGA) pour l'exécution de réseaux neuronaux.

Il met en œuvre un algorithme spécifique de réseaux de neurones sur les cibles sélectionnées et **mesure des paramètres essentiels** tels que la précision, le temps d'exécution, la latence et la consommation



énergétique, permettant ainsi une analyse fine des compromis entre performance, coût et efficacité énergétique.

NEURA (*Neural Engine Using Reconfigurable Acceleration*) est un **accélérateur innovant** conçu pour l'exécution de réseaux de neurones sur cibles *FPGA* et *ASIC*. Ce moteur se distingue par sa flexibilité, permettant une **configuration adaptative** des ressources utilisées pour répondre aux besoins variés des applications cibles. **43**

Grâce à cette capacité de redimensionnement, NEURA **optimise l'équilibre** entre plusieurs contraintes clés : le coût du matériel, la consommation énergétique, la précision calculatoire et les exigences temporelles.

En ajustant ses ressources, NEURA offre une **solution performante et personnalisée** pour intégrer l'Intelligence Artificielle dans des environnements aux contraintes diversifiées.

Cybersécurité.

Protéger l'IA et les systèmes embarqués des menaces émergentes



Avec le développement du numérique, la cybersécurité est devenue un enjeu majeur, en particulier dans les domaines de l'Intelligence Artificielle et des objets connectés.

44

Entre attaques adversariales, sécurisation des pratiques des *data scientists* et protection des systèmes embarqués, les défis sont légion. Les équipes *Algorithmes & Données* et *Systèmes Cyber-Physiques* du CATIE s'engagent dans une exploration approfondie pour développer des **solutions robustes et durables**.

Cybersécurité et Intelligence Artificielle : une nouvelle frontière

L'équipe *Algorithmes & Données* initie une première phase d'exploration des enjeux liés à la cybersécurité appliquée à l'**Intelligence Artificielle**.

2024 visait à jeter les bases d'une expertise solide en investiguant plusieurs axes stratégiques : l'utilisation des **modèles de langage (LLM)** et l'analyse de leurs vulnérabilités, l'étude des

attaques adversariales et des solutions de renforcement de la **robustesse des modèles**, ainsi que le développement de solutions automatisées pour la **détection** de fausses informations.

Les attaques adversariales illustrent parfaitement ces enjeux : en modifiant légèrement une image, un modèle peut interpréter un panneau "stop" comme un panneau de "fin de limitation de vitesse", voire comme un objet totalement différent, compromettant ainsi la **fiabilité** des systèmes d'IA.

Sécurisation des pratiques des *data scientists*

Un autre enjeu concerne les pratiques des *data scientists* qui téléchargent et exécutent fréquemment des modèles ou du code trouvé en ligne, parfois sans suffisamment de vigilance.

Pour mieux sécuriser ces usages, une **veille** a été mise en place sur les **risques** les plus courants et les **bonnes pratiques** à adopter.

Afin d'accompagner cette montée en compétence, nous avons intégré à l'équipe un élève ingénieur de l'ENSEIRB-MATMECA pour une alternance de 3 ans. Son rôle sera d'aider à structurer et d'approfondir ces travaux, avec pour ambition de concevoir une **approche durable et proactive** sur ces thématiques.

Sécurisation des objets connectés et des systèmes embarqués

L'essor et l'intégration des objets connectés (*IoT*) dans des environnements sensibles comme les secteurs de l'automobile, du médical ou de l'industrie, font de la **cybersécurité des systèmes embarqués** un enjeu majeur.

Ces systèmes doivent garantir la confidentialité, l'intégrité et la disponibilité des données tout en respectant de nouvelles réglementations. Or leurs contraintes inhérentes (performances limitées, mises à jour difficiles, architectures spécifiques) compliquent l'intégration des **mécanismes de sécurité** modernes.

Projets et avancées en cybersécurité IoT

En 2024, l'équipe *Systèmes Cyber-Physiques* s'est attelée à développer, via la plateforme 6TRON, un démonstrateur d'une solution IoT sécurisée de bout en bout.



Trois axes majeurs ont été explorés :

1. **Mise à jour sécurisée du logiciel embarqué** : implémentation d'un mécanisme de mise à jour *Over-The-Air (OTA)*, incluant la vérification d'intégrité, la signature et la version des *firmwares* via un *bootloader* sécurisé ;
2. **Gestion des certificats et démarrage sécurisé** : mise en place d'un système de provisionnement permettant l'enregistrement sécurisé des objets, la signature des certificats par la plateforme IoT et leur chargement dans les objets connectés ;
3. **Migration vers Zephyr OS** : utilisation de *Zephyr OS* pour les briques nécessaires à la plateforme 6TRON suite à la fin du support de mbedOS.

En parallèle, une **veille continue** a été mise en place afin d'adopter une méthodologie de conception "*Security By Design*" en accord avec les **réglementations émergentes en cybersécurité**.

Défis et perspectives

Des défis techniques restent à relever, notamment face aux **attaques matérielles**.

Les certificats et clés de chiffrement, actuellement **stockés en clair** dans la mémoire flash des systèmes, sont vulnérables.

Les prochaines étapes viseront à **renforcer leur protection** en intégrant des solutions avancées telles que la *TrustZone* (assurant l'isolement des ressources sensibles) et l'utilisation de "*Secure Elements*" pour un stockage sécurisé en environnement protégé.

Systemes numériques adaptés.

Vers une interaction et une analyse optimisées

Avec l'essor des interactions numériques, l'optimisation des interfaces et des systèmes d'analyse physiologique devient cruciale.

Le CATIE explore les signaux physiologiques humains, la communication non verbale et les interactions homme-machine afin d'optimiser les usages et l'acceptabilité des technologies émergentes comme l'IA, la Réalité Mixte et les interfaces haptiques.

46

L'**analyse de l'Humain** consiste à explorer, entre autres, les signaux physiologiques et leur traitement (captation, mise en forme pour une analyse in-situ ou déportée) via des dispositifs peu invasifs.

Un premier **boîtier ECG** avait été développé dans le cadre d'une thèse CIFRE, permettant l'**acquisition** et l'**analyse** des signaux respiratoires et cardiaques grâce à un algorithme embarqué.

Des optimisations ont réduit sa taille et augmenté son autonomie.

L'objectif est de proposer des **solutions moins invasives** tout en maintenant la qualité des données. Une étude sur la photopléthysmographie (PPG) est en cours pour déterminer les paramètres

d'acquisition optimaux, comme la fréquence d'échantillonnage souvent limitée sur ces dispositifs, et développer un **capteur propriétaire** pour disposer des données brutes.

Un **boîtier de synchronisation et de recueil** a également été conçu dans le cadre de la thèse CIFRE d'Alix BOUNI pour l'analyse des états cognitifs, intégrant **plusieurs capteurs** : ECG pour le rythme cardiaque, EMG pour l'activité musculaire, respiration, mouvement (centrale inertielle).

En 2024, un prototype *Bluetooth* a été développé pour **synchroniser et enregistrer ces signaux** puisqu'il est crucial que toutes les mesures soient réalisées simultanément afin de pouvoir **corrélérer les marqueurs**.

Il est en effet important d'obtenir un système facilement paramétrable et d'ajouter ou supprimer les capteurs souhaités pour chaque expérience. Aussi les prochaines évolutions viseront-elles à rendre le dispositif **autonome** et modulable, avec une **interface utilisateur simplifiée**.

Enfin, une revue d'état de l'art de l'activité électrodermale (EDA) est prévue afin d'améliorer la captation des signaux sur le long terme.

Communication Non Verbale

Développée en parallèle à l'axe IHM, la recherche sur la communication non-verbale (CNV) est centrale dans nos travaux de R&D. Elle s'inscrit dans une vision où la communication numérique doit **mieux intégrer les aspects verbaux et non-verbaux** essentiels aux plateformes collaboratives (Teams, Slack, Shariing) et d'apprentissage (Moodle).

Nos recherches visent à identifier les facteurs clés d'une communication efficace en intégrant **modèles théoriques et outils numériques**.

L'objectif 2024 a été de concevoir des modules innovants pour enrichir l'expression non verbale via des **interfaces numériques** (émoticônes, avatars, indicateurs gestuels, retours haptiques...).

Parmi les défis à venir : créer des outils adaptés aux utilisateurs, évaluer itérativement les solutions et intégrer des méthodes d'analyse. Ces avancées ouvriront la voie à des projets innovants en **télé-communications, formation et téléassistance interculturelle**, avec des partenaires variés.

Ces recherches veulent renforcer la communication humaine dans les environnements numériques actuels au travers d'approches non invasives et adaptées à tous contextes.

Interaction Homme-Machine

Le domaine des Interfaces Homme-Machine (IHM) progresse rapidement grâce aux avancées en Réalité Mixte (RA/RV/XR), haptique et Intelligence Artificielle. Ces innovations redéfinissent l'**interaction** avec des environnements numériques complexes, en **formation, collaboration** ou **simulation immersive**.

Nos projets R&D explorent l'intégration de retours haptiques (ex. ceintures vibratoires) et d'interfaces gestuelles en RA/RV pour divers usages (collaboration Humain-IA, simulateurs...).

Nous développons ainsi un simulateur immersif de conduite moto pour tester les **alertes multi sensorielles** (vibration, son, vision).

L'objectif est de concevoir des outils interactifs alliant immersion, efficacité et sécurité dans les environnements numériques en prenant en compte l'explicabilité des IA, la confiance utilisateur et l'optimisation des interactions.

En alliant ergonomie, co-conception (CCU) et technologies avancées, nos travaux ouvrent la voie à des applications concrètes dans les secteurs industriel, éducatif et collaboratif, **consolidant la place du CATIE en IHM innovantes**.

Thèses CIFRE.

Fonctionnement

La **Convention Industrielle de Formation par la Recherche (CIFRE)** est un programme français qui favorise la **collaboration entre une entreprise, un doctorant et un laboratoire de recherche public.**

Ce dispositif permet à une entreprise de droit français de recruter un doctorant pour mener un projet de recherche, en partenariat avec un laboratoire académique, aboutissant à la soutenance d'une thèse.

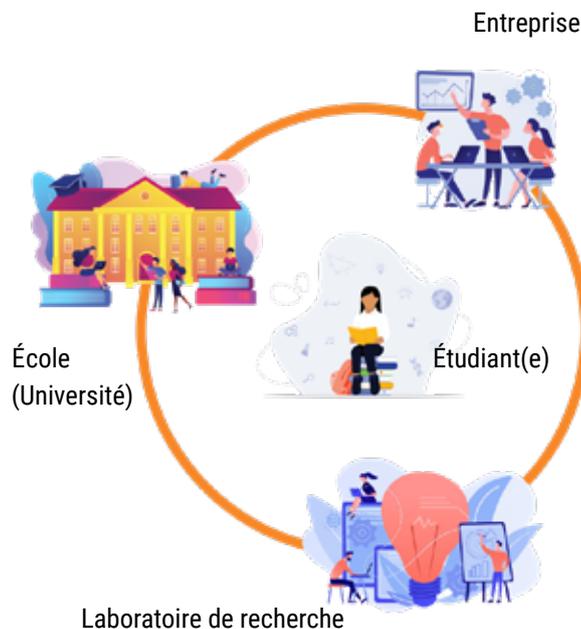
48

Comment ça fonctionne ?

Au CATIE, le doctorant est employé pour une période de trois ans.

Celui-ci mène un projet de recherche appliquée ou fondamentale, défini conjointement avec le laboratoire académique, dans le cadre de l'obtention d'un doctorat délivré par l'école doctorale de l'université.

Le CATIE bénéficie en outre d'une subvention annuelle de l'État pour soutenir le salaire du doctorant et financer les coûts liés au projet de recherche.



Pourquoi faire une thèse CIFRE ?

La thèse présente des avantages significatifs pour toutes les parties prenantes.

Le doctorant acquiert une expérience professionnelle en entreprise tout en réalisant un travail de recherche académique, ce qui facilite son insertion professionnelle

Le CATIE a des compétences de haut niveau pour mener des projets innovants. Les thèses CIFRE lui permettent de renforcer ses liens avec le monde académique, favorisant ainsi le transfert de technologies et l'application concrète des recherches.



Thèses CIFRE.

Fulin Yan

2024

L'hybridation IA et méthodes classiques dans des problèmes d'optimisation combinatoire.

Cette thèse, débutée en mars 2023 et prévue jusqu'en 2026, vise à résoudre des **problèmes d'optimisation combinatoire**, souvent rencontrés dans l'industrie (comme le problème du sac à dos, l'ordonnancement ou le routage).

Ces problèmes peuvent être modélisés grâce à la programmation dynamique comme des processus de décisions séquentielles avec des contraintes supplémentaires linéaires liées à la **consommation de ressources**.

Les approches exactes pour ces problèmes, bien que précises, sont souvent coûteuses en temps de calcul, ce qui limite leur applicabilité.

Les **méthodes heuristiques** sont donc particulièrement attractives puisqu'elles sont capables de fournir des solutions de qualité dans des délais raisonnables.

L'objectif de cette thèse est de développer une approche heuristique générique, combinant **apprentissage automatique et optimisation** pour résoudre efficacement ce type de problèmes.

Dans le cadre du projet actuel, une méthode intégrant l'apprentissage automatique dans la recherche de faisceaux est proposée. Cette méthode calcule des solutions heuristiques à cette classe de problèmes.

49

L'apprentissage automatique intervient pour **guider la recherche des solutions en prédisant des scores**, ce qui améliore l'exploration des espaces de solutions. Cette approche est **générique** et peut s'adapter à des instances de problèmes de tailles variées sans nécessiter d'informations spécifiques au domaine.

Thèse menée entre l'Institut Mathématique de Bordeaux et le CATIE, sous la direction de François CLAUTIAUX (IMB) et encadrée par Boris ALBAR, HOLA Kwame ADRAKEY (CATIE) et Aurélien FROGER (IMB).

Thèses CIFRE.

Matisse Poupard



Les travaux de thèse entamés en 2022 s'inscrivent dans une démarche d'**optimisation des apprentissages au sein d'environnements numériques immersifs**.

Ils prennent en compte 3 facteurs clés : le niveau d'expertise des apprenants, leur curiosité épistémique et le mode d'instruction proposé.

50

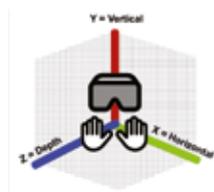
2024 a été marquée par plusieurs avancées significatives. Tout d'abord, des études ont approfondi la compréhension du rôle des connaissances préalables dans l'**efficacité des outils immersifs pour l'apprentissage de la neuro-anatomie**, en s'appuyant sur des populations d'apprenants aux niveaux d'expertise variés. Ces analyses ont permis de mieux cerner les contextes pédagogiques dans lesquels ces technologies offrent les meilleurs résultats [1].

L'autre axe de recherche a porté sur l'**exploitation des données comportementales collectées en VR**, notamment les mouvements des mains et de la tête, afin de caractériser la motivation intrinsèque et la charge cognitive des participants.

Cette approche innovante vise à développer des **indicateurs comportementaux** permettant une évaluation en temps réel de l'expérience et de l'engagement des apprenants dans les environnements immersifs.

Les résultats obtenus en 2024 ont été valorisés lors de plusieurs événements scientifiques, tels que la *4th International Conference on Science and Technology Education* à Porto [2] et la *International Cognitive Load Theory Conference 2024* à Sydney [3]. Ces travaux ont mis en lumière des **liens étroits entre charge cognitive et motivation intrinsèque**, confirmant leur rôle central dans l'efficacité des dispositifs éducatifs immersifs.

Ces recherches apportent des **premières réponses aux besoins croissants en solutions pédagogiques immersives**. Elles permettent aussi d'**orienter de manière stratégique** le développement et l'intégration de ces technologies au sein des projets de l'équipe Systèmes Centrés sur l'Humain, en identifiant les contextes éducatifs les plus propices à leur adoption et à leur efficacité.

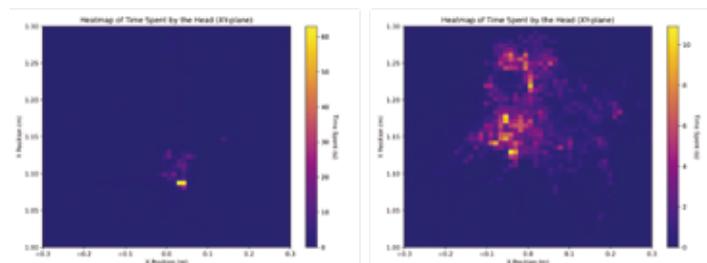


Les positions des mains et de la tête dans l'espace 3D, ainsi que la rotation de la tête, ont été mesurées pendant l'activité.



Ces données permettent de quantifier le degré d'exploration de l'environnement par le participant.

L'exploration ainsi analysée peut servir d'indicateur de curiosité.



Carte de position d'un utilisateur ayant peu exploré l'environnement virtuel (à gauche) et d'un utilisateur ayant largement exploré l'environnement (à droite).



[1] Matisse Poupard, Florian Larrue, Martin Bertrand, Dominique Liguoro, André Tricot, et al.. Using virtual reality for enhancing neuroanatomy learning by optimizing cognitive load and intrinsic motivation. 2024. (hal-04814452)

[2] Matisse Poupard, Florian Larrue, Martin Bertrand, Dominique Liguoro, André Tricot, et al.. Guided Drawing in Medical Education: Evaluating AR and MR Systems for Anatomy Learning. STE 2024 - 4th International Conference on Science and Technology Education, Oct 2024, Porto, Portugal. (hal-04816181)

[3] Matisse Poupard, Florian Larrue, Hélène Sauzéon, André Tricot. The Interplay of Cognitive Load and Intrinsic Motivation in Neuroanatomy Learning through Immersive Technologies. CLT 2024 - The 16th International Cognitive Load Theory Conference, Nov 2024, Sydney, Australia. (hal-04816208)

Thèses CIFRE.

Alix Bouni



État cognitif de l'utilisateur adressé par l'intégration de biosignaux dans des systèmes cyber-physiques : apport des dynamiques neuro-viscérales et cognitivo-motrices.

Ce projet de thèse, né d'une collaboration entre le CATIE et l'équipe PMH_DySCo du laboratoire IMS, a pour objectif de **détecter les variations des états cognitifs** à travers l'analyse des signaux physiologiques recueillis par des capteurs faiblement intrusifs.

Notre étude se concentre principalement sur la **charge cognitive** qui peut être définie comme l'équilibre entre les ressources disponibles d'une personne et les exigences auxquelles elle est confrontée.

Habituellement, l'évaluation de la charge cognitive repose principalement sur des questionnaires.

Cette thèse vise à discriminer différents niveaux de charge cognitive à l'aide d'**indicateurs physiologiques et comportementaux** objectifs, fiables

et précis. Le projet de recherche s'axe aussi autour de l'évaluation de méthodes de prévention d'états cognitifs dégradés, tels que la **surcharge cognitive**.

Deux expérimentations ont été réalisées dans ce contexte :

1. **Évaluation des performances cognitives** de l'utilisateur à partir de l'analyse de ses mouvements ;
2. **Étude des effets de la cohérence cardiaque** (exercice de respiration) sur les performances cognitives, la charge cognitive et le stress, dans le but de prévenir les états cognitifs dégradés.

Ces expérimentations ont été menées à l'aide d'un **dispositif multi-capteurs** développé par le CATIE. Ce système intègre plusieurs capteurs physiologiques et de mouvement. Un travail important a été effectué pour assurer la **synchronisation des données** et la **fiabilité des mesures**.



Le dispositif comprend :

- Un électrocardiographe (ECG) pour mesurer l'activité électrique cardiaque (Fig.1) ;
- Un capteur d'électromyographie (EMG) pour enregistrer l'activité musculaire ;
- Un accéléromètre pour analyser les mouvements (Fig.1) ;
- Un capteur optique permettant de mesurer l'activité cardiaque et la saturation en oxygène du sang (Fig.1).

Les objectifs techniques consistent à développer un système intégré, performant, modulable et évolutif, répondant aux cas d'usage identifiés dans les projets du CATIE.

En exploitant les biosignaux issus de ce dispositif, il devient possible d'analyser, en temps réel, les ajustements physiologiques de l'utilisateur qui reflètent les adaptations cognitives déployées face aux contraintes de son environnement.

Grâce à ce système, une évaluation en temps réel de la charge cognitive du sujet sera réalisable.

La dernière phase de la thèse se concentrera sur **l'application de ces travaux à un environnement écologique**, permettant de tester et de valider le dispositif dans des conditions proches de la réalité quotidienne.



Fig.1 - ensemble multi-capteurs (ECG,PPG, accéléromètre) et cartes pour réaliser une tâche cognitive (Wisconsin Card Sorting Test)



Fig.2 - matériel de captation du mouvement (optitrack_trio)



Fig.3 - mise en place des capteurs et réalisation de tâches cognitives

Partenaires : Ecole doctorale SPI, Laboratoire IMS, groupe Cognitique, équipe PMH_DySCo en collaboration avec le CATIE

Direction de thèse : Laurent ARSAC, Véronique DESCHODT-ARSAC

Encadrement industriel : Olivier CHEVALERIAS, Denis-Henri FAGUET

Thèses CIFRE.

Luc Dumas-Laussinotte



Les systèmes électriques sont omniprésents et nous sommes de plus en plus demandeurs de systèmes alimentés par batterie. Celle-ci doit nécessairement être associée à un convertisseur régulant son courant pendant la charge et la décharge.

54

À ceci faut-il généralement ajouter un dispositif qui assure l'équilibrage des tensions au sein des différents éléments qui peuvent avoir des paramètres légèrement différents.

Débutée en octobre 2024, cette thèse, ayant pour sujet les "**Convertisseurs de puissance partielle pour système électrique avec batterie**", visera à améliorer les performances et le rendement des dispositifs de conversion d'énergie tout en réduisant leur coût.

Cette ambition repose sur deux caractéristiques intrinsèques des batteries, souvent sous-exploitées dans les solutions classiques :

- Les batteries sont constituées de cellules élémentaires de très basse tension. Elles sont connectées en série et en grand (ou très grand) nombre pour obtenir une tension plus facilement exploitable et, pour une puissance donnée, un courant réduit ;
- La tension aux bornes d'une batterie reste relativement stable, aussi bien durant son cycle de fonctionnement que sur l'ensemble de sa durée de vie.

Ces caractéristiques offrent des degrés de liberté supplémentaires, ouvrant ainsi la voie à de **nouvelles structures de conversion d'énergie**.

Le champ d'application pour ce type de convertisseur est potentiellement vaste car il existe de nombreux systèmes sur batteries fonctionnant à **différents niveaux de puissance** : du Watt (smartphone), au mégaWatt et même au-delà, avec des dispositifs de soutien au réseau électrique par exemple.

Démarche et méthodologie

Dans un premier temps, il s'agira de se familiariser avec le concept de **Convertisseur de Puissance Partielle** (*Partial Power Converter PPC*), largement décrit dans la littérature récente. Toutefois, la plupart des travaux existants repose sur des solutions utilisant des transformateurs qui engendrent des coûts élevés et un encombrement important.

Plus récemment, de nouveaux concepts sans transformateur ont été imaginés, susceptibles de couvrir un large domaine d'applications et de puissances.

Le travail consistera donc à :

1. **Identifier une application cible** en définissant un cahier des charges compatible avec les moyens disponibles.
2. **Concevoir une maquette** de validation à échelle de quelques kilowatts permettant de démontrer le concept.

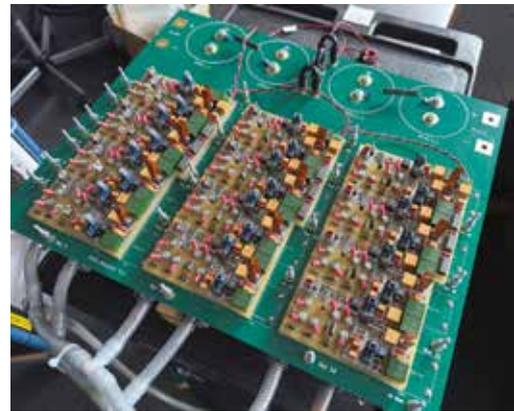
Le **CATIE** apportera ses compétences ainsi que ses moyens de conception et de réalisation des **cartes électroniques** et de commande numérique (notamment *ALTIUM*, *Zephyr Os*).

Le **laboratoire LAPLACE** mettra à disposition son expertise et ses outils d'étude des systèmes de **conversion d'énergie** (notamment *PLECS* et *Matlab*).

En s'appuyant sur le CATIE pour son savoir-faire en *open source* et en capitalisant sur les cartes de l'écosystème 6TRON (<https://6tron.io/>), un objectif supplémentaire de la thèse sera de réaliser des briques génériques de puissance sur le même format.

Ces dernières seront composées d'une cellule élémentaire de commutation utilisée en électronique de puissance (avec son contrôle et capteurs associés) qui pourront servir pour mettre en œuvre cette nouvelle topologie de convertisseur ou être utilisées pour réaliser des convertisseurs plus traditionnels (*Buck*, *Boost*, *Cùk*, etc).

La thèse se déroulera en plusieurs phases : étude analytique préliminaire, validation par simulation, optimisation, conception des lois de commande et validation expérimentale.



Maquette de test Convertisseur à Puissance Partielle 12 cellules
(Transistor 600V, 100A)

Caylar.

Des alertes, autrement.

Depuis deux ans, le **Centre Aquitain des Technologies de l'Information et Électroniques (CATIE)**, par l'intermédiaire de son équipe *Systèmes Centrés sur l'Humain*, a collaboré avec ses partenaires **Caylar SAS**, le **laboratoire Passages** (département de géographie de l'Université de Bordeaux) et la Sécurité Routière pour développer des solutions innovantes en matière de **sécurité des deux-roues**.

Ces efforts s'inscrivent dans le cadre du **projet NTIC-Secu2R** visant à évaluer et optimiser l'utilisation des technologies sensorielles pour la prévention des accidents de la route. Caylar a conçu une **ceinture vibratoire** permettant de transmettre des signaux tactiles géolocalisés sur le corps.

Ce dispositif **a été testé en parallèle avec d'autres technologies**, telles que des lunettes de Réalité Augmentée et des alertes sonores, grâce à un simulateur de moto spécialement développé par le CATIE pour l'occasion.

L'objectif principal est de déterminer les modalités sensorielles les plus adaptées pour transmettre des **informations critiques** aux conducteurs, en tenant compte de leurs **capacités cognitives et motrices**, ainsi que des **contraintes** inhérentes à la conduite de deux-roues.

La méthodologie repose sur des protocoles expérimentaux rigoureux incluant des **tests utilisateurs sur simulateur**.

Les principaux axes de recherche incluent :

- L'évaluation des dispositifs de communication sensorielle (visuelle, tactile, auditive) ;
- La Conception Centrée Utilisateur pour garantir l'acceptabilité et l'efficacité des solutions ;
- L'étude comparative des performances selon les profils de conducteurs (experts / profanes – électrique / thermique - etc.).

Le **simulateur de moto du CATIE** est un outil central dans nos recherches. Il permet de recréer des **environnements immersifs et sécurisés** pour analyser le comportement des conducteurs



dans des situations de conduite complexes voire dangereuses.

Grâce à cet outil, il est possible de **simuler** des *scenarii* réalistes, incluant des **facteurs de risque** variés tels que des obstacles imprévus ou des intersections complexes.

L'intégration de technologies (Réalité Augmentée, alertes sonores, vibrations, etc.) permet au simulateur d'**évaluer l'efficacité** des dispositifs d'alerte en **conditions contrôlées**.

Il collecte des données sur la perception, l'attention et les réactions des conducteurs, tout en garantissant leur sécurité. Il contribue également à **affiner nos protocoles** et à **ajuster les solutions** en fonction des retours d'expérience.

Les premiers résultats indiquent une préférence des motocyclistes civils pour les alertes vibratoires, en raison de leur caractère intuitif et non intrusif.

Les tests réalisés avec des motocyclistes de l'**Escadron Départemental de Sécurité Routière** (EDSR) ont en outre souligné la nécessité d'adapter

ces technologies aux exigences des conducteurs experts. Des avancées significatives ont également été réalisées dans la **compréhension des zones corporelles les plus adaptées** pour la transmission vibratoire ainsi que dans le développement de grammaires vibratoires efficaces pour divers types d'alertes.

Les résultats obtenus encouragent la poursuite de recherches afin :

- D'affiner les dispositifs technologiques, en particulier les solutions vibro-tactiles ;
- De développer des recommandations spécifiques sur le choix des canaux sensoriels en fonction du profil des utilisateurs et des situations de conduite ;
- D'étendre les expérimentations à d'autres contextes, notamment les mobilités professionnelles et interurbaines.

Les collaborations avec des partenaires institutionnels et industriels seront renforcées en 2025, consolidant ainsi le rôle du CATIE en tant qu'acteur clé dans la recherche appliquée en **Facteurs Humains**.

CIVC.

Le Comité Interprofessionnel du Vin de Champagne, regroupant l'ensemble des acteurs de la filière (viticulteurs, négociants-manipulants, maisons de Champagne, syndicats professionnels et caves coopératives), renouvelle sa confiance au CATIE en prolongeant en 2024 un projet lancé en 2023 sur la gestion de la Flavescence dorée (FD).

Cette maladie de quarantaine, transmise par la cicadelle *Scaphoideus titanus*, menace les vignobles en causant d'importantes pertes.

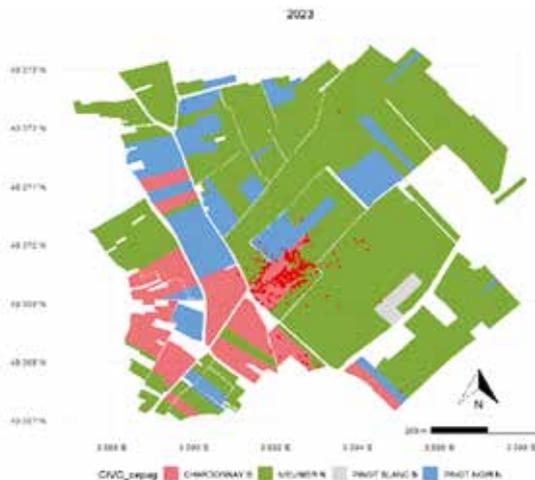
58

Longtemps jugée rare en Champagne, elle fait l'objet d'une **surveillance accrue depuis 2019** après la découverte de foyers.

Des traitements insecticides et des arrachages préventifs ont été mis en place pour limiter sa propagation. Il est toutefois essentiel de mieux **comprendre les mécanismes de dispersion** de la maladie, d'évaluer l'impact des différents cépages et d'optimiser les stratégies de surveillance et d'arrachage afin d'améliorer l'efficacité de la lutte contre la Flavescence dorée.

L'objectif de ce projet est de :

- Comprendre la propagation de la maladie en **évaluant les paramètres épidémiologiques** de la FD (distance de dispersion, taux d'infection, rôle des cépages, etc.) ;



Distribution spatiale des ceps contaminés détectés en 2023

- Analyser différentes stratégies de contrôle en **testant** l'impact de l'arrachage préventif autour des ceps infectés (*ring-culling*) et en **comparant** l'efficacité des différents *scenarii* (distance d'arrachage, éventuelle replantation, etc.) ;
- Orienter la prospection future en élaborant une "carte de risque" afin d'**identifier** les zones les plus sujettes à infection et définir des zones d'inspection prioritaires.

Méthodologie du CATIE

Le CATIE a développé une méthodologie de **modélisation épidémiologique**, appliquée à des foyers de l'Aisne ainsi qu'aux communes voisines de la rive sud de la Marne, qui se décline ainsi :

- **Collecte de données** à partir d'inspections de terrain, d'analyses en laboratoire pour la détection de la FD et d'informations sur les traitements insecticides appliqués ;

- Développement d'un **modèle mathématique épidémiologique** pour simuler la propagation de la FD cep par cep. Ce dernier prend en compte la distance de dispersion du phytoplasme via son vecteur, la sensibilité variable des cépages (Chardonnay, Meunier, Pinot) et l'impact des mesures de lutte sur l'évolution de l'épidémie ;
- Utilisation de **techniques bayésiennes** (MCMC) pour estimer les paramètres du modèle, notamment les distances moyennes de dispersion, et vérifier la fiabilité des prédictions en les comparant aux données réelles recueillies sur le terrain.

Cette étude de modélisation et d'analyse de l'épidémie de Flavescence dorée en Champagne offre plusieurs enseignements importants :

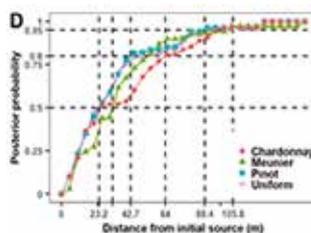
- La propagation spatiale est en grande partie concentrée dans un rayon d'environ 30 à 60 mètres autour des ceps infectés, justifiant une surveillance accrue dans ce périmètre ;
- Les simulations appuient les prospections ciblées par carte de risque : elles aident à repérer rapidement et efficacement les zones les plus menacées ;
- L'arrachage préventif avec un rayon adapté constitue une stratégie de lutte particulièrement efficace, surtout s'il est complété par une application rigoureuse d'insecticides et un contrôle sur le matériel de replantation.

Ces travaux apportent une base scientifique solide pour améliorer la lutte contre la Flavescence dorée et affiner les campagnes de prospection.

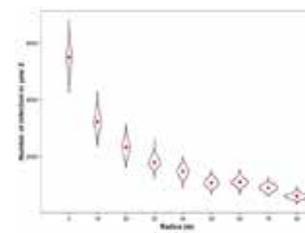
Ils resteront à compléter par une meilleure connaissance de la biologie du vecteur, du matériel végétal introduit et par un suivi de la maladie sur de plus larges zones.

Toutefois, cette stratégie pourra être **adaptée à d'autres régions et pratiques agricoles**.

Elle pourrait également contribuer à trouver un compromis entre l'arrachage des ceps et l'utilisation des insecticides, en prenant en compte les aspects économiques liés aux vignobles.



Impact de la distance à une source d'infection sur la probabilité de détection de nouvelles infections



Évolution de la distribution a posteriori des pieds infectés durant la deuxième année après la détection de 125 pieds FD, selon une stratégie d'arrachage dans un rayon déterminé

Ce projet, mené en collaboration avec l'INRAE, fera l'objet d'une publication scientifique afin de partager ses conclusions avec la communauté scientifique et les acteurs de la filière viticole.

PEER.

The hyPEr expERt collaborative AI assistant
2023 – 2027



Bien que l'Intelligence Artificielle (IA) soit de plus en plus intégrée dans les entreprises, celles-ci se heurtent régulièrement au manque d'acceptabilité de ces outils par leurs employés ou clients.

Comment rendre les outils d'IA non seulement acceptables, mais également dignes de confiance ?

C'est la question à laquelle le projet PEER (*hyPEr expERt*), auquel le CATIE participe depuis octobre 2023, cherche à répondre.

60

Au travers de 4 cas d'usage différents, un consortium européen de 13 partenaires s'efforce de concevoir des **outils d'aide à la décision séquentielle** qui soient à la fois **acceptables** et **dignes de confiance** pour leurs utilisateurs.

Le département *Systèmes Centrés sur l'Humain* du CATIE est notamment en charge de la création d'un **indice** permettant de mesurer efficacement et de comparer l'acceptabilité de ces outils d'IA. Cet indice, principalement basé sur la confiance des utilisateurs envers les systèmes, pourra être utilisé au-delà des cas d'utilisation du projet.

En 2024, l'équipe PEER du CATIE a conduit des recherches sur les **concepts fondamentaux** de l'acceptabilité et de la confiance envers les

systèmes numériques, tels que la transparence, le contrôle de l'utilisateur, la collaboration, etc. Ces travaux ont été compilés dans un **livrable**, présenté à l'Europe et accessible au public, qui présente également les outils d'évaluation servant à établir l'indice. La construction itérative de cet indice se poursuivra durant les 2 prochaines années.

Le projet suit une méthodologie d'itérations comprenant la création de prototypes pour chaque *use-case*, suivie de leur évaluation en termes d'acceptabilité et d'autres notions. Les premiers prototypes sont attendus pour début 2025 et l'équipe PEER du CATIE sera responsable de leur évaluation via PEAC²H, l'un des plateformes *open source* du CATIE.

Les cas d'utilisation du projet PEER

- La ville d'Amsterdam (Pays-Bas) : Amsterdam souhaite développer une application pour **améliorer la mobilité des personnes en situation de handicap**. Le principal défi est de prendre en compte leurs besoins spécifiques d'accompagnement et de planification d'itinéraire.



Financé par
l'Union européenne

*Ce projet a reçu un financement de l'Union européenne
Horizon Europe programme de recherche et d'innovation
de l'Union européenne dans le cadre de la convention de
subvention n° 101120406*

- Les supermarchés SONAE (Portugal) : SONAE envisage de développer une application pour **aider ses clients lors de leurs courses** dans les supermarchés. L'un des défis initiaux consiste à fournir un itinéraire dans le magasin en fonction de la liste de courses de l'utilisateur, tout en lui fournissant explications et recommandations.
- Proditec (France) : Proditec fabrique des machines permettant le tri de médicaments ou de pièces. L'entreprise cherche à **faciliter et réduire la durée de formation** des utilisateurs sur ces machines, tout en garantissant l'acceptabilité de ces dispositifs qui varie en fonction des profils des utilisateurs.
- Datacation (Pays-Bas) : Datacation fournit une **solution d'aide à l'organisation du stockage de produits chimiques**. Ce processus doit répondre à des règles strictes de sécurité, tout en optimisant les taux d'occupation, la sécurité et les coûts. L'entreprise cherche donc à développer un assistant IA digne de confiance pour ses clients.

Qu'est-ce que l'acceptabilité ?

Un système est considéré comme acceptable lorsque les utilisateurs sont prêts à l'utiliser. Il faut distinguer acceptabilité, acceptance (qui se manifeste après l'utilisation du système) et adoption (résultant d'une utilisation à long terme).

Dans le cadre du projet PEER, nous nous intéressons à la mesure de l'acceptance des systèmes d'IA par les utilisateurs, en particulier sur la confiance qu'ils accordent à ces systèmes et donc sur les caractéristiques qui les rendent dignes de confiance.

Comment mesurer l'acceptabilité d'un outil ?

Pour évaluer les concepts précédemment évoqués, il est nécessaire de les diviser en sous-notions mesurables, telles que la collaboration, la transparence, la robustesse technique, etc. Chacune d'entre elles peut être mesurée selon différentes méthodes, comme des questionnaires par exemple.

Au cours des deux prochaines années, le projet PEER se concentrera sur l'évaluation de l'acceptabilité, de la confiance et de l'expérience utilisateur des outils développés, tout en travaillant à la mise en place d'un indice composite qui pourra être utilisé au-delà du projet.

Toutes ces évaluations seront réalisées sur PEAC²H, notre plateforme d'étude comportementale qui permettra de tester les systèmes en conditions réelles et d'analyser les retours des utilisateurs.

Livrable rédigé
par le CATIE



HAIKU.

Assistance aux pilotes de ligne



Le projet Européen **HAIKU** (*HumanAI Teaming Knowledge and Understanding for Aviation Safety*) vise à rendre la technologie de l'Intelligence Artificielle utilisée dans l'aviation commerciale plus avancée, en passant du niveau de maturité technologique (TRL) 3 à 5. Cela correspond à la validation et à la démonstration dans un environnement réaliste.

62

L'objectif principal du cas d'usage du CATIE, en collaboration avec **Thales, Embraer** et **Bordeaux INP**, est de créer un assistant intelligent performant qui **assistera les pilotes de ligne dans des tâches à forte intensité de travail**, comme par exemple les déroutements vers de nouveaux aéroports.

En 2024, la solution d'assistance basée sur **COMBI** (**COMMunication Bidirectionnelle**) a été testée et entraînée par 10 pilotes expérimentés qui ont évalué plus de 100 *scenarii* de déroutement, basés sur des intentions opérationnelles variées, afin d'entraîner l'Intelligence Artificielle.

Son objectif est de **faciliter la communication** entre le pilote et l'assistant intelligent en échangeant des intentions de haut niveau. Celles-ci, exprimées par le pilote, sont ensuite traduites en paramètres techniques compréhensibles par la machine qui **ajuste ses actions** en fonction des objectifs initiaux du pilote.

Cette approche a pour but d'**optimiser la prise de décision tout en réduisant la charge cognitive du pilote**.

Début 2025, la solution sera évaluée dans un **démonstrateur cockpit Thales**, permettant de simuler de façon représentative un environnement réel.

Ces évaluations, qui impliqueront 10 pilotes de ligne, porteront sur plusieurs critères essentiels : le processus décisionnel, la gestion de la charge de travail, l'acceptabilité du système par les pilotes, ainsi que la transparence et l'explicabilité de l'IA.



Accompagnement.

EDIH Dihnamic.

Le CATIE est membre de l'**EDIH Dihnamic**, un groupe d'acteurs de l'innovation, de la formation et du transfert de technologies dans la région Nouvelle-Aquitaine.

Dihnamic est mené par un *consortium* de 13 partenaires qui vise à accompagner les **PME locales pour monter en compétences autour des technologies numériques de pointe**, telles que l'Intelligence Artificielle, la robotique avancée, les systèmes intelligents et les jumeaux numériques.

Ce projet permet d'**accélérer la transition numérique et durable** du tissu industriel régional : Dihnamic encourage et soutient le développement d'une industrie dotée de technologies de pointe, résiliente et efficace en termes de ressources, en ligne avec les concepts d'IA de confiance.

Les services proposés visent à favoriser l'**adoption de l'IA de confiance**, en réponse aux besoins de l'industrie pour s'adapter aux défis économiques, environnementaux et sociétaux actuels, tout en considérant les aspects éthiques et environnementaux appliqués aux processus d'innovation et de numérisation. Les services basés sur l'IA et les

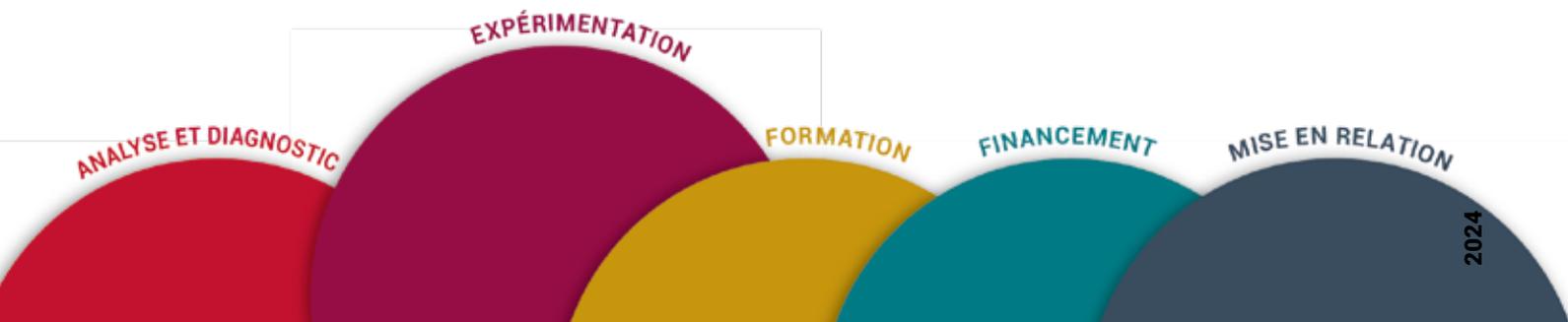
technologies numériques suivent les recommandations de la "stratégie européenne en matière d'IA de confiance".

Les objectifs de Dihnamic

Le dispositif mis en place depuis 2023 prévoit l'accompagnement de **plus d'une centaine d'entreprises** de la Nouvelle-Aquitaine au travers de services subventionnés par l'Europe et la Région.

Les **parcours Dihnamic** proposés sont adaptés en fonction des besoins de chaque entreprise et se déclinent sur quatre domaines : les tests et expérimentations, les formations, la mise en relation et l'aide à la recherche de financement.

Ceci permet un **accompagnement complet** de l'entreprise mais également **une montée en compétences** autour, par exemple, de l'IoT, de l'Intelligence Artificielle, des jumeaux numériques, ou encore de la robotique.



Le parcours détaillé

Le parcours Dihnamic commence par une **étape de diagnostic**, ce service 100% subventionné par l'Europe et la Région qui permet à l'entreprise de recevoir les conseils d'experts des technologies susmentionnées.

IB-Sys, une structure basée à Saintes, a bénéficié de cet accompagnement. Elle met l'ingénierie au service de la biodiversité en développant des solutions techniques et technologiques pour améliorer le quotidien des abeilles et des apiculteurs.

Isabelle Garnier, co-fondatrice, nous a partagé son expérience. Elle a découvert Dihnamic lors d'un événement coorganisé par le CATIE et ALPHA-RLH. L'approche proposée lui a rapidement semblé pertinente pour accompagner le développement d'IB-Sys.

Son entrée dans le parcours s'est faite de manière fluide et elle a trouvé l'accompagnement à la fois efficace et bienveillant, avec une grande disponibilité des équipes.

Dihnamic a pris en charge une grande partie de la gestion administrative, jugée souvent contraignante, ce qui a grandement facilité l'intégration d'IB-Sys dans le parcours.

Grâce à ce partenariat, elle espère faire progresser rapidement sa R&D et monter en compétence via les actions de formation proposées. Selon elle, ce soutien représente un vrai levier pour structurer son activité et renforcer la capacité d'innovation d'IB-Sys.

Si vous souhaitez, vous aussi, profiter du parcours Dihnamic, n'hésitez pas à nous contacter !

65



Co-financé par l'Union européenne et la Région Nouvelle-Aquitaine. Les vues et opinions exprimées sont toutefois celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles de l'Union européenne ou de la Région Nouvelle-Aquitaine. Elles ne sauraient engager la responsabilité de l'Union européenne ou de l'autorité concédante.

Izired.

Optimiser la gestion des opérations immobilières

La planification et la rentabilité des projets immobiliers dépendent en grande partie des contraintes d'urbanisme définies par les PLU (**Plans Locaux d'Urbanisme**). Ces réglementations influencent directement la surface constructible, la répartition des logements et les coûts de développement.

Dans ce contexte, le CATIE a été sollicité pour étudier la faisabilité d'**Izired**, un outil permettant d'automatiser l'analyse des PLU et d'optimiser la gestion des projets immobiliers.

L'objectif principal du projet Izired vise à faciliter l'exploitation des données d'urbanisme en **automatisant** 3 actions : l'extraction et la structuration des données des PLU (souvent disponibles en format PDF), l'identification des contraintes réglementaires impactant la constructibilité et l'optimisation foncière et financière, afin de proposer une configuration efficace des logements et des surfaces bâties.

Pour ce faire, l'équipe *Algorithmes & Données* a développé un ensemble de **modèles** de traitement des données et d'optimisation algorithmique adaptés aux besoins du projet.

Extraction et structuration des données : les PLU imposent diverses contraintes réglementaires (distances de recul, emprise au sol, obligations de stationnement).

Pour exploiter ces données, le CATIE a développé un **module d'extraction automatique** permettant de transformer ces documents en **données structurées et directement utilisables**.

Modélisation de la surface constructible : une fois les contraintes identifiées, elles sont **traduites** en facteurs de retrait, permettant de **modéliser** les polygones constructibles des parcelles.

Cette approche permet d'obtenir une première **représentation visuelle et exploitable** des zones potentiellement constructibles.

Optimisation du placement des bâtiments : notre équipe a mis en place une **méthode algorithmique** pour tester différentes configurations de placement des bâtiments, en tenant compte de :

- La typologie des logements (classiques, sociaux, attiques) ;
- Les coûts de construction et la rentabilité financière ;
- Les contraintes de surface et de fiscalité (TVA, subventions).

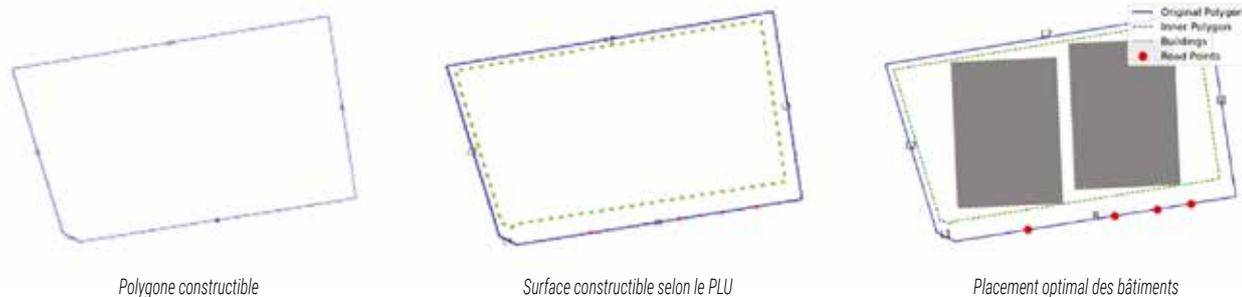


Fig.1 : représentation du processus d'optimisation

L'optimisation a été réalisée à l'aide d'un **solveur de programmation** (tel qu'*OR-Tools*) qui permet d'analyser et comparer plusieurs *scenarii* pour identifier la configuration la plus efficace.

Résultats et perspectives

L'optimisation de la surface constructible repose sur un processus en plusieurs étapes. Tout d'abord, un polygone offset est généré à partir des limites initiales du terrain afin d'intégrer les contraintes du PLU (distances de recul, hauteurs, emprise au sol). Ce polygone délimite ainsi l'espace réellement exploitable pour la construction en maximisant la surface tout en respectant les **règlementations en vigueur**.

Le processus d'optimisation est représenté en Figure 1. Le polygone extérieur bleu représente les limites globales du terrain, tandis que le polygone intérieur vert délimite l'espace réellement constructible après prise en compte des réglementations.

2 bâtiments (rectangles gris) occupent 704 m², soit 65 % de la surface disponible, laissant 379,2 m² inutilisés, principalement destinés aux espaces verts et au stationnement.

Concernant la répartition des logements, chaque bâtiment dispose de 2 unités de T1 (76,28 m²) pour les logements sociaux et de 6 unités de T1 (205,32 m²) pour les logements classiques. Dans les combles, 1 unité de T1 (35,16 m²) et 1 unité de T2 (53 m²) ont été intégrées. Aucune surface n'a été attribuée aux typologies T3, T4 et T5, suggérant une marge d'optimisation pour diversifier l'offre résidentielle.

L'optimisation a permis d'atteindre un bénéfice net significatif reflétant l'**équilibre entre densité des logements et la maîtrise des coûts de construction**.

Cela offre une base solide pour la planification immobilière et souligne le rôle important des outils numériques dans l'optimisation de l'aménagement urbain.

Jarvis ou presque.

Exemple concret d'application des grands modèles de langage

Le CATIE a été contacté par une grande entreprise internationale du secteur de l'électronique, comptant plus de 10 000 employés et générant un chiffre d'affaires de plus de 3 milliards d'euros.

Cette société, qui dispose notamment d'un site à Bordeaux, a exprimé le besoin de moderniser et de simplifier la prise en main d'une application de configuration d'appareils IoT (internet des objets) destinée aux professionnels de l'électronique.

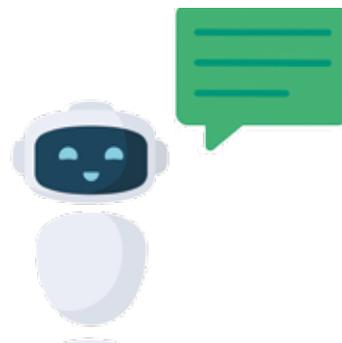
L'objectif : concevoir une nouvelle interface pilotée par le langage naturel.

Grâce à ses expertises pluridisciplinaires, le CATIE s'est naturellement imposé comme un partenaire clé pour lever les verrous technologiques liés au traitement du langage naturel et à l'interaction homme-machine.

Le projet explorait initialement la conception d'un *chatbot* basé sur un modèle de **Natural Language Understanding (NLU)**, capable de détecter les intentions dans des phrases écrites.

Cependant, les premières itérations entre le client et notre équipe, ainsi que les recommandations de nos experts en Facteurs Humains, ont conduit à une réorientation stratégique : privilégier les **grands modèles de langage (LLM)**.

Cette approche exploratoire a été mise en œuvre par le département *Algorithmes & Données* qui a conçu un **chatbot** capable d'intégrer aisément différents LLM orientés "conversation" avec une preuve de concept utilisant GPT-4.



Grâce à la fonctionnalité de **function calling** des LLM, le *chatbot* s'interface avec les produits IoT du client, en leur envoyant des commandes qu'ils connaissent.



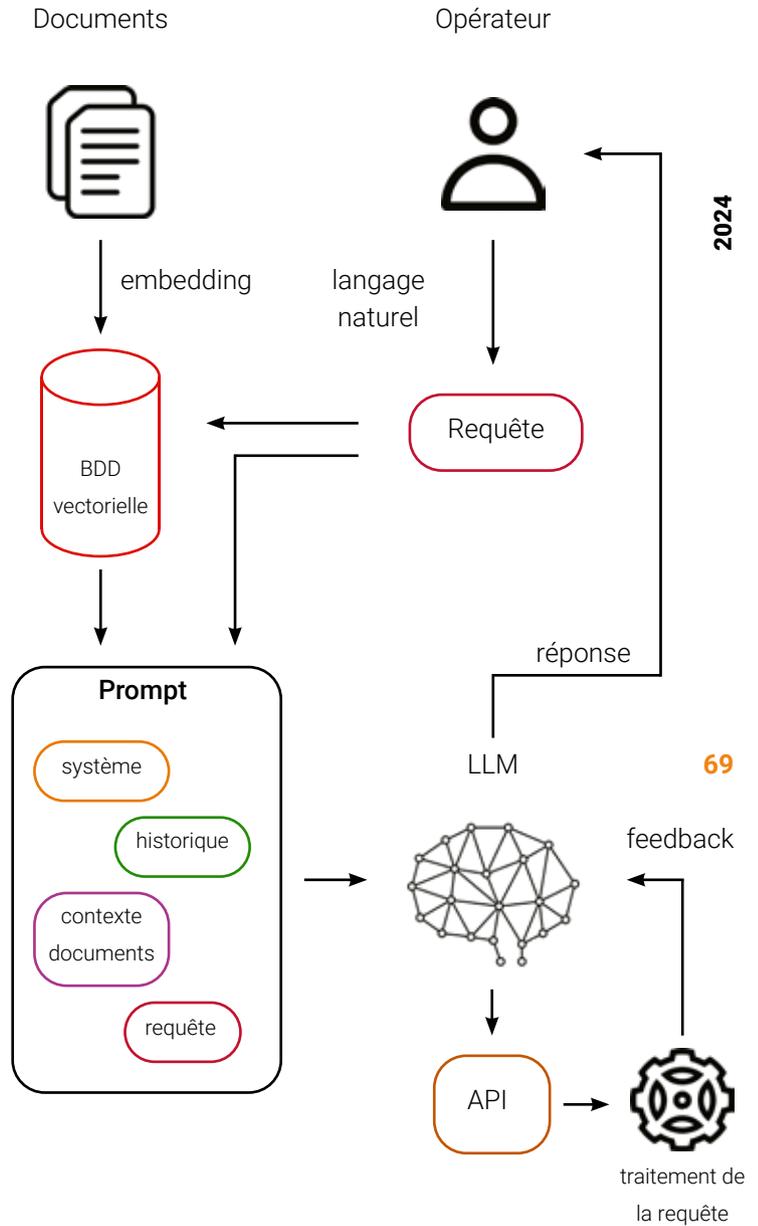
Le CATIE a également **dépassé les attentes initiales du client en développant des fonctionnalités novatrices qu'il n'avait pas envisagées.**

Parmi ces avancées figurent :

- **L'évaluation automatique des résultats** générés par le modèle afin d'améliorer la robustesse du *chatbot*;
- **La recherche et la reformulation** d'informations contenues dans les documents du client rédigés en langage naturel, grâce à la technique de **Retrieval Augmented Generation (RAG)**.

Le client a rapidement et facilement pris en main le code et la fonctionnalité RAG a été identifiée comme **une brique technologique à forte valeur ajoutée, destinée à être intégrée en priorité dans l'application.**

Cela nous a également permis d'échanger autour de l'IA générative qui pourrait faire l'objet de nouvelles collaborations.



Pipeline de RAG avec function calling

Lycée Kastler.

Formation des futurs techniciens à l'utilisation de l'écosystème 6TRON

Le lycée Alfred Kastler, situé à proximité du campus universitaire de Bordeaux-Talence, propose des formations de qualité reconnues, couvrant à la fois les domaines de la formation initiale, technologique et professionnelle.

Parmi ces filières, la section CIEL forme des techniciens supérieurs généralistes dans les 2 grands domaines de l'informatique (le réseau et le développement logiciel), tout en intégrant la **cyber-sécurité des systèmes d'information** dans chaque spécialité.

Dans le cadre d'un partenariat entre la section CIEL de Kastler, le CATIE et la Région Nouvelle-Aquitaine, le projet COCOS a vu le jour. Il vise à intégrer l'utilisation des cartes électroniques et des outils de la plateforme 6TRON dans la formation, tout en renforçant les compétences en IoT (Internet des Objets) sur le bassin d'emploi néo-aquitain.

Ce partenariat s'inscrit dans la continuité de 4 années de collaboration entre le CATIE et le lycée Kastler, impliquant des projets menés conjointement par les enseignants et les étudiants, ainsi que l'accueil au sein du CATIE de stagiaires en formation CIEL.

Durant les 2 ans de la formation d'une promotion de BTS, les étudiants ont travaillé avec la plateforme 6TRON et nos cartes électroniques pour concevoir un **prototype de capteur de balises connecté** destiné aux courses d'orientation.

Ce dispositif intègre un **GPS** pour le positionnement du coureur, un **lecteur NFC** pour la détection de balise et du **LoRaWAN** pour la transmission en temps réel des données de course. L'ensemble est alimenté par une batterie Lithium-Ion et équipé d'un écran LCD de 1,8 pouce permettant l'affichage des informations essentielles.

Après validation du prototype par les étudiants, le CATIE a assuré **l'intégration de cette maquette dans un objet intégré communicant**, protégé par un boîtier portable du commerce.

Les premiers prototypes ont été réalisés et testés avec succès et la première série est actuellement en production.

Les étudiants vont maintenant finaliser les développements logiciels sur cette nouvelle plateforme afin d'éprouver le produit final à la fin de l'année scolaire.

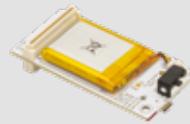
Zest_Core_MTXDOT



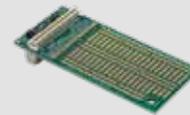
Zest_Radio_GNSS



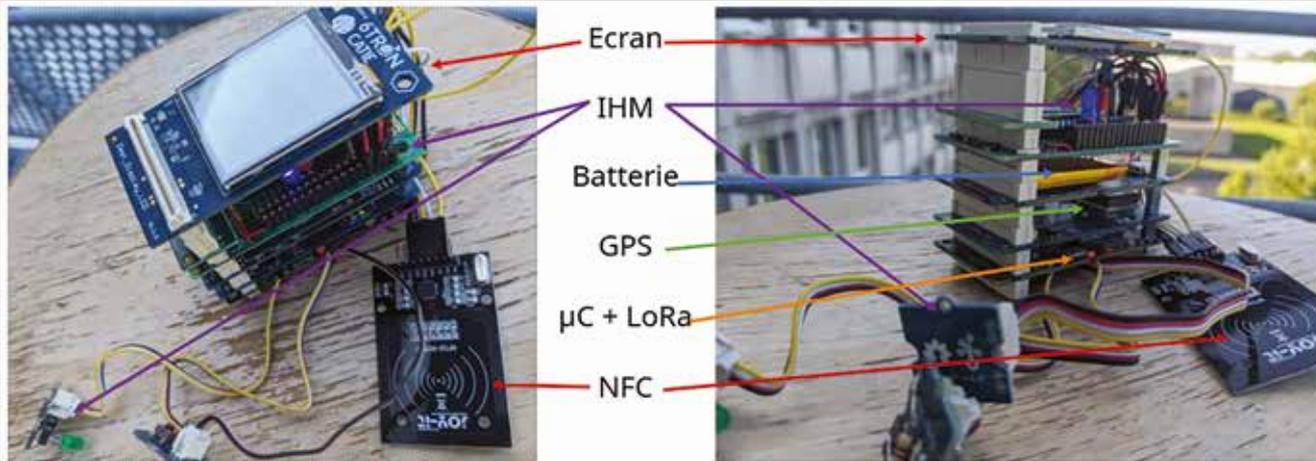
Zest_Battery_LiPo



Zest_Test_Prototyping



Zest_Display_LCD



```

04 00 28 00 00 -> ATQA
03 72 3F 3B F7 88 00 00 -> Multiple Tag Detected

04 00 28 00 00 -> ATQA
93 62 2E 0B D4 28 00 00 -> UID : 93 67 2E 0B

04 00 28 00 00 -> ATQA
D8 32 37 32 E7 28 00 00 -> UID : D8 32 37 32
  
```



Parallèlement, le CATIE prévoit de **former l'équipe enseignante** à l'utilisation de *Zephyr OS*, le nouveau système d'exploitation temps réel (RTOS) utilisé par 6TRON sur les cibles microcontrôleurs. Ils pourront ainsi l'intégrer à la formation CIEL.

Ce partenariat ouvre également la voie à une diffusion de ces technologies et de ces pratiques pédagogiques innovantes à d'autres établissements néo-aquitains, renforçant ainsi les compétences technologiques du territoire.

Témoignage.

Sébastien Prouff - Lycée Kastler



“ Au **lycée Kastler** de Talence, nous formons des techniciens supérieurs (BTS CIEL-IR) dans les domaines de la cybersécurité, de l'informatique et des réseaux, avec un accent particulier sur l'**IoT** et l'**informatique embarquée**.

Afin d'adapter notre formation aux besoins des entreprises, tant en outils qu'en solutions, nous nous sommes rapprochés du CATIE il y a quelques années.

72

Notre objectif est de favoriser l'insertion professionnelle de nos diplômés en adéquation avec les besoins des entreprises du bassin aquitain.

En 2023, grâce au soutien de la Région Nouvelle-Aquitaine, nous avons mené à bien un projet pilote qui nous a permis d'équiper l'ensemble de notre laboratoire en cartes 6TRON pour la formation initiale des étudiants.

Le deuxième volet de ce projet soutenu par la Région vise à concevoir un **objet optimisé et industrialisable**, basé sur les développements logiciels réalisés lors des activités pédagogiques au lycée : un boîtier à partir des briques 6TRON pour une Course d'Orientation Connectée et Sécurisée (**COCOS**), destinée aux élèves du collège Henri Brisson.

Le soutien du CATIE est indispensable pour mener à bien ce projet, tant pour son expertise en **architecture logicielle embarquée** que pour la conception d'une **carte électronique optimisée**, compétence que nous ne possédons pas en interne.

De nombreux échanges ont rythmé notre collaboration : présentation de l'avancement du projet COCOS à nos étudiants, accueil de stagiaires dans les locaux du CATIE pour développer des ressources spécifiques...

Aujourd'hui, un an après le lancement du projet, les cartes électroniques sont en cours de livraison et nous espérons voir les collégiens utiliser les boîtiers **dès le printemps 2025**.

C'est très excitant pour nos étudiants de voir ce projet aboutir et leur travail devenir un produit fini et industrialisable. Nous sommes convaincus que ce projet sera à la fois une vitrine pour notre section et une grande source de fierté pour nos étudiants.

Nul doute que nous continuerons dans le futur à collaborer avec le CATIE avec le même enthousiasme! ”



Leoblue

L'information, partout

2024

Aujourd'hui, près de 90 % du monde est sans accès aux réseaux terrestres, compliquant l'accès à l'information en temps réel. La solution de Leoblue permet d'envoyer des alertes ou informations ciblées à la population mondiale, même dans les zones non couvertes. Cette technologie utilise des satellites pour transmettre des messages via Bluetooth®, sans recours à des infrastructures supplémentaires dans des zones hors de portée des réseaux traditionnels.

La technologie de Leoblue permet de transmettre directement des messages satellites aux smartphones compatibles *Bluetooth® BLE Long Range* uniquement.

Un dispositif alternatif de réception, tel qu'un bracelet connecté, permettrait d'**étendre la portée et l'accessibilité** de cette solution.

Ce bracelet aurait pour objectif de recevoir les messages d'alerte émis par les satellites, même en l'absence de smartphone compatible ou lorsque ce dernier n'est pas disponible.

Les fonctionnalités envisagées incluent un écran compact et/ou des alertes sonores ou lumineuses pour notifier l'utilisateur d'un danger ou d'une information critique.

Il est également possible de partager l'information avec d'autres dispositifs Leoblue à proximité.

Le CATIE est donc intervenu pour **concevoir ce dispositif de réception** à base de cartes 6TRON et sous environnement Zephyr OS pour la partie firmware :

- Configuration de la puce BLE en mode *Long Range (Coded PHY)* ;
- Réception des trames *BLE Long range* provenant d'un dispositif émetteur. (**Zest_core_nrf5340**) ;
- Récupération d'une position GNSS à l'aide la carte **zest_Radio_GNSS** ;
- Installation d'un système sur batterie (**Zest_battery_LiPo**) ;
- Enregistrement des données reçues sur carte SD (**zest_storage_SD**) ;
- Affichage des informations reçues.

73

Le concept d'un produit intégré, destiné à recevoir les informations BLE satellitaire provenant des systèmes en orbite de Leoblue a été validé et est prêt à être déployé à grande échelle.

Autres projets d'accompagnement.

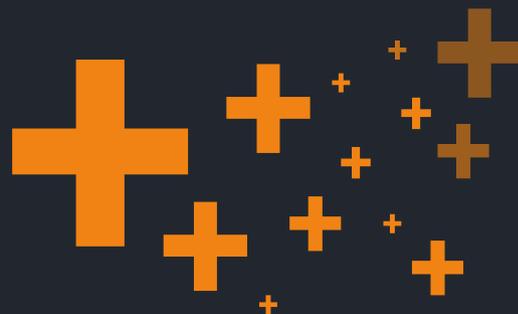
L'une des missions principales du CATIE est d'aider au développement du territoire en accompagnant la transformation numérique des structures qui le composent.

En 2024, 79% des prestations ont été réalisés en Nouvelle-Aquitaine.



En 2025,
innovons ensemble !

Adhésion.



Nous en avons la conviction, c'est en coopérant que nous pourrons en apporter plus à la Nouvelle-Aquitaine.

C'est pourquoi, en 2025, nous étoffons notre offre Adhérents.

Intégration dans un réseau régional dynamique

Accès à un annuaire des adhérents pour favoriser les échanges dans ledit réseau

Communication régulière des publications réalisées sur les sites du CATIE

Journée Portes Ouvertes

Invitations aux évènements (séminaires, conférences, ateliers...)

Priorité de contact dans le cadre de montages de projets collaboratifs

Accompagnement technologique personnalisé

Accès à des équipements de pointe



Adhérer au CATIE, c'est participer à une valorisation du territoire, mettre en valeur les travaux des entreprises mais aussi les idées florissantes des structures naissantes.

EN 2025, REJOIGNEZ-NOUS !



AI4Industry 2024.

Sensibiliser aux différents éléments permettant le déploiement opérationnel et efficace de l'IA dans l'industrie.

AI4Industry était de retour à l'ENSEIRB-MATMECA du 22 au 26 janvier pour sa 4^{ème} édition, co-organisée par **Aquitaine Robotics**, les **Arts et Métiers**, l'ENSEIRB-MATMECA, l'Inria, l'Université de Bordeaux et le CATIE.



AI4Industry est un **workshop dédié aux applications de l'Intelligence Artificielle** dans l'industrie.

Cette année encore, un collaborateur du CATIE est intervenu en proposant une conférence sur l'**implémentation de réseaux de neurones en embarqué**.

En outre, le CATIE a présenté un cas d'usage de **machine learning**, à travers notre objet embarqué 6TRON : le *Z_motion*.



Les Challenges de l'IoT.



2024

Le pôle **ALPHA-RLH** organise la **4^{ème} édition** des "Challenges de l'IoT", une opportunité unique de découvrir les dernières tendances et évolutions technologiques de l'**Internet des Objets**.

Organisé en partenariat avec **CISTEME** et le **CATIE**, l'évènement s'est tenu le 9 octobre à l'Hôtel de Bordeaux Métropole et a rassemblé experts et passionnés autour des enjeux actuels de l'IoT.

"Les Challenges de l'IoT" ont mis en lumière les **dernières innovations** et développements du secteur, offrant un espace de discussion sur des thématiques telles que les nouvelles générations de capteurs, l'interopérabilité, le traitement des données, l'IoT industriel et la sécurisation hardware.

Cet évènement a réuni de nombreux acteurs du domaine : industriels, laboratoires et centres techniques de la région Nouvelle-Aquitaine, en particulier de la métropole bordelaise.

Le **CATIE a joué un rôle central** dans cette édition. **Sébastien LOTY**, Responsable du département Systèmes Cyber-Physiques au CATIE, est intervenu aux côtés de Sébastien REYNAUD pour présenter les CRT "**CATIE & CISTEME, une complémentarité d'expertise pour réussir vos projets IoT**".

77

Cette journée a permis aux participants de **renforcer leurs connaissances** et de découvrir les dernières avancées en matière d'objets intelligents.



SIDO Lyon.



Le CATIE s'est rendu les **18 et 19 septembre 2024** à la Cité Internationale de Lyon à l'occasion de la 10^{ème} édition du SIDO.

78

Ce sont plus de **9 000 visiteurs** qui ont fait le déplacement, à la rencontre de près de 400 exposants experts en IoT, Intelligence Artificielle, robotique et cybersécurité.

Notre équipe a ainsi pu accueillir et inviter ces visiteurs à (re)découvrir le CATIE. Au travers de démonstrateurs et explications techniques, ce sont les **compétences de notre structure qui sont mises en lumière.**

En outre, nous avons participé à des échanges passionnants lors des conférences organisées sur la thématique de la **maintenance prédictive par l'IoT.**

Nos plateformes d'innovation technologique *open source*, cartes électroniques, outils d'Intelligence Artificielle et robot démonstrateur ont également été présentés.

IA de confiance, Facteurs Humains, IA embarquée, Robotique autonome... Le SIDO est l'occasion pour nous de **valoriser ces thématiques d'actualités et futures.** Se déplacer à cet événement c'est aussi venir **à la rencontre de vos problématiques** et discuter ensemble de quelles solutions adaptées s'offrent à vous.



TechTronics⁴ Nouvelle-Aquitaine.

La 4^{ème} édition de TechTronics Nouvelle-Aquitaine s'est déroulée le 27 juin 2024 à la Grande Poste de Bordeaux.

TechTronics Nouvelle-Aquitaine est le fruit de la **collaboration entre le CATIE et CISTEME**.

Cet évènement vise à rassembler des professionnels du secteur de l'IoT, et de l'électronique embarquée en général, en leur proposant une **journée dédiée**.

C'est l'occasion d'échanger entre pairs, de participer à des tables rondes, d'avoir accès à des conférences et de découvrir des démonstrateurs.

Temps forts

- Vue d'ensemble des réseaux de télécommunication existants
- Technologies de télécommunication : usages modernes et besoins à venir
- Etat des lieux de la 5G
- Usage de la 5G : quelle est (sera) sa place dans le domaine de l'industrie ?
- Présentation et mise en perspective de cas d'usage
- Signature convention CATIE x CISTEME



2024

Signature Convention.

Depuis 2017, le CATIE et CISTEME collaborent dans le cadre d'un **partenariat solide**, fondé sur des valeurs communes et des objectifs partagés. Au fil des années, cette collaboration a renforcé la **complémentarité** et la **synergie** de nos expertises, donnant lieu à des réalisations significatives dans le domaine de l'électronique embarquée et communicante.

80 Le CATIE et CISTEME ont réaffirmé leur **engagement mutuel** le 27 juin 2024 lors de la 4^{ème} édition de TechTronics Nouvelle-Aquitaine, co-organisée par nos 2 structures. La signature d'une nouvelle convention de partenariat représente une étape clé dans l'évolution de notre coopération visant à **intensifier nos actions communes et à relever ensemble les défis de demain**.

Notre collaboration se veut désormais plus opérationnelle, avec pour ambition, à terme, de **proposer une offre technique commune à destination des entreprises**. Elle vise également à valoriser et élargir cette offre en **mutualisant** certaines de nos ressources.





Delphine DEPEYRAS (CATIE)

Certaines activités de **CISTEME** et du **CATIE** sont à la fois proches dans le métier de l'électronique et à la fois très complémentaires.

De plus, nos différentes implantations géographiques encouragent et favorisent une **collaboration de proximité** tout en nous permettant de couvrir efficacement différents territoires.

Nos synergies constituent un **véritable atout pour garantir un meilleur maillage** de la région Nouvelle-Aquitaine, en mettant à disposition un panel de services complémentaires.

Cette convention renforcera sans aucun doute le développement de nos deux structures.

Je suis convaincue que cette dynamique profitera pleinement à toutes nos équipes et ouvrira la voie à de nombreuses opportunités !

Nicolas CHEVALIER (CISTEME)

La convention entre le **CATIE** et **CISTEME** marque une avancée majeure dans la coopération technologique, scientifique et commerciale entre nos structures. Ce partenariat vise à **renforcer l'innovation dans les domaines des systèmes embarqués** (communicant ou radar).

En unissant leurs expertises, le **CATIE** et **CISTEME** favoriseront le développement de solutions technologiques adaptées **aux besoins du tissu industriel de Nouvelle-Aquitaine**.

Cette convention prévoit des projets communs, des actions concertées et illustre un **engagement** fort en faveur du progrès technologique et du rayonnement des savoir-faire de la région.

Elle représente une étape clé dans notre implication commune en faveur de l'innovation et du rapprochement de nos domaines d'expertise, **le début d'une belle aventure !**

81

Transmission.

La transmission des connaissances est un enjeu majeur du CATIE.

Qu'il s'agisse de partager notre expertise avec des spécialistes ou de rendre l'innovation accessible aux non-initiés, nous adaptons nos approches pour toucher un large public. Ce partage, sous toutes ses formes, reste au cœur de notre mission.

En 2024, nos collaborateurs ont multiplié les échanges avec les jeunes générations pour leur faire **découvrir les métiers du numérique** et les nombreuses **opportunités** qu'ils offrent.

82

Sensibiliser filles et garçons aux secteurs techniques et scientifiques est essentiel pour **éveiller leur curiosité** et **susciter des vocations**.

C'est pourquoi des événements comme **Filles & Sciences** et ceux organisés par **Elles bougent** ou dans le cadre des **Cordées de la Réussite** jouent un rôle clé en rapprochant le monde de l'entreprise et celui de l'éducation.



Que ce soit dans nos locaux ou dans les collèges et lycées de la région, nous rencontrons des jeunes pour aborder ces thématiques sous un autre angle, favoriser un dialogue plus direct et parfois, les rassurer.

Nous partageons également notre expertise à travers des interventions, publications et événements. Mais également via nos engagements dans la filière technologique, sur notre **blog VANILLA** ou au sein des **Chaires IA Digne de Confiance et Cyber Résilience des Infrastructures Numériques**.

En 2025, le CATIE entend renforcer ce type d'actions et mettre encore davantage en lumière le secteur du numérique.

Numérixplore.

2024

Le CATIE s'engage activement à **sensibiliser les jeunes** aux métiers scientifiques et numériques, avec un accent particulier sur l'égalité filles-garçons. Cette année, nos équipes ont participé à des événements en partenariat avec *Elles bougent* et *CGenial*.

En septembre 2024, nous avons été conviés à un événement au Futuroscope réunissant 1 300 élèves de l'Académie de Poitiers, dans le cadre du dispositif **Numérixplore**. Au travers d'ateliers et de débats, cette journée visait à accompagner les élèves dans leur orientation tout en les sensibilisant aux enjeux du numérique.

Delphine DEPEYRAS et Alice MARANNE, aux côtés de l'INRIA et du pôle ALPHA-RLH, ont animé un atelier sur l'**Intelligence Artificielle de confiance**. Organisé sous forme de faux procès, il a permis aux élèves de débattre sur un scénario d'accident avec une voiture autonome.

Elles ont également échangé sur les stéréotypes du numérique, répondant à des questions comme : "*Faut-il être fort en maths ou parler anglais pour réussir dans ce domaine ?*". La présentation a également été suivie par une délégation gouvernementale, accompagnant **Maud BREGEON**, porte-parole du gouvernement.



83





Nos interventions.

2024

Quelques conférences et tables rondes auxquelles le CATIE a pris part en 2024.

Janvier

Les Assises de l'Embarqué 2024

Présentation bilan du groupe de travail Eco-Conception sur l'année 2023 + appel à manifestation d'intérêt "Compétences et métiers d'avenir"

AI4Industry 2024

Présentation de la plateforme Vaniila, outils Python et notebook
Intelligence Artificielle : apprentissage supervisé
Implémentation de réseaux de neurones en embarqué

84

Mai

Chaire FlexTech

Animation groupe use-case : Oil & Gas Robotics

Juin

TechTronics Nouvelle-Aquitaine

Vue d'ensemble des réseaux de télécommunication existants et présentation de mise en perspective de cas d'usage

Juillet

Les Rencontres des Technologies et Formations Immersives

Les technologies immersives au service de l'accueil des nouveaux arrivants

PFIA

Présentation Dihynamic et la question des synergies des industries en Région Nouvelle-Aquitaine
Rôle des CRT comme le CATIE dans l'accompagnement des entreprises en Nouvelle-Aquitaine (IA)



Septembre

SIDO Lyon 2024

La maintenance prédictive par l'IIoT : pilier de l'industrie 4.0

Les challenges de l'IoT

CATIE – CISTEME, une complémentarité d'expertise pour réussir vos projets IoT

Octobre

XR-Days

Comment intégrer la notion de Numérique Responsable dans les projets XR, en considérant leur impact, la gestion des données et l'accessibilité ?

Novembre

GreenTech Forum

Annnonce de création d'un livre blanc sur l'éco-conception des systèmes embarqués (Groupe de Travail Embedded France)

Chaire IA Digne de confiance

Pré-entraînement, post entraînement et fine tuning des LLM : une courte introduction pratique

Décembre

GreenTech Forum

Présentation du projet PenTestLLM

Nos réseaux sociaux.



CATIE-aq
2451 abonnés



CATIE
26,8k vues



@CATIE_AQ
538 abonnés

Nos sites internet.



Vanilla
By CATIE



6TRON
By CATIE



Peac²h
By CATIE



Vos contacts utiles.

Bordeaux-Talence

contact@catie.fr

Ressources Humaines

emploi@catie.fr

Communication & Marketing

communication@catie.fr



Bidart

bidart@catie.fr



Limoges

limoges@catie.fr



Électronique, systèmes et IA embarqués, cybersécurité, systèmes d'exploitation multi-tâches préemptifs, robotique, ...

scp@catie.fr



Nouvelles technologies pour la formation, communication verbale et non verbale, IHM innovantes, physiologie de l'humain, IA de confiance

sch@catie.fr



Intelligence Artificielle, séries temporelles, traitement du langage naturel, vision par ordinateur, big data, déploiement de modèles

ad@catie.fr

Nos expertises se partagent.



CATIE

CATIE

Bâtiment ENSEIRB-MATMECA
Avenue des Facultés
33400 Talence



Téléphone

+33 5 64 31 01 00

E-mail

contact@catie.fr

Site internet

www.catie.fr

Avec le soutien de



Cofinancé par
l'Union européenne



RÉGION
**Nouvelle-
Aquitaine**