


# Question d'avenir

RAPPORT ANNUEL 2022



**Améliorer la vie  
des personnes  
en situation de handicap  
et les parcours de santé**

---

**Agir pour  
l'environnement**

---

**Amplifier les mutations  
énergétiques  
contemporaines**

---

**Innover pour  
l'éducation**

---

**Assurer par  
le numérique la fiabilité  
des informations  
et des services**

*Inria*



## SOMMAIRE

---

ÉDITORIAL  
BRUNO SPORTISSE  
Président-directeur général d'Inria  
**P. 2**

TEMPS FORTS 2022  
**P. 4**

POLITIQUE DE SITE  
D'INRIA  
**P. 5**

Améliorer la vie  
des personnes en situation  
de handicap et les parcours  
de santé  
**P. 6**

---

Agir pour  
l'environnement  
**P. 12**

---

Amplifier les mutations  
énergétiques  
contemporaines  
**P. 18**

---

PORTRAITS  
Quand les mathématiques  
rencontrent le *machine learning*  
**P. 36**

---

Innovier  
pour l'éducation  
**P. 24**

LA FONDATION INRIA  
**P.38**

LA MISSION DÉFENSE  
ET SÉCURITÉ  
**P.39**

BILAN FINANCIER  
**P.40**

CHIFFRES CLÉS  
**P.42**

---

Assurer par  
le numérique la fiabilité  
des informations  
et des services  
**P. 30**

---

# BRUNO SPORTISSE

## Président-directeur général d'Inria

---

### Comment prendre du recul dans un monde numérique en accélération permanente ? Comment répondre de manière pertinente aux attentes croissantes de la société à l'égard de la recherche publique dans le numérique ?

L'ampleur de l'impact du numérique dans tous les domaines de la société met la recherche publique devant de grandes responsabilités pour que nous continuions à maîtriser notre destin : souveraineté numérique, décision algorithmique dans tous les domaines (de la santé au monde du travail), virtualisation du monde et possible déconstruction du monde physique, impact de la numérisation du monde notamment sur les jeunes, enjeux pour le fonctionnement de notre démocratie, construction d'une trajectoire soutenable et écoresponsable du numérique, etc. Les dynamiques de recherche et d'innovation vont elles-mêmes être transformées avec l'arrivée à maturité de l'IA générative, qui va nous poser, à nous scientifiques, dans nos pratiques de recherche, de vrais défis.

Pour mener à bien les missions d'établissement public d'Inria, celles de l'institut national de recherche dans les sciences et technologies du numérique, il est plus que jamais indispensable que nous nous engagions dans des dynamiques collectives avec des partenaires stratégiques : les grandes universités de recherche, les autres organismes nationaux de recherche, les acteurs publics concernés par la dynamique numérique et les entreprises de l'écosystème industriel français et européen. Le renforcement de ces dynamiques collectives est au cœur du positionnement d'Inria, à la fois pour être à la pointe et au meilleur niveau mondial, pour garantir notre impact et pour appuyer les politiques publiques à notre place d'institut national de recherche.

La notion de projet, quelle que soit sa forme (des 220 équipes-projets communes à nos partenaires, projets d'*Inria Startup Studio*, projets-pilotes en appui de l'action publique dans le numérique...), est au cœur de notre activité avec pour seule ambition d'accroître notre impact, qu'il soit scientifique, technologique, industriel ou dans le dialogue science-technologie-société.

La diversité de ce qui a fait Inria en 2022 est illustrée dans ce rapport annuel : soutenir et développer cette diversité est une priorité, dans la durée, de l'institut. Ce qui est donné à voir n'est qu'un petit aperçu de la richesse des activités menées au sein d'Inria, que ce soit à travers l'activité foisonnante de ses neuf centres de recherche, engagés dans un rapprochement croissant avec nos universités partenaires, cheffes de file de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation sur les territoires, ou encore à travers les programmes que porte Inria pour le compte d'une dynamique collective dans le numérique au niveau national.

Peu importe le vecteur, tout repose sur le talent et l'engagement des femmes et des hommes qui font la dynamique d'Inria, qu'elles ou ils soient des scientifiques ou dans des fonctions d'appui à la recherche et à l'innovation. 2022 aura encore une fois démontré cette belle mobilisation dont les pages qui suivent donnent un aperçu.

Bonne lecture !

**« Pour être à la hauteur des attentes croissantes à l'égard de la recherche publique dans le numérique, il est plus que jamais indispensable que nous nous engagions dans des dynamiques collectives. »**



## TEMPS FORTS 2022

### Projets de grande ampleur, consécutions ou encore organisations internes... Quelles actualités ont marqué l'année 2022 d'Inria ?



#### Rapport Métavers

En février 2022, le ministre de l'Économie, des Finances et de la Relance, la ministre de la Culture ainsi que le secrétaire d'État chargé de la Transition numérique et des Communications électroniques, lançaient une mission exploratoire sur le développement des métavers. Rémi Ronfard, directeur de recherche Inria, est l'un des trois rapporteurs de cette mission, qui s'est attachée à donner des clés de compréhension pour clarifier le débat, saisir les opportunités émergentes, mieux appréhender les risques posés par les métavers et rassembler les acteurs français autour d'un horizon commun.



#### Création d'une Direction générale déléguée à l'appui aux politiques publiques

Officiellement créée le 1<sup>er</sup> août 2022 et dirigée par Sandrine Mazetier, la DGD-APP (Direction générale déléguée à l'appui aux politiques publiques) a pour objectifs d'amplifier la mobilisation des expertises présentes dans l'institut en appui des politiques publiques dans le numérique et d'accroître l'efficacité des politiques publiques grâce au numérique.



#### Création du programme numérique et environnement

Dirigé par Jacques Sainte-Marie, le programme numérique et environnement d'Inria est né en 2022. Il a pour vocation d'accompagner les actions et les grands projets pilotés par l'institut sur les grands défis du numérique pour l'environnement, mais également de se saisir de l'impact environnemental du numérique.



#### Création du Centre de Lyon

Après plus de 25 ans de présence à Lyon et la création de 15 équipes-projets, l'institut a officialisé l'ouverture de son neuvième centre, le "Centre Inria de Lyon". Une création qui confirme la politique volontariste de l'institut pour accompagner le développement des sites universitaires de rang mondial dans les sciences et technologies du numérique.



#### Lancement du laboratoire commun Daniel Bernoulli avec l'AP-HP

Issu du partenariat, conclu en décembre 2020, entre l'Assistance Publique – Hôpitaux de Paris (AP-HP) et Inria, le Bernoulli Lab a pour objectif d'accélérer la recherche et l'innovation en santé numérique.



#### Officialisation des nouvelles dénominations des centres Inria

Le 1<sup>er</sup> novembre 2022, les centres Inria changeaient de dénomination, en cohérence avec la dynamique établie avec les partenaires académiques de l'institut pour contribuer au développement de "grands sites universitaires de recherche" en France, visibles à l'international.



#### Inria coordonne Adra-e

Depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2022, Inria coordonne et soutient Adra-e, un projet financé par la Commission européenne, avec pour objectif de faciliter les synergies entre les communautés de l'IA, des données et de la robotique.



#### Le Startup Studio d'Inria fête son 100<sup>e</sup> projet

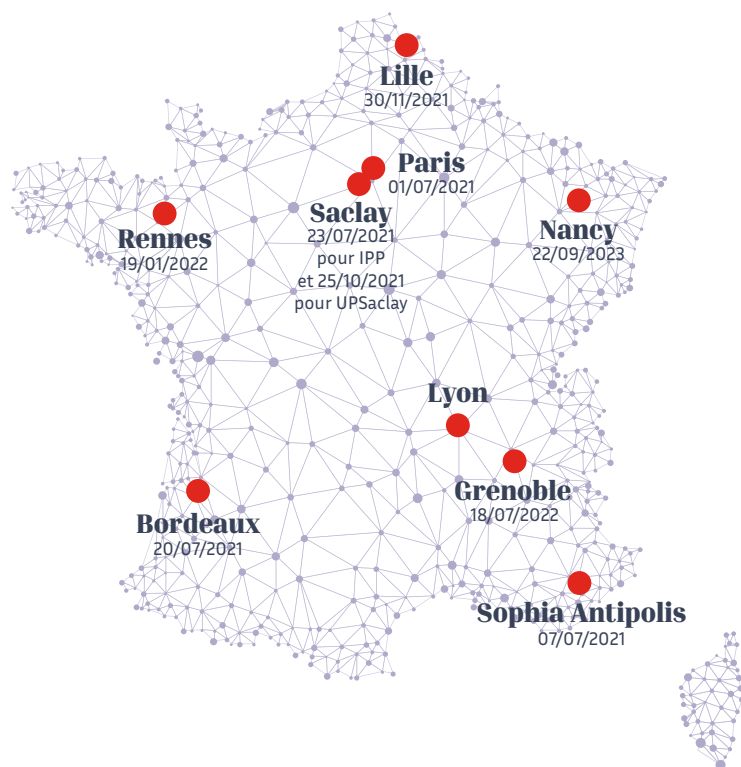
En septembre 2019, Inria lançait son Startup Studio, un dispositif d'accompagnement dédié aux porteurs de projets DeepTech. Trois ans plus tard, la structure fêtait son 100<sup>e</sup> projet soutenu. Un cap soulignant un véritable changement d'échelle pour le Startup Studio, dont l'enjeu à son lancement était de créer un élan et d'estimer le vivier des porteurs de projets possibles.

# POLITIQUE DE SITE D'INRIA

Contribuer au développement de grands sites universitaires de recherche de rang mondial

En 2022, Inria a confirmé son engagement, conformément à ce qui avait été annoncé dans son COP 2019-2023, dans le développement des sites universitaires en cohérence avec ses partenaires.

## CENTRES DE RECHERCHE INRIA



## LES ISFP ET LA COCONSTRUCTION AVEC LES UNIVERSITÉS

Inria a diversifié les opportunités de carrière pour les jeunes chercheuses et chercheurs en créant en 2020 les *Inria Starting Faculty Position* (ISFP). Vingt-deux scientifiques ont ainsi rejoint Inria en 2022 sur des postes permanents à l'issue d'une campagne de recrutement concertée avec les universités et écoles partenaires pour prendre en compte les priorités de renforcement scientifique et pédagogique du site. Les ISFP effectuent en effet une charge d'enseignement chez eux (32 à 64 heures par an).

## LES BÉNÉFICES DE NOTRE POLITIQUE DE SITE SUR L'INTERDISCIPLINARITÉ

Les partenariats noués avec les grandes universités de recherche pluridisciplinaire est un levier d'ouverture interdisciplinaire de l'institut, en particulier dans le domaine "Santé et Biomédical" où huit publications sur dix d'Inria sont réalisées avec elles (en progression de 25 % par rapport à il y a quatre ans). Aujourd'hui, environ un tiers des équipes-projets a au moins trois publications annuelles dans des journaux de disciplines autres que l'informatique et les mathématiques.

## LES CENTRES INRIA DANS LES ÉCOSYSTÈMES LOCAUX

La création des "Centres Inria des universités" renforce la présence d'Inria au sein des instances où les universités conçoivent les projets structurants pour la politique de site. Fin 2022, Inria est ainsi partenaire de douze projets "ExcellencES" sur le territoire, couvrant une grande variété de sujets pour lesquels Inria apporte son expertise dans le numérique : recherche, formation, innovation, Europe et international, ressources humaines, campus et transitions...

## INRIA IMPLIQUÉ DANS LA COCONSTRUCTION DE FORMATIONS POUR LES MÉTIERS DE DEMAIN

Inria se mobilise aux côtés des universités pour les ambitions de la stratégie nationale "compétences et métiers d'avenir". À la clé, un objectif de 400 000 personnes de plus formées dans les filières du numérique et une ambition forte d'ouverture aux publics féminins. Les projets retenus en 2022 avec Inria : CAP Santé Numérique (Université de Bordeaux) ; EFELIA (réseau des 3IA : Université Côte d'Azur, Université Grenoble-Alpes, Université PSL) ; SORBONNE.AI (Sorbonne Université) ; SaclAI-School (Université Paris-Saclay).



# Améliorer la vie des personnes en situation de handicap et les parcours de santé





## Voit-on émerger de nouvelles tendances dans la recherche dans le domaine de la santé numérique ?

### PHILIPPE GESNOUIN,

Responsable du Programme santé numérique d'Inria



**Sur quoi va reposer le futur de la santé numérique ? La recherche dans le domaine nous promet-elle encore de grandes avancées ? Philippe Gesnouin, responsable du Programme santé numérique d'Inria, livre quelques pistes de réflexion.**

La santé numérique a, ces dernières années, évolué de manière impressionnante. Nous n'avons d'ailleurs jamais eu autant d'informations disponibles et de puissance de calcul qu'à présent, et ce malgré les difficultés connues d'accès aux données. Cela nous a permis, notamment, d'aller plus loin dans la construction de modèles explicatifs, voire prédictifs, du vivant, à plusieurs échelles mais aussi des organisations et systèmes de soin. Le Défi *URGE*, lancé avec l'AP-HP, en est l'illustration parfaite.

À côté de cela, quelques tendances émergentes sont particulièrement intéressantes. Je pense, par exemple, à la nécessité de travailler sur des méthodologies pour l'évaluation des dispositifs médicaux numériques. Ce sujet est phare, d'autant plus que le marquage CE (communauté européenne) va devenir obligatoire. Cette tendance crée davantage de dialogue entre les scientifiques et les acteurs du domaine, notamment autour du besoin de comprendre comment évaluer, à grande échelle, des dispositifs qui sont généralement développés par les chercheurs sur des populations plus restreintes, donc potentiellement différentes. L'explicabilité reste, également, un enjeu fort, et plus en médecine qu'ailleurs. Et au-delà de l'explicabilité, c'est l'auditabilité qui est importante : si le dispositif se trompe, il faut pouvoir l'auditer et comprendre pourquoi et où il s'est trompé, mais aussi qui est potentiellement fautif. C'est un sujet sur lequel beaucoup de scientifiques travaillent, sans résultats probants pour le moment.

Une autre tendance est également d'essayer de sortir des contraintes actuelles des algorithmes de *machine learning*, qui demandent d'énormes quantités de données de type *Big Data* dites "propres", c'est-à-dire sans erreurs, alors que nous avons beaucoup de données de type *Fat Data* dites "sales", c'est-à-dire avec des erreurs, des données manquantes, qui pourraient néanmoins être utilisées.

Côté données, nous assistons à un intérêt grandissant de la recherche pour les données de transcriptomique. L'idée étant de développer des méthodes permettant l'analyse des données issues du RNAseq, afin d'en tirer le maximum d'information pour avoir une vision toujours plus moléculaire. Ceci dit, les méthodologies d'analyse de ces données gagneraient à être plus matures, et leur hybridation avec des données d'autres types (images, données tabulées, catégorielles, etc.) n'est selon moi pas encore parfaitement maîtrisée.

Enfin, et malgré des cultures qui resteront nécessairement différentes car nos missions le resteront, l'envie et les possibilités de travaux pluridisciplinaires sont grandissantes. L'Inserm et Inria ont à présent plusieurs équipes communes, et nous avons un laboratoire commun avec l'AP-HP et un autre avec les Hospices civils de Lyon. Ceci sans lister toutes les collaborations des équipes des centres de recherche Inria avec les CHU en région. La mise en place aussi des différents EDS (Entrepôts de données de santé) nous amène à réfléchir à la manière dont nous pourrions contribuer à faciliter l'échange de bonnes pratiques et d'outils pour en faciliter l'exploitation pour la recherche. Les travaux de nos collègues sur l'apprentissage fédéré pourraient aussi y contribuer.

**« Malgré des cultures qui resteront nécessairement différentes car nos missions le resteront, l'envie et les possibilités de travaux pluridisciplinaires sont grandissantes. »**

## MIEUX ENTENDRE GRÂCE À L'IA

*Pour les personnes malentendantes atteintes de neuropathie auditive, qui peinent à distinguer différentes sources sonores lorsqu'elles sont concurrentes, les appareils auditifs sont souvent de peu de secours. Pour y remédier, l'Institut de l'Audition, l'équipe-projet Multispeech (commune à Inria et au Loria) et le CEA List ont donc monté un projet ANR, nommé Refined. Il vise à identifier précisément les déficiences liées aux neuropathies auditives, puis à mettre au point des algorithmes d'IA capables de séparer les sources auditives et de les débruiter. Il restera ensuite à réussir à les intégrer dans les appareils auditifs portables.*



## S'ATTAQUER AUX MALADIES NEUROLOGIQUES RARES

L'union fait la force... surtout quand les compétences sont complémentaires ! C'est pourquoi Inria, l'Université Claude Bernard Lyon 1, les Hospices civils de Lyon et la société biopharmaceutique *Theranexus* se sont rassemblés pour créer *AlstroSight*, une équipe-projet public/privé. Le but : combiner les données biomédicales, l'intelligence artificielle et la simulation numérique pour assister à l'identification des cibles thérapeutiques potentielles contre les maladies neurologiques rares. Lancées en janvier 2023, ces recherches sont prévues pour une durée initiale de quatre ans.



## RESTAURER DES FONCTIONS DE PRÉHENSION CHEZ DES PERSONNES AYANT UNE TÉTRAPLÉGIE

Permettre à une personne atteinte de tétraplégie d'attraper un objet : c'est l'objectif visé par les équipes *Inria Willow* (Centre Inria de Paris et Département Informatique de l'ENS), spécialisée en vision artificielle et robotique, et *Camin* (antenne Inria de l'Université de Montpellier), experte en technologies d'assistance et en biomécanique. Leur idée : à partir d'un flux vidéo, reconstituer par ordinateur la position et la forme de l'objet à attraper ainsi que la position et la configuration en temps réel de la main. Puis utiliser ces informations, couplées à un modèle biomécanique du bras et de la main, pour contrôler le système d'électrostimulation épineurale implanté dans le bras afin de permettre la saisie adaptée de l'objet visé.



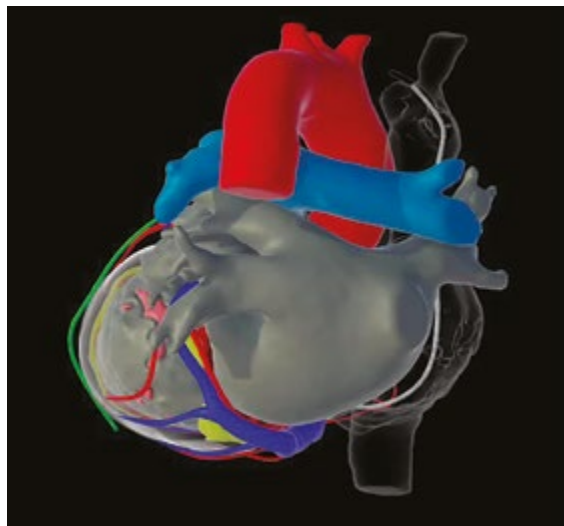


## FLUIDIFIER LES PARCOURS PATIENTS AUX URGENCES.

Comment optimiser les parcours patients aux urgences ? « En alliant analyses de données et simulation numérique », répondent des scientifiques d'Inria, de Sorbonne Université et de l'AP-HP, réunis dans le Défi *URGE* lancé par le laboratoire Daniel Bernoulli (AP-HP/Inria). À travers le projet *URGE*, ils s'appuient sur les informations recueillies auprès des services d'urgences de l'AP-HP. Objectif : mettre au point un outil de simulation des flux dans les structures d'urgence qui permettra de tester différentes organisations, adaptations ou solutions afin d'améliorer le parcours patient.

## MODÉLISER LES CŒURS POUR ÉVITER L'ARRÊT CARDIAQUE

Face aux 50 000 morts subites liées à l'arythmie cardiaque par an en France, l'institut hospitalo-universitaire bordelais Liryc et Inria ont créé la startup InHEART. Avec une ambition : proposer aux cardiologues un modèle virtuel du cœur de leurs patients souffrant de troubles du rythme cardiaque, à partir d'imagerie médicale. Aujourd'hui, InHEART franchit une nouvelle étape pour que son cœur virtuel soit utilisé dans les hôpitaux : celle de l'essai clinique. Le consortium européen inEurHeart a été lancé dans cet objectif, pour évaluer la valeur ajoutée des outils numériques de la startup lors d'interventions cardiaques et démontrer leur efficacité.



## MODÉLISER LE COMPORTEMENT DES CELLULES

Jakob Ruess, chercheur dans l'équipe Lifeware (Centre Inria de Saclay), a décroché fin 2022 une prestigieuse ERC Starting Grant. Grâce à cette bourse européenne de cinq ans, il va constituer une équipe autour d'une thématique innovante : comprendre et modéliser mathématiquement les interactions entre les processus intracellulaires et la dynamique d'une population de cellules. Son projet, baptisé Bridging-Scales, a en ligne de mire des applications biotechnologiques, par exemple faire produire à des populations de cellules des composés chimiques de façon optimale.





## NOS INITIATIVES

### Le Plan Handicap monte en puissance

Depuis 2019, Inria s'est engagé dans une démarche d'amélioration en matière de handicap, tant au niveau de l'impact sociétal de ses recherches que de sa responsabilité d'employeur. Et les actions mises en place commencent à porter leurs fruits.



1,89 % : tel était le taux d'emploi direct de personnes en situation de handicap chez Inria en 2018, loin des 6 % réglementaires, fixés par la loi de 2015. Une politique volontariste, concrétisée par un *Plan Handicap*, a donc été mise en place en 2019, avec trois objectifs majeurs : d'abord augmenter l'impact sociétal des recherches sur le handicap, sur lesquelles travaillent plus d'une vingtaine d'équipes-projets de l'institut ; ensuite améliorer le recrutement et le maintien dans l'emploi des personnes en situation de handicap ; enfin, faire d'Inria un exemple de l'accessibilité numérique.

#### UN RECRUTEMENT ET DES FINANCEMENTS

Pour atteindre ces objectifs, il faut des moyens humains et financiers. Pour les premiers, Aurélie Moizo est recrutée à plein temps en octobre 2020 en tant que chargée de mission handicap. Elle fait vivre le réseau des correspondants handicap : présents dans chaque centre, ils se chargent notamment de l'accompagnement au quotidien des personnes en situation de handicap, afin de favoriser le maintien dans l'emploi. Du côté financier, une première convention est signée en 2021 avec le FIPHFP (Fonds pour l'insertion des personnes handicapées dans la fonction publique) pour 60 000 euros, puis une convention triennale lui succède : 260 000 euros sont obtenus sur la période 2022-2024. Et l'enveloppe interne consacrée au maintien dans l'emploi des agents en situation de handicap passe de 90 000 euros en 2019 à 150 000 euros en 2022. De quoi mettre en place de nombreuses actions.

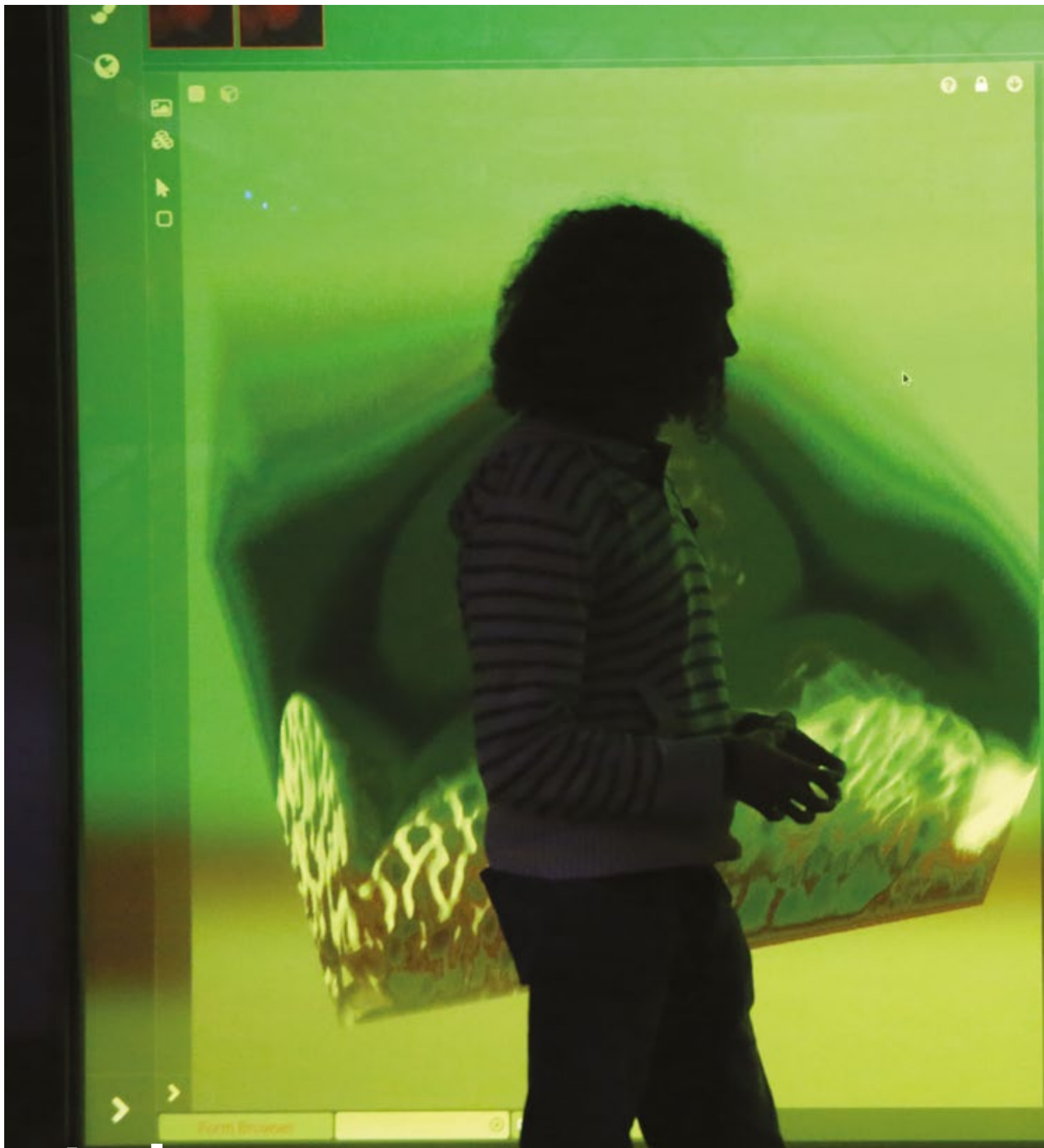
#### FORMATION, SENSIBILISATION ET ACCESSIBILITÉ

La liste est longue mais quelques exemples suffisent à en illustrer la diversité. Des campagnes de recrutement destinées aux personnes en situation de handicap ont été lancées, avec en parallèle une formation des responsables RH locaux. Treize embauches ont ainsi été réalisées en 2022, tandis que sept agents ont obtenu la reconnaissance de leur handicap.

Dix-sept actions de sensibilisation ont par ailleurs été réalisées au sein des centres (conférences, animations, *escape games*...) lors de la *Semaine européenne pour l'emploi des personnes en situation de handicap*.

Et une *taskforce* "accessibilité numérique" a été créée au sein de la DSI en 2022, couplée à un réseau de testeurs-utilisateurs, composé d'agents Inria en situation de handicap. « Grâce à toutes ces actions, la progression est visible et constante, note Aurélie Moizo. Nous avons doublé notre taux d'emploi direct ! Il nous faut poursuivre nos efforts pour arriver à atteindre les 6 % . »





# Agir pour l'environnement



# DÉCRYPTAGE

## Comment la recherche se réorganise-t-elle pour répondre aux enjeux environnementaux ?

**ANNE VARET**, Directrice scientifique, directrice exécutive adjointe Prospective et Recherche de l'ADEME



**Les enjeux de la transition écologique nous concernent tous et toutes, l'ADEME se mobilise depuis plusieurs années pour accompagner le secteur de la recherche (soutien à l'initiative *Labos 1.5*, contribution aux travaux sur le label DD&RS...). Le partenariat ADEME – Inria revêt alors une importance particulière car si la transition numérique est un levier puissant pour répondre aux défis environnementaux auxquels nous sommes confrontés, elle génère également des impacts.**

Identifier de réels leviers à la transition écologique à l'aide du numérique nécessite de mieux qualifier l'impact de ces nouvelles technologies en termes de consommation d'énergie, de ressources et d'émissions de gaz à effet de serre. Des travaux de R&D sur des méthodes et référentiels pour enrichir la connaissance en matière d'évaluation de l'empreinte environnementale du numérique ont été engagés et doivent être amplifiés pour favoriser l'écoconception et la sobriété des solutions numériques. C'est d'ailleurs un des axes de la Stratégie Numérique responsable de *France 2030* et de l'accord-cadre structurant les collaborations ADEME et Inria en matière de R&D, qui permet notamment un encadrement conjoint de doctorants.

Former et informer sur ces enjeux est prioritaire, le programme *Alt-Impact* porté par l'ADEME, le CNRS et Inria a d'ailleurs vocation à former très largement aux gestes de sobriété numérique, notamment au travers d'une plate-forme de formation et d'une base de données et de méthodologies d'aide à l'évaluation des impacts numériques. L'empreinte carbone générée par une année de consommation de biens et services numériques en France représente encore une faible part de l'empreinte carbone annuelle totale de la France mais pourrait tripler d'ici à 2050, si rien n'est fait ! Ensemble, mobilisons-nous.

**JACQUES SAINTE-MARIE**, Responsable du Programme numérique et environnement d'Inria



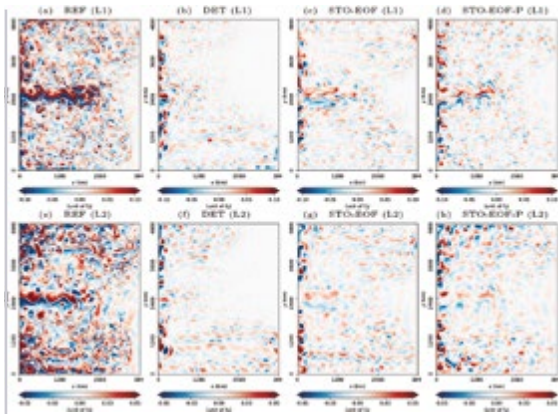
**Chez Inria, comme dans de nombreux établissements de recherche, la prise en compte des enjeux environnementaux est réelle et a de nombreuses conséquences (nouveaux sujets de recherche, mobilité thématique, médiation scientifique...). Il y a trois aspects de cet engagement sur lesquels je voudrais particulièrement insister : l'implication, le sens et le temps.**

Commençons par l'implication. Comme le montrent de nombreuses études (par exemple le baromètre des représentations sociales du changement climatique de l'ADEME), l'environnement est devenu une préoccupation majeure au sein de la population et les scientifiques n'échappent pas à cette tendance. Mais cette évolution peine parfois à se traduire concrètement car les questions environnementales ont souvent une priorité qui entre en concurrence avec d'autres (habitudes prises, difficultés à changer, reconnaissance scientifique acquise dans son domaine...). Chez Inria, on souhaite faciliter l'engagement des scientifiques en faveur de l'environnement, favoriser les partenariats avec des acteurs majeurs (ADEME, INRAE, etc.), encourager la prise de risques et attirer des jeunes. Tout cela pour peser sur les mutations en cours.

Il est capital de donner du sens à nos travaux de recherche afin qu'ils contribuent effectivement au progrès, notion souvent questionnée mais essentielle. On voit monter depuis plusieurs années ce besoin de sens dans les thématiques de recherche portées par les scientifiques et dans leur aspiration à contribuer aux évolutions environnementales ou sociétales.

Enfin, les conséquences du changement climatique, celles bien visibles et celles prédites, obligent de nombreux secteurs (agriculture, mobilité, industrie) à évoluer profondément et rapidement. Si la recherche scientifique est caractérisée par le temps long, elle ne peut pas s'affranchir de cette contrainte temporelle, elle doit s'emparer des défis à relever. Et les façons de contribuer et d'avoir de l'impact sont nombreuses.





## UNE ODYSSEY POUR MODÉLISER LES OCÉANS

Pour étudier la dynamique océanique, indispensable à la prédiction et à la compréhension du climat, les scientifiques disposent actuellement, soit de modèles peu précis couvrant de larges zones, soit de modèles en haute résolution, mais sur de petites surfaces. Et dans les deux cas, une certaine part d'incertitudes subsiste en raison de la nature chaotique du sujet. Pour produire des modèles précis et fiables à grande échelle, il faut allier mathématiques, techniques d'apprentissage et méthodes d'assimilation de données. Et c'est précisément l'ambition d'Odyssey, une équipe-projet commune créée en septembre 2022 entre l'Ifrémér, l'IMT Atlantique, l'Université de Bretagne Occidentale, l'Université de Rennes et Inria.

## UN OUTIL COLLABORATIF POUR AGRICULTEURS ET JARDINIERS

Sequential Recommendation for sustainable gardening (SR4SG) : tel est le nom de l'Action exploratoire portée depuis 2019 par Odalric-Ambrym Maillard, chargé de recherche au sein de l'équipe-projet Scool (Centre Inria de l'Université de Lille). Derrière cette appellation se cache la volonté de mettre au point un outil collaboratif, capable de récolter des données agricoles sur le terrain. L'objectif : faire émerger les bonnes pratiques selon les contextes et proposer des recommandations personnalisées à l'utilisateur, qu'il soit agriculteur ou jardinier. Un défi de taille étant donné les nombreux paramètres à prendre en compte, mais que l'Action exploratoire SR4G a su relever : elle se clôt en 2023 avec le lancement d'un développement logiciel.





## INRAE ET INRIA TOUJOURS MAIN DANS LA MAIN

*Entre Inria et INRAE, la collaboration dans le domaine de l'agriculture numérique remonte à 2005... et continue à se renforcer. Les deux acteurs partagent déjà cinq équipes-projets communes (Biocore, Mosaic, Graphik, Pléiade et MUSCA) sur le sujet et ont signé mi-2022 un nouvel accord de partenariat pour quatre ans. Il vise à poursuivre bien sûr les collaborations existantes, dans le domaine de la biologie numérique notamment, mais également à les intensifier et à en développer de nouvelles, autour des pratiques agricoles, de la prévention et de la gestion des risques environnementaux, ou encore du développement d'outils participatifs.*

## LES ENJEUX DE L'AGRICULTURE NUMÉRIQUE

Après avoir longtemps répondu à une logique de rendements, l'agriculture fait sa transition écologique pour s'adapter aux enjeux environnementaux, éthiques et de sécurité alimentaire actuels. Or, le numérique constitue une réelle opportunité pour soutenir cette transformation, en fournissant par exemple des données sur les cultures (via des objets connectés, les smartphones...), en les transférant (réseaux IoT, 5G/6G, filaires...), en les stockant (clouds...) en les traitant (intelligence artificielle...) pour en extraire de la connaissance, la restituer et la partager. INRAE et Inria se sont donc associés afin de rédiger un état des lieux complet des enjeux et opportunités sans en nier les risques, associés au numérique dans le domaine de l'agriculture.





## NOS INITIATIVES

### Ateliers SEnS : débattre ensemble des relations entre sciences et société

Lancés par Sophie Quinton et Éric Tannier, chercheurs Inria, les ateliers “Sciences, Environnements et Sociétés” (SEnS) proposent aux acteurs de l’enseignement supérieur et de la recherche de réfléchir, échanger et débattre sur les implications environnementales et sociétales de la recherche scientifique.



**SOPHIE QUINTON**



**ÉRIC TANNIER**

**En quoi et comment la science participe-t-elle à la construction d’un monde qui correspond aux valeurs de celles et ceux qui la font progresser ? Devant l’urgence climatique, la prise de conscience des impacts sociétaux des technologies du numérique (données, algorithmes, intelligence artificielle, etc.), comme de leurs conséquences environnementales (consommation de ressources, émissions de gaz à effet de serre, pollutions), questionner les rapports entre sciences et société répond à une demande croissante de la part des scientifiques.**

Respectivement chercheuse en informatique et chercheur en mathématiques chez Inria, Sophie Quinton et Éric Tannier ont conçu les ateliers SEnS avec le soutien de philosophes des sciences et d’experts en intelligence collective, ainsi que de nombreux collègues. L’objectif : construire un espace d’échange entre pairs pour aborder et approfondir la question des conséquences des recherches scientifiques, comprendre avec quelles valeurs les sciences sont produites, et penser collectivement ces sujets de façon transverse et prospective.

#### **PROPOSER LES OUTILS D’UNE RÉFLEXION PLUS APPROFONDIE**

« *Appréhender les tenants et aboutissants de ces questions convoque de nombreuses disciplines (histoire, économie, droit, philosophie, sociologie, politique, éthique, etc.) auxquelles les scientifiques ne sont, en majorité, pas formés* », constatent Éric Tannier et Sophie Quinton.

Réunissant sur une journée une quinzaine de participants, les ateliers SEnS fournissent à la fois des dispositifs pour échanger de façon constructive sur des thèmes potentiellement conflictuels, et des ressources pour approfondir au besoin certaines questions. Ouverts à tous les acteurs de l’enseignement supérieur et de la recherche (par exemple, les services de médiation, de transfert technologique, etc.), ils sont organisés en quatre séquences pendant lesquelles chacun peut revenir sur son parcours, discuter des valeurs dans la pratique de son métier, ou encore réfléchir sur le long terme aux évolutions à venir de ses recherches.

#### **CONSTRUIRE UN “COMMUN SCIENTIFIQUE”**

« *Les ateliers permettent de débattre de questions fondamentales – par exemple, y a-t-il des connaissances que nous ne devrions pas produire ? Sommes-nous responsables des usages des résultats de notre recherche ? etc. – en s’appuyant sur une ressource documentaire principalement constituée de textes courts écrits par des chercheurs et chercheuses en sciences humaines et sociales. Les échanges visent à construire un “commun scientifique”, sans gommer les différences de points de vue* », expliquent Sophie Quinton et Éric Tannier.

Depuis les premières éditions sur les sites Inria de Grenoble et de Lyon en 2021, une cinquantaine d’ateliers SEnS se sont tenus au sein de l’institut et en dehors. Actant du vif intérêt suscité par ces échanges, leurs organisateurs pensent à la suite : « *Nous souhaiterions que l’initiative fasse boule de neige, pour que les différents collectifs puissent s’approprier la démarche et l’adapter à leur propre contexte* ».



A man wearing glasses and a patterned shirt is shown in profile, working at a desk. He is holding a multimeter in his right hand, which is connected to a laptop. The laptop screen displays a webpage for 'PowerAPI' with a red lightning bolt logo. The background is a blurred office setting with a white wall and a plant.

# Amplifier les mutations énergétiques contemporaines



# DÉCRYPTAGE

## Quelles sont les voies de recherche les plus prometteuses dans l'accompagnement par le numérique de la transition énergétique ?

**Le numérique représente aujourd'hui 2,5 % de l'empreinte carbone de la France. Pour autant, le secteur a un important rôle à jouer dans la transition écologique et énergétique. Éclairages avec Romain Rouvoy, membre de l'équipe-projet Inria Spirals, et Paul Benoit, PDG de Qarnot Computing.**

### ROMAIN ROUYOY,

Chercheur dans l'équipe-projet Inria Spirals  
du Centre Inria de l'Université de Lille



**Au-delà des problématiques de réduction de la consommation énergétique des infrastructures matérielles et logicielles, une approche plus systémique doit conduire à une analyse multicritère de cet impact, en s'intéressant, par exemple, à la consommation d'eau nécessaire au refroidissement direct ou indirect des composants continuellement sollicités.**

Parmi les solutions émergentes, on retrouve par exemple les chaudières numériques de *Qarnot Computing*, qui propose une solution originale pour valoriser les émissions calorifiques des infrastructures numériques. Néanmoins, pour limiter les effets rebonds de telles technologies, *Qarnot Computing* s'est associé à Inria – avec le soutien de l'ADEME – pour étudier les impacts des dimensions logicielles et matérielles de la technologie (QBx) et promouvoir des solutions vertueuses dans la valorisation des émissions induites par les calculs intensifs hébergés par la plate-forme *Qarnot*.

L'objectif du Défi *PULSE* est de sensibiliser toute la chaîne de valeur d'un écosystème de calcul (consommateurs de calculs, fournisseurs de plates-formes, consommateurs d'émissions) en explicitant les tensions entre les contraintes de performance, de coût et d'impact.

En parallèle de ces questions, le Défi *PULSE* vise également à combattre le gâchis de ressources en proposant des solutions innovantes pour améliorer drastiquement l'efficacité des fonctions d'ordonnancement, d'exécution et de stockage des tâches de calcul et leurs résultats. En particulier, le suivi des consommations, de l'efficacité énergétique et des émissions des calculs s'appuie sur le logiciel libre *PowerAPI*, développé par l'équipe-projet Inria Spirals.

### PAUL BENOIT,

PDG de *Qarnot Computing*



**Alors qu'il permet de grandes choses, le calcul intensif est l'une des activités les plus énergivores liées au numérique. Sans solutions alternatives et radicalement différentes en termes de consommation de ressources, nous allons dans le mur.**

Plusieurs pistes sont aujourd'hui explorées par la communauté de recherche et le milieu industriel, pour trouver un juste équilibre entre développement du numérique et baisse de la consommation énergétique. Beaucoup s'emploient aujourd'hui, par exemple, à analyser le cycle de vie complet d'un produit ou d'un service, afin de connaître la pression qu'il exerce sur les ressources et l'environnement. On ne parle, par ailleurs, pas souvent des logiciels, alors qu'ils permettent de prolonger la durée de vie des matériels. Dans le calcul intensif, on peut exploiter de vieilles machines, même si leur rendement est moins important.

Un autre aspect intéressant est également la démocratisation de la puissance de calcul, notamment grâce aux communautés de logiciels *open source*, qui permettent de rendre la puissance de calcul plus facilement déployable, et accessible au plus grand nombre. La centralisation des données est, elle aussi, au centre des réflexions. Depuis l'après-guerre, nous oscillons entre centralisation et décentralisation, mais la prise en compte de l'aspect environnemental rebat aujourd'hui les cartes.

Enfin, de plus en plus de *datacenters* essaient, aujourd'hui, de valoriser leur chaleur. Mais ils n'ont pas encore les outils pour. La construction des *datacenters* se fait d'ailleurs de plus en plus avec une approche de valorisation de la chaleur. C'est dans leur cahier des charges, cela devient quelque chose de normal, d'évident.

Tous ces aspects, nous les avons anticipés avec *Qarnot Computing*. Notre objectif, c'est de continuer à développer la puissance de calcul, tout en réduisant son impact. En d'autres termes, faire deux fois plus, avec deux fois moins d'énergie. Cela ouvre la voie pour croiser la croissance des besoins informatiques et celle des besoins de chauffage et de production de chaleur. Car nous aurons toujours besoin de chauffage et d'eau chaude, c'est du bon sens.



## PULSE : UN DÉFI INRIA ÉCOLOGIQUE

Lorsqu'ils fonctionnent, les serveurs informatiques produisent de la chaleur. Conséquence : ils doivent être refroidis, ce qui génère des consommations d'énergie supplémentaires, tandis que la chaleur émise est la plupart du temps perdue... La société *Qarnot Computing* a donc eu l'idée de récupérer celle générée par les infrastructures de calcul haute performance pour la production de chauffage ou d'eau chaude dans les bâtiments où elles se trouvent. Et en 2022, l'entreprise s'est lancée dans un défi commun avec Inria, nommé *PULSE (Pushing Low-carbon Services towards the Edge)*. Le but : établir un bilan précis de l'impact environnemental du calcul intensif... puis trouver des solutions innovantes pour le réduire au maximum, en faisant en sorte, notamment, que les tâches de calcul rencontrent les besoins en eau chaude. Six équipes-projets Inria sur cinq sites sont impliquées dans le projet, qui bénéficie du soutien de l'ADEME.

## DENERGIUM SCANNE LES APPLICATIONS

DENERGIUM est une startup créée début 2023 par Hervé Mathieu, responsable du Service d'expérimentation et de développement (SED) du Centre Inria de l'Université de Bordeaux entre 2009 et 2020. DENERGIUM développe la suite logicielle EnergyScopium (ex. Energyscope) qui permet de mesurer le profil énergétique d'une application. Elle permet donc de mesurer en temps réel la consommation d'une application, ses émissions en équivalent CO<sub>2</sub>, son coût d'utilisation, etc., et de visualiser ainsi son efficacité. La version "Optimize" s'adresse quant à elle aux développeurs pour leur permettre de visualiser les performances énergétiques de leurs codes et de se concentrer sur les zones à optimiser. Une solution pour réduire les consommations... sans baisse de performance !



## POWERAPI MESURE LA CONSOMMATION DES LOGICIELS

Quelle est la consommation énergétique de mon logiciel ou de mon site web ? Avec PowerAPI, une boîte à outils mise au point par l'équipe-projet Spirals, du Centre Inria de l'Université de Lille, la réponse est simple à trouver et ne nécessite pas de wattmètre ! Il suffit à l'utilisateur d'entrer les spécifications des composants matériels utilisés par son logiciel ou site web. La boîte à outils permet d'identifier puis d'estimer alors leurs consommations grâce à des formules mathématiques. Mais les chercheurs ne comptent pas s'arrêter là : pour faciliter encore l'utilisation de PowerAPI, ils réfléchissent à la mise en place d'une détection automatique du matériel utilisé et de ses spécifications ainsi qu'à l'estimation des nouveaux indicateurs utiles pour les centres de données. Leur objectif final ? Aider les développeurs de logiciels ou de sites web et les administrateurs de centres de données à identifier précisément la consommation de leurs processus... pour les inciter à les rendre plus économes.





## MODÉLISER POUR PRENDRE SOIN DE LA PLANÈTE

Rien de mieux pour le développement d'une innovation que de pouvoir la tester sur un modèle numérique. Dans le domaine de la préservation de l'environnement, c'est ce que s'attache à faire l'équipe-projet Biocore, commune au Centre Inria d'Université Côte d'Azur, à INRAE (sites de Sophia Antipolis et LBE Narbonne) et à Sorbonne Université/CNRS - Laboratoire Océanographique de Villefranche-sur-mer (LOV). Ses activités : concevoir et modéliser des écosystèmes artificiels, tels que ceux destinés à produire plus proprement des végétaux alimentaires ou à transformer les déchets en bio-énergie. En matière d'énergie, elle teste ainsi des systèmes de fixation du CO<sub>2</sub> pour produire des micro-algues à vocation énergétique.

## FRUGALCLOUD : VERS UN CLOUD À IMPACT ENVIRONNEMENTAL RÉDUIT

Comment relever les challenges de l'efficacité énergétique et de la sobriété numérique dans les grandes infrastructures numériques (telles que les datacenters) sur lesquelles repose le cloud ? C'est autour de cette question majeure qu'ont décidé de travailler main dans la main Inria et OVHcloud avec le Défi FrugalCloud. Celui-ci, qui implique cinq équipes-projets Inria (Avalon, Inocs, Myriads, Spirals, Stack), a pour objectif d'explorer de nouvelles solutions pour la conception de services cloud plus économes en consommation électrique et avec des impacts environnementaux réduits. Les axes de recherche explorés dans ce projet commun concernent l'écoconception logicielle des services et des applications cloud, l'exploration des leviers d'efficacité ainsi que la réduction des impacts et l'accompagnement des utilisateurs de cloud. Les activités sont réparties en sept sous-projets qui lient pour la plupart deux équipes Inria avec une ou plusieurs équipes de OVHcloud. De quoi aborder le sujet de la réduction de l'impact environnemental du cloud sous tous ses angles. Ce Défi est coanimé par Laurent Lefevre (équipe-projet Avalon) et German Masse (OVHcloud).

## TERRIFLUX, LA STARTUP QUI CARTOGRAPHIE LES FLUX DE MATIÈRES DES FILIÈRES

La reterritorialisation d'une partie de l'économie semble aujourd'hui un moyen nécessaire pour atteindre l'objectif d'une économie soutenable dans le cadre d'un monde aux ressources finies. Cette reterritorialisation exige cependant la connaissance fine des flux de matières mis en jeu dans les filières ; malheureusement cette connaissance est essentiellement monétaire aujourd'hui. Ce constat a mené à la création de la startup Terriflux, qui fournit des services et outils d'aide à la décision basés sur la représentation, modélisation et scénarisation des flux de matières de filières (agricoles, forêt-bois, déchets et autres) entre production et consommation. Son fondateur, Julien Alapetite, a bénéficié d'un accompagnement dédié au sein d'Inria Startup Studio, après plus de dix ans de collaboration avec l'équipe-projet STEEP (pour "soutenable, transition, environnement, économie biophysique et politiques locales") du Centre Inria de l'Université Grenoble Alpes.







## NOS INITIATIVES

### Énergie : Inria économise sans compter

À l'automne 2022, l'institut s'est doté d'un plan de sobriété énergétique pour réduire de 10 % ses consommations d'énergie. Et les mesures appliquées devraient permettre d'atteindre cet objectif.



Lorsque le gouvernement français présente son plan de sobriété énergétique début octobre 2022, Inria n'est pas pris au dépourvu. Depuis 2020 déjà, l'institut s'est en effet doté d'un plan *Environnement...* il ne lui reste donc qu'à décliner celui-ci sur la question spécifique des économies d'énergie. Dès l'automne, un plan interne de sobriété énergétique est ainsi mis au point et fixe pour objectif de réduire les consommations d'énergie de 10 %. Trois secteurs d'action y sont identifiés : les services numériques, les bâtiments et les déplacements professionnels. Logique : sur les 18 GWh/an de consommation directe de l'institut, plus de la moitié est réservée aux *datacenters*, le reste aux bâtiments.

#### DES MESURES RAPIDEMENT EFFICACES

Dans le premier domaine, une étude menée en septembre-octobre 2022 permet d'identifier les postes à fort impact et les actions suivent dans la foulée. La consigne de climatisation des salles de serveurs est relevée de 20° C à 24° C, ce qui permet d'éteindre plusieurs groupes froids. La DSI met également à l'arrêt 140 machines, jusqu'ici allumées alors qu'elles ne servaient "presque" plus. Quant aux moyens de calcul, ils sont modifiés pour ne s'allumer qu'au moment du lancement d'un calcul et s'éteindre ensuite.

Côté bâtiment, la température de chauffage a bien sûr été abaissée aux 19° C réglementaires, mais surtout des fonds ont été débloqués pour poursuivre les travaux de rénovation énergétique engagés dans les centres Inria suite au plan *Environnement* (optimisation de l'éclairage, installation de pompes à chaleur, etc.).

*« Dès l'automne, un plan interne de sobriété énergétique est ainsi mis au point et fixe pour objectif de réduire les consommations d'énergie de 10 %. »*

#### DES DONNÉES À CONSOLIDER... MAIS ENCOURAGEANTES

Enfin, concernant les déplacements professionnels, la sensibilisation des agents s'est poursuivie, là encore dans la lignée de la politique en place, qui implique par exemple de limiter les trajets en avion (consignes de réservation consistant à privilégier la classe économique, guide des déplacements...). L'institut travaille à présent à organiser les données concernant les déplacements pour mettre à disposition des chercheurs un outil leur permettant de visualiser leurs émissions de CO<sub>2</sub>.

La consolidation des données issues de toutes ces actions reste à mener pour mesurer objectivement la réduction des consommations. Elle s'accompagnera de la mise en place progressive d'éléments de sous-comptage, afin de poursuivre dans la durée la tendance à la baisse. Pour l'heure, la diminution devrait atteindre sans trop de difficulté les 10 % visés.





# Innovate for Education



## Les quatre piliers de la recherche en IA pour l'éducation

**L'intelligence artificielle est en train de révolutionner la façon dont nous concevons les expériences d'apprentissage et évaluons les élèves. Mais sur quoi reposent le développement et l'intégration de cette technologie dans le système éducatif ? Éléments de réponse avec Jill-Jênn Vie, chargé de recherche dans l'équipe-projet Soda du Centre Inria de Saclay.**

### JILL-JÊNN VIE,

Chercheur dans l'équipe-projet Soda  
du Centre Inria de Saclay



L'intelligence artificielle trouve aujourd'hui une multitude d'applications à différents niveaux d'enseignement. En offrant à ses utilisateurs une expérience d'apprentissage personnalisée, elle promet d'améliorer la façon dont les élèves apprennent, la façon dont les enseignants travaillent et, plus globalement, ce à quoi l'avenir pourrait ressembler dans le domaine de l'éducation. Néanmoins, quatre challenges, tous étroitement liés, doivent aujourd'hui être au cœur des préoccupations des acteurs du domaine pour que l'intelligence artificielle puisse intégrer pleinement l'expérience éducative du futur.

Le premier concerne l'équité, la confidentialité, et la transparence des décisions. Les algorithmes d'IA apprennent à partir des données récoltées. Si ces données sont biaisées en faveur d'une ethnie, d'un genre ou d'un segment socio-économique, les décisions, par exemple d'admission, pourront aussi l'être. Il est donc important de s'assurer que les algorithmes d'IA n'amplifient pas des biais existants et aillent plutôt dans l'idée de réduire les inégalités. Beaucoup d'acteurs ont la volonté de minimiser les données de la CNIL, et souhaitent exclure la variable de genre dans leurs systèmes d'IA, mais au contraire il faut pouvoir mesurer la discrimination pour pouvoir réduire les inégalités. Et si un algorithme, ou une décision, n'est pas ouvert, il est plus difficile de savoir s'il crée de la discrimination ou pas.

Le second enjeu est la capacité à identifier des métriques utiles pour l'enseignant et l'élève (*learning analytics*), par exemple mesurer les gains d'apprentissage des élèves. Cela passe notamment par la possibilité de résumer et visualiser des données massives. Il s'agit de résumer les fonctions objectifs qui seront ensuite optimisées avec des techniques d'apprentissage, et pouvoir faire un retour à l'apprenant afin qu'il sache où il se situe dans l'espace des connaissances et comment il y évolue.

Le troisième challenge, lié au précédent, est la possibilité de prédire la performance des étudiants, pour par exemple détecter les étudiants en difficulté et adapter l'enseignement en conséquence. Comme dit au conseil scientifique de l'Éducation nationale, en France, nous sommes très bons pour remarquer que « *le niveau baisse* », mais la question à se poser est « *comment peut-on agir là-dessus ?* ». L'objectif est ainsi de pouvoir intervenir en amont, en optimisant la séquence d'exercices présentés aux élèves (si les questions sont trop faciles, l'apprenant s'ennuie ; si elles sont trop difficiles, l'apprenant est découragé), tout en s'assurant que les interventions ne vont pas empirer les choses. Cela utilise des techniques d'inférence causale et d'apprentissage par renforcement.

Le quatrième challenge est le développement de la génération automatique de contenu : production écrite, exercices ou corrections. Nous avons beaucoup entendu parler de *ChatGPT* récemment. La plupart des acteurs de l'éducation sont inquiets, notamment sur le fait que les apprenants pourraient s'en servir pour tricher, alors que cela peut être une vraie opportunité pour générer des exercices adaptés à la difficulté des jeunes, ludiques et innovants ; ou apprendre une langue en interagissant avec un LLM (modèle massif de langage) qui s'adapte au niveau des étudiants et leur fait des retours sur leurs fautes. Nous pensons souvent aux risques, sans envisager les nombreuses opportunités que l'IA peut apporter en éducation et en formation.



## DES ROBOTS POUR LES ENFANTS AUTISTES

Depuis 2019, le petit robot américain *Cozmo* a fait son entrée dans deux classes de l'académie de Nancy-Metz, spécialisées dans l'accueil d'enfants atteints de troubles du spectre autistique. Son rôle ? Servir à la fois d'outil pédagogique auprès des élèves, avec comme finalité de faciliter leur inclusion sociale, mais également de sujet de recherche pour les scientifiques de l'équipe Larsen, commune au Centre Inria de l'Université de Lorraine et au Loria. Ceux-ci étudient notamment la façon dont l'interaction avec un robot modifie le comportement des enfants autistes. *Cozmo* va donc encore rester à l'école quelques années.

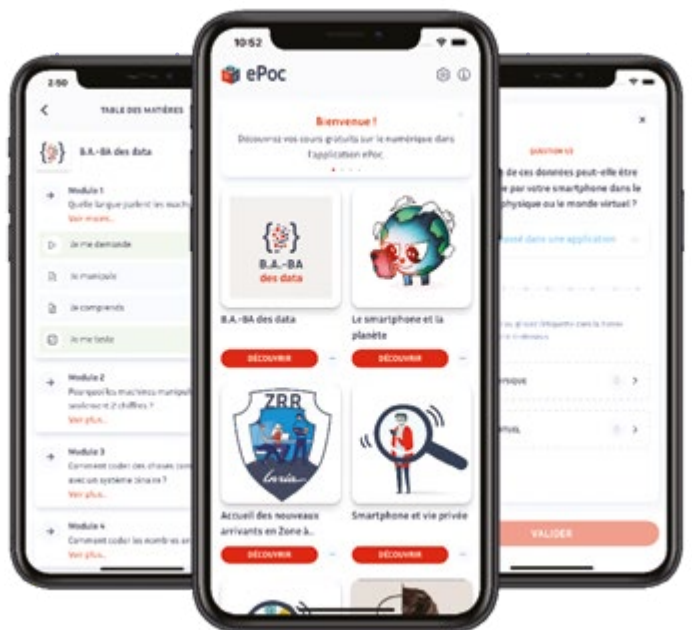
### L'IA POUR COMBLER LES LACUNES

La startup MathFlow (anciennement Axiome) poursuit une ambition : utiliser l'IA pour repérer les lacunes des élèves en mathématiques, de la 6<sup>e</sup> à la terminale, etc. et les aider à y remédier. Son fondateur a ainsi bénéficié d'un accompagnement de l'Inria Startup Studio pour développer une application mobile ludique intégrant un ITS (intelligent tutoring system) permettant d'une part d'évaluer les élèves au moyen de tests adaptatifs et d'autre part de recommander des parcours d'apprentissage personnalisés et adaptés à leurs rythmes.



## ePoc : L'APPRENTISSAGE NUMÉRIQUE À PORTÉE DE MAIN

Avec ePoc (Electronic Pocket Open Course), le grand public peut profiter de cours gratuits sur le numérique directement depuis son téléphone portable ! L'application mobile, développée par Inria Learning Lab, propose différents modules (sur les data, l'Internet des objets et la vie privée, le smartphone et la planète, etc.) mis au point par des experts scientifiques. Téléchargeable gratuitement, open source, sans collecte de données personnelles, l'application ePoc intègre une grande diversité de contenus ludiques tels que des vidéos, des podcasts, des infographies et des activités interactives. De quoi inciter chaque citoyen à en apprendre davantage sur le numérique !





## RENDRE L'APPRENTISSAGE DU *DEBUG* PLUS LUDIQUE

Apprendre à programmer et à déboguer nécessite l'acquisition d'une représentation mentale de la façon dont un ordinateur exécute les instructions et mémorise l'information. Pour aider les étudiants à construire cette "machine notionnelle", l'Action exploratoire AI4HI a permis de développer Easytracker, une bibliothèque rendant plus facile l'accès aux états internes de programmes écrits en langages Python ou C. Cette bibliothèque peut être par exemple utilisée couplée à une interface graphique comme support pendant un cours magistral. Elle est aussi centrale dans le projet Agdbentures, un jeu vidéo pour apprendre et s'entraîner au debug de manière autonome et ludique !

## UN PROJET COLLABORATIF POUR FACILITER L'ENSEIGNEMENT DES MATHS

Comment l'outil interactif de preuves Coq peut-il concourir à l'enseignement des mathématiques, en particulier dans les premières années universitaires ? C'est le défi que va relever le projet LibreAbaci, lancé en septembre 2022. Il entend nouer des collaborations avec des enseignants en mathématiques pour chercher comment rapprocher le langage sur ordinateur et le langage habituel des mathématiques, comment tirer bénéfice de l'automatisation et du calcul pour l'enseignement, ou comment fournir un environnement de travail propice à l'apprentissage... Les réponses à ces questions devraient permettre d'améliorer le logiciel Coq et, in fine, aider les étudiants.





## NOS INITIATIVES

### Partenariats : la médiation scientifique tisse sa toile

Entre nouveaux partenariats, renforcement des collaborations existantes et inauguration d'un lieu qui lui est consacré, la médiation scientifique a connu une année riche en événements.



#### UN LIEU DESTINÉ À DEVENIR EMBLÉMATIQUE

Le terrain de jeu d'Inria en matière de médiation est vaste et ne cesse de s'agrandir. L'année 2022 a vu naître à Valbonne (Alpes-Maritimes) un lieu emblématique pour la diffusion de la culture des sciences du numérique : Terra Numerica, fruit d'une collaboration entre les collectivités, l'académie de Nice, Inria, le CNRS, l'université Côte d'Azur et les associations locales. Sur près de 500 m<sup>2</sup>, le lieu propose des ateliers pédagogiques, originaux et ludiques, afin de découvrir et d'expérimenter les sciences du numérique, mais aussi de la médiation itinérante dans la région : « Il y a en France trop peu de lieux dédiés aux sciences du numérique », explique Christine Leininger, cheffe de projet médiation scientifique. *Ce projet est donc majeur pour la médiation scientifique sur le sujet* ». De quoi répondre au besoin de compréhension et d'appropriation des sciences du numérique par la société, mais aussi susciter des vocations chez les jeunes.

#### RENFORCER LES COLLABORATIONS EXISTANTES, ET EN CRÉER DE NOUVELLES

Un objectif que l'on retrouve, par ailleurs, dans le partenariat qui lie depuis 2017 la médiation scientifique et l'association Animath via les *Rendez-vous des Jeunes Mathématiciennes et Informaticiennes (RJMI)* : pendant deux à trois jours, des lycéennes motivées par les sciences rencontrent

des chercheuses d'Inria et ont tout le loisir de leur poser, sans retenue, leurs questions.

« *La médiation scientifique est un dialogue entre les chercheurs et la société. Elle s'appuie bien sûr sur de la vulgarisation, sur le partage d'informations, mais elle implique également une écoute du public et même sa participation* », expose Christine Leininger. « *En 2022, trois centres Inria se sont impliqués dans le dispositif et nous espérons qu'ils seront de plus en plus nombreux* », ajoute Corinne Touati, chercheuse et chargée de mission médiation scientifique.

#### DEUX NOUVEAUX PARTENARIATS

Corinne Touati dirige la cellule nationale de la médiation scientifique chez Inria qui interagit avec le service communication et médiation ainsi qu'avec les chercheurs référents de chaque centre. Ensemble, ils accompagnent les scientifiques qui souhaitent se lancer dans la médiation et mettent à leur disposition des outils "clés en main". La boîte à outils s'est d'ailleurs enrichie de deux partenariats en 2022. L'un, avec la chaîne *l'Esprit Sorcier*, va permettre de produire trois émissions par an, ainsi que des programmes courts sur les recherches d'Inria. L'autre, avec la coopérative *Déb'Acteur*, vise à organiser des débats citoyens sur l'impact de la science dans la société. À l'occasion de la *Fête de la Science 2022*, consacrée au changement climatique, la première édition a ainsi porté sur la sobriété numérique.



A person's hand is visible on the right side, pointing towards a large digital display. The display shows various data visualizations, including bar charts, line graphs, and tables. The background is slightly blurred, showing what appears to be a meeting room with a window on the right.

# Assurer par le numérique la fiabilité des informations et des services





# DÉCRYPTAGE

## IA : vers des services numériques fiables et éthiques pour les administrations

**Comment offrir aux citoyens français des services numériques toujours plus efficaces et fiables, tout en promettant un traitement des données sécurisé ? Kim Montalibet, *Data Scientist* et coach projet *Data Sciences* au sein du département Etalab de la direction interministérielle du numérique, nous donne son point de vue sur l'évolution des administrations publiques face à la montée de l'intelligence artificielle.**

### **KIM MONTALIBET,**

*Data Scientist* et coach projet *Data Sciences* au sein du département Etalab de la direction interministérielle du numérique



Le développement du numérique dans les administrations, et plus particulièrement de l'intelligence artificielle, est en expansion. Depuis quelques années, nous observons une véritable prise de conscience et une véritable appétence des administrations pour le développement d'outils et de services numériques spécifiques, et ce quel que soit leur niveau de maturité sur ces sujets.

Leur objectif : répondre aux besoins des agents administratifs, en développant des outils numériques en mesure de rendre leur travail plus efficace. Le recours à des outils d'IA ou de *data sciences* permet par exemple d'automatiser certaines tâches à faible valeur ajoutée ou de fournir des outils d'aide à la décision. Un exemple parlant est le traitement en masse des documents administratifs, une problématique que l'on retrouve dans beaucoup d'administrations, ou bien le traitement du langage naturel, qui permet d'avoir des moteurs de recherche plus intelligents et de retrouver plus facilement des informations précises dans des documents.

Mais pour que cette évolution puisse se faire dans les meilleures conditions, plusieurs freins restent à lever. Il y a un enjeu RH important, pour recruter des profils pertinents et les internaliser afin de lancer des projets de transformation numérique à long terme, et les pérenniser. Derrière cela, l'attractivité du service public est un véritable enjeu.

Un autre verrou est la culture de la donnée en France. Pour développer des projets d'IA avancés, il faut pouvoir disposer de données de qualité. Certains ministères peuvent être bloqués sur des projets car ils ont besoin de données externes qu'ils n'arrivent pas à obtenir. Il y a un véritable enjeu d'évangélisation sur le partage et l'ouverture des données.

Enfin, lorsqu'on travaille avec l'IA, il est essentiel de vérifier l'absence de biais éthiques et d'assurer la transparence dans la conception et l'utilisation des algorithmes. C'est un enjeu qui mérite beaucoup d'attention, notamment en vue de la future réglementation européenne sur l'IA, l'*AI Act*, proposée en avril 2021, et qui entrera en vigueur d'ici à 2025. L'*AI Act* propose de réglementer les applications d'IA en fonction de la gravité des risques, en imposant des garde-fous adaptés à chaque niveau de risque.

De notre côté, nous avons accompagné 26 projets IA de la sphère publique entre 2019 et 2022 dans les domaines de la justice, la sécurité, l'économie, la santé, l'alimentation, ou encore la transition écologique. Notre partenariat avec Inria nous a, par ailleurs, permis de faire intervenir des chercheurs de pointe pour développer des algorithmes répondant en tous points aux problématiques des administrations.



## FACT CHECKINGS

### CEDAR REMONTE À LA SOURCE

Pour vérifier la multitude d'informations fournie par les médias, les réseaux sociaux ou encore les discours politiques, les journalistes ont besoin d'aide. Et l'équipe Cedar du Centre Inria de Saclay (commune avec l'École polytechnique) vient à leur rescousse. Un premier projet, financé de 2016 à 2019 par l'ANR et nommé *ContentCheck*, a ainsi associé les chercheurs aux *fact checkers* du journal *Le Monde*. En 2022, un autre partenariat a été noué entre Inria, l'École polytechnique et *Radio France*, appuyé par la Chaire ANR-DGA en IA, *SourcesSay*. Ses ambitions ? D'une part, mettre au point des outils logiciels permettant de vérifier facilement et rapidement des affirmations statistiques auprès de bases de données fiables, telles celles de l'Insee. D'autre part, créer des ensembles de preuves vérifiés et sourcés sur des sujets controversés. Un vaste chantier...

## FINANCES

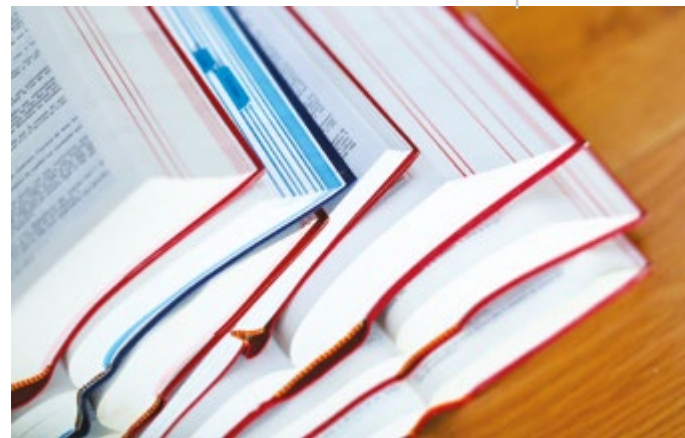
### RÉNOVER LA "CALCULETTE" DES IMPÔTS

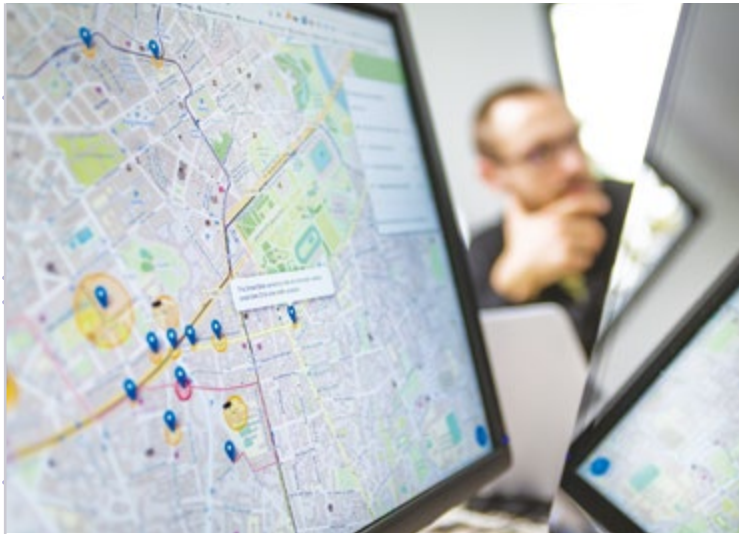
Elle traite environ 650 foyers fiscaux par seconde. La "calcullette" de la direction générale des finances publiques, qui se charge du calcul de l'impôt sur le revenu des foyers français, est une architecture logicielle très performante, mais datant des années 1990. Entre évolutions législatives et modifications technologiques, une remise à niveau s'imposait. Des chercheurs, dont Denis Merigoux (de l'équipe-projet Prosecco du Centre Inria de Paris) ont eu l'autorisation d'accéder au code source de la "calcullette". Ils ont ainsi pu mettre au point un nouveau compilateur, baptisé *Mlang*, basé sur le langage open source Ocaml, développé par Inria. Il pourrait être prochainement intégré à la "calcullette", avec à la clé de nouvelles fonctionnalités.

## JUSTICE

### L'IA AU SERVICE DE LA COUR DE CASSATION

Comparer toutes les décisions de justice pour vérifier que la loi est appliquée partout de la même manière est un travail titanesque ! Pour aider les juristes de la Cour de Cassation dans cette tâche, l'équipe Almanach, du Centre Inria de Paris, s'est portée volontaire, à travers le Lab IA – qui permet aux institutions publiques de collaborer avec les chercheurs d'Inria. Elle a utilisé l'IA pour attribuer automatiquement des titres aux décisions de justice en se basant sur leurs sommaires. Un moyen ensuite de repérer plus facilement les documents similaires... pour aller y chercher les éventuelles divergences.





### REGALIA CHERCHE LES BIAIS

Regalia, comme "Régulation des algorithmes d'IA" : tel est le nom d'un projet-pilote, conduit par Inria depuis 2020 avec le PEReN (le Pôle d'expertise de la régulation numérique), porté par la Direction générale des entreprises (DGE). Il identifie les éventuels biais des algorithmes (qu'ils soient de tarification, de recommandation...) des grandes plates-formes et aide à les réguler. Les membres de Regalia ont ainsi contribué à faire évoluer le cadre réglementaire européen sur le sujet. Ils ont également proposé aux autorités de régulation des méthodologies et des bonnes pratiques pour évaluer la conformité des algorithmes des plates-formes en les perturbant le moins possible. Désormais, une librairie d'audits d'algorithmes en boîte noire (sans avoir accès au code de calcul de l'algorithme mais seulement à ses résultats) est opérationnelle. Elle a déjà été appliquée avec succès à des acteurs de la livraison de repas à domicile et à des comparateurs de prix de voyage en ligne. Deux doctorats, sur ces sujets d'audit de loyauté des algorithmes, ont été lancés cette année en partenariat avec d'autres équipes Inria.

### ÉRADIQUER LES ÉCARTS DE SALAIRES ENTRE FEMMES ET HOMMES

Les femmes touchent 24 % de moins que les hommes, selon l'INSEE. Pour qu'à "travail égal salaire égal", l'Action Exploratoire EquityAnalytics, pilotée par Petra Isenberg du-Centre Inria de Saclay, étudie la question de l'égalité salariale en se servant de méthodes d'analyses visuelles. Plus précisément, ce projet scrute les biais existants dans la visualisation des données destinées aux prises de décision dans les systèmes de rémunération, pour mieux les comprendre. EquityAnalytics est mené dans le cadre d'une collaboration avec la société islandaise PayAnalytics, qui propose aux entreprises une plate-forme logicielle d'équité salariale pour les aider à combler les écarts de rémunération entre leurs salarié(e)s.

### SKYLD VEILLE SUR LES ALGORITHMES

Comment s'assurer de la sécurité des algorithmes embarqués dans des téléphones portables ou des objets connectés ? Comment veiller à ce qu'ils ne puissent pas être récupérés par des concurrents ? Telles sont les questions auxquelles répond la startup SkyLd, incubée chez Inria Startup Studio. Celle-ci propose des solutions, basées notamment sur la cryptographie, pour protéger les algorithmes et les données récoltées. Le tout avec un temps d'exécution de l'algorithme maintenu sous la barre des 300 millisecondes, afin de permettre une réponse en temps réel. La société dispose déjà d'un démonstrateur et d'une preuve de faisabilité ; elle cherche à déployer sa première preuve de concept.



## NOS INITIATIVES

### Transformation numérique et amélioration continue d'Inria : la DSI et la DOT main dans la main

**Comment fluidifier le fonctionnement interne d'un institut de recherche ? C'est là tout l'enjeu de la collaboration entre la DSI et la DOT, qui œuvrent au quotidien pour faire évoluer les outils numériques mis à disposition des agents mais aussi l'organisation de leur travail, et trouver des réponses, le plus rapidement possible et de manière pragmatique, à des irritants du quotidien.**

#### FLORIAN DUFOUR,

Directeur des systèmes  
d'information d'Inria



#### PHILIPPE HENRY,

Directeur de l'organisation  
et de la transformation d'Inria



Derrière cette démarche, deux directions travaillent ensemble : la direction des systèmes d'information (DSI) et la direction de l'organisation et de la transformation (DOT). Cette dernière se charge ainsi, en amont, de coordonner une revue de processus : *« C'est un travail difficile dans lequel il faut amener les métiers concernés à prendre du recul, s'extraire des pratiques existantes pour proposer quelque chose de plus efficient, lorsque cela a du sens »*, explique Philippe Henry, directeur de l'organisation et de la transformation d'Inria.

Une fois le nouveau processus métier identifié et validé par les parties prenantes, la DSI peut lancer et mener un projet pour créer de nouveaux outils ou faire évoluer les existants, plus adaptés à ce nouveau fonctionnement. *« L'erreur, c'est de déployer de nouveaux outils et ne pas réfléchir aux processus métiers en amont. Ça ne fonctionne pas. Les outils ont une philosophie de départ, il faut qu'ils soient choisis ou développés pour être en adéquation avec nos façons de travailler »*, indique Florian Dufour, directeur des systèmes d'information d'Inria.

Enfin, la DOT intervient en aval afin de s'assurer du bon maintien du processus dans le temps, de sa bonne documentation et de sa bonne mise en œuvre dans les différentes structures de l'institut. *« Il y a un véritable enjeu organisationnel derrière la transformation numérique de l'institut. Lorsqu'on enclenche des transformations fortes, on remet en cause des façons de travailler et nous sommes justement là pour conduire cette démarche en appui des différents métiers de l'institut »*, insiste Philippe Henry.

#### **UNE DYNAMIQUE PLUS GLOBALE, À L'ÉCOUTE DES REMONTÉES DES UTILISATEURS**

Il y a quelques mois, Inria lançait une "démarche d'amélioration continue", dans un premier temps sur la base d'un plan d'action 2023 articulé autour d'une vingtaine d'axes de travail, dont l'objectif principal est de trouver des réponses, le plus rapidement possible et de manière pragmatique, à des irritants du quotidien.

*« C'est une dynamique qui s'inscrit dans le long terme mais cherche des résultats de court terme, dans tous les métiers de l'institut. L'objectif, c'est de lever les difficultés que les agents des différents métiers de l'institut rencontrent dans leur quotidien de travail »*, explique Philippe Henry, avant de conclure : *« L'ambition à terme est de déployer une démarche de type bottom-up, dans laquelle les agents soient impliqués en vue de l'amélioration de leur conditions de travail »*.

## PORTRAITS

### Quand les mathématiques rencontrent le *machine learning*

Chez Inria, certains scientifiques manient avec précision les concepts mathématiques derrière l'apprentissage automatique.

Découvrez les portraits de quatre d'entre eux, dont l'année 2022 a été marquée par de beaux résultats et récompenses.

#### ÉMILIE CHOUZENOUX ①

Vers un traitement optimisé des données médicales

L'année 2022 d'Émilie Chouzenoux a été rythmée par la publication de plusieurs résultats majeurs avec l'équipe travaillant sur l'ERC MAJORIS, mettant en lumière les liens forts entre les méthodes d'optimisation, et les domaines connexes des statistiques et de l'apprentissage. Le contexte applicatif médical exige de délivrer des décisions interprétables et quantifiées. Les approches d'inférence bayésienne apportent une solution à cette problématique, grâce à des approches numériques telles que l'échantillonnage Monte Carlo. Néanmoins, ces méthodes sont souvent très complexes à mettre en œuvre et d'exécution lente. L'équipe MAJORIS a obtenu en 2022 une avancée majeure sur ces aspects, en proposant des algorithmes d'inférence bayésienne très performants, intégrant des approches d'optimisation avancées et des outils issus de l'IA. Les méthodes mises en place bénéficient ainsi d'une rapidité et d'une simplicité de mise en œuvre, et d'une exécution rapide sur GPU, et ouvrent ainsi la voie à une intégration effective d'une IA de confiance dans le milieu médical.

#### BIOGRAPHIE

Maître de conférences de 2011 à 2019 à l'Université Paris-Est Marne-La-Vallée, Émilie Chouzenoux est aujourd'hui responsable de l'équipe-projet OPIS du Centre Inria de Saclay, spécialisée dans l'analyse et le traitement de masses de données complexes du domaine médical. Elle est lauréate d'une ERC Starting Grant en 2020 pour son projet MAJORIS. Ses recherches portent sur une nouvelle génération d'algorithmes d'optimisation qui soient suffisamment flexibles, fiables et rapides pour faire face aux problématiques et contraintes d'acquisition, de traitement et d'optimisation des données biomédicales.

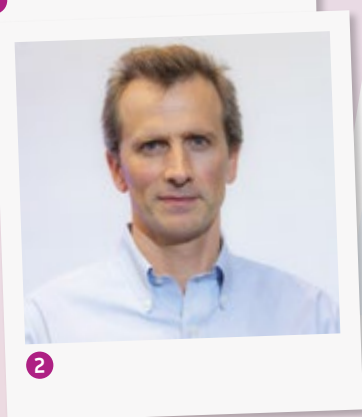
#### FRANCIS BACH ②

Allers-retours entre optimisation et apprentissage automatique

La majeure partie des méthodes modernes d'apprentissage sont formulées comme des problèmes d'optimisation, où l'on cherche à minimiser le nombre d'erreurs commises par un modèle sur les données d'entraînement. Ceci a donné lieu depuis 40 ans à l'utilisation d'algorithmes génériques d'optimisation, mais aussi à des développements spécifiques à l'apprentissage. Depuis trois ans, Alessandro Rudi, Francis Bach et leurs doctorants et postdoctorants cherchent à utiliser des méthodes statistiques venant de l'apprentissage au sein d'algorithmes d'optimisation dits par "sommes de carrés", avec des applications en statistiques et en théorie du contrôle. Ces travaux ont été présentés au congrès ICIAM en août 2023 à Tokyo, congrès majeur de mathématiques appliquées qui a lieu tous les quatre ans.

#### BIOGRAPHIE

Francis Bach est responsable de l'équipe-projet SIERRA, commune entre Inria, le CNRS et le Département d'informatique de l'École normale supérieure. Il travaille principalement en apprentissage automatique (machine learning), avec un accent sur les algorithmes d'optimisation. Il est membre de l'Académie des Sciences depuis 2020.



## JULIEN MAIRAL ③

Lauréat de la prestigieuse bourse européenne ERC *Consolidator Grant*

Déjà lauréat d'une bourse ERC *Starting Grant* en 2016 pour son projet *SOLARIS*, Julien Mairal a été de nouveau récompensé en 2022, cette fois-ci d'une ERC *Consolidator Grant*. Son projet, baptisé *Apheleia* en référence à une divinité relativement obscure à qui on attribue des vertus de simplicité, a pour but d'encoder dans les algorithmes d'apprentissage un certain nombre de contraintes que doivent respecter les modèles appris en fonction du problème à résoudre (par exemple, selon les applications visées, des contraintes issues des lois de la physique ou de la biologie). Il s'agit aussi de comprendre comment réduire la taille des modèles d'apprentissage grâce à des principes mathématiques de simplicité. Le volet pluridisciplinaire du projet est important et a pour ambition d'impacter durablement différents domaines scientifiques grâce à de nombreuses collaborations (traitement d'images, astrophysique, télédétection par exemple).

### BIOGRAPHIE

Depuis plus d'une dizaine d'années, Julien Mairal se consacre aux techniques d'apprentissage statistique (ou apprentissage machine) et à leurs applications à la vision artificielle et au traitement d'images. Il a découvert ce sujet pendant son doctorat, réalisé à l'ENS Paris et chez Inria entre 2007 et 2010, puis à l'occasion d'un postdoctorat de deux ans à l'Université de Berkeley en Californie. Julien a ensuite rejoint définitivement les équipes Inria en 2012, en tant que chercheur au Centre Inria de Grenoble. Il dirige depuis 2018 l'équipe *Thoth*, qui se consacre à l'apprentissage machine et à la vision par ordinateur.

## RÉMI GRIBONVAL ④

« La parcimonie est une valeur d'avenir. »

Une étape a été franchie en 2022 pour les recherches sur la parcimonie des réseaux de neurones, grâce aux travaux réalisés par l'équipe-projet *Ockham* du Centre Inria de Lyon dans le cadre de la Chaire IA *AllegroAssai* de Rémi Gribonval. Une série d'articles a en effet permis de comprendre des propriétés fondamentales de la quantification des réseaux profonds, ainsi que de mettre en lumière des phénomènes surprenants d'instabilité dans certains problèmes d'optimisation de réseaux parcimonieux. Des résultats théoriques qui ont servi de germes pour obtenir en 2023 des algorithmes avec un fort potentiel pour améliorer à la fois la compression et l'efficacité des réseaux de neurones.

### BIOGRAPHIE

Après une vingtaine d'années à l'IRISA dans l'équipe-projet *PANAMA*, dédiée au traitement de signal audio, Rémi Gribonval a rejoint Lyon en 2019 pour y développer les aspects mathématiques de l'apprentissage automatique. Le chercheur, lauréat ERC *Starting Grant* 2011 et également fellow IEEE et EURASIP, est aujourd'hui à la tête de la Chaire IA *AllegroAssai* et responsable scientifique de l'équipe-projet *Inria Ockham* à l'ENS de Lyon. Il pilote par ailleurs le projet *Sharp* du PEPR IA, sur les fondements de l'IA frugale, qui débutera à la fin de l'année 2023.

# LA FONDATION INRIA

## 2022, une année d'intense développement pour la Fondation Inria

**La Fondation Inria a pour vocation de mobiliser de nouveaux moyens financiers pour permettre à l'institut de soutenir des projets audacieux et qui donnent du sens au numérique. Cette année, la Fondation a structuré sa stratégie de développement : explications avec Nelly Haudegand, sa nouvelle directrice générale.**

### VOUS DIRIGEZ DEPUIS JANVIER 2022 LA FONDATION INRIA : QUELLE EST SA RAISON D'ÊTRE ET QUELS OBJECTIFS POURSUIT-ELLE ?

Dans un contexte où le développement des technologies du numérique s'accélère, la Fondation Inria veut contribuer à une transformation numérique à visage humain. En œuvrant avec le monde académique, les entreprises et la société civile, nous souhaitons construire des programmes à impact susceptibles de corriger les effets néfastes du numérique ou d'en augmenter le potentiel positif d'inclusion, d'émancipation et de protection pour les personnes, la société et la planète. Combinant des projets de recherche-développement, de formation, de diffusion des savoirs, de médiation scientifique ou de sensibilisation – voire de plaidoyer –, ces programmes ciblent quatre domaines où le numérique est un levier critique : la santé, l'environnement, l'éducation et la société de confiance.

### QUEL BILAN TIREZ-VOUS DE CETTE PREMIÈRE ANNÉE À LA TÊTE DE LA FONDATION INRIA ?

J'ai rejoint la Fondation Inria avec la mission d'en accélérer le développement. Ces mois passés, nous avons mené un intense travail en collaboration avec les services d'Inria, que je remercie, pour structurer le positionnement de la Fondation et le décliner opérationnellement en identifiant des programmes à la croisée des enjeux sociétaux, des préoccupations des entreprises, et des réponses apportées par la recherche. Nous avons défini les modes opératoires – système de contreparties, *process* internes... – et

créé les outils de la mobilisation : site web, présentations, *elevator pitches*, cartographies des projets... Nous avons multiplié les échanges avec l'écosystème et engagé un dialogue avec une vingtaine d'entreprises se situant en dehors de la sphère naturelle d'influence d'Inria, par exemple l'assurance, la banque ou la santé au sens large. Pour ces entreprises, la fondation est un *go-between* facilitant les relations avec les équipes de recherche.

### SUR QUELS THÈMES VOYEZ-VOUS SE CONCRÉTISER LES FUTURS PROGRAMMES À IMPACT ?

Je pense d'abord, au titre de nos préoccupations environnementales, au programme *AI FOR IS.0*. Inria possède de nombreux atouts pour répondre aux enjeux de recherche soulevés par l'Industrie 5.0 et contribuer à rendre l'industrie vertueuse et écoresponsable : une tradition longue de collaboration avec les industriels, l'engagement croissant de ses chercheurs sur le plan environnemental, ses compétences de haut niveau en robotique, interface personne-machine, modélisation, simulation, optimisation, jumeaux numériques, réseaux... L'éducation est aussi pour nous un sujet majeur et nous incubons avec le soutien de l'État et de plusieurs partenaires deux projets auxquels nous croyons beaucoup : *Horizons numériques* et *10 000 TechTudiants*. Le fil rouge ? Un accès plus large aux formations au numérique, qu'il s'agisse des femmes, notamment sous-représentées dans ces filières, ou des populations victimes de la fracture territoriale et éloignées des études.

### UN ACCORD DE MÉCÉNAT POUR ACCOMPAGNER LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE DANS L'ENTREPRISE

« Inria, la Fondation Inria et le Groupe La Poste ont signé en mars 2021 un accord de mécénat, conclu pour trois ans. Les activités de La Poste sont bouleversées par la numérisation croissante de l'économie et de la société. Le Groupe s'est tourné vers la Fondation Inria pour l'accompagner dans sa transformation numérique en intégrant trois piliers de sa stratégie d'entreprise : l'environnement, la confiance et la santé. Nous avons par exemple apporté un soutien significatif au Défi FedMalin qui vise à faire progresser la recherche sur l'apprentissage fédéré. »

Nelly Haudegand, directrice générale de la Fondation Inria

« Une dynamique positive est engagée. Notre Groupe a contribué au financement de sept projets, de deux thèses et au recrutement de neuf ingénieurs et postdoctorants. L'année 2023 est prometteuse et enthousiasmante : en plus de nouvelles actions de recherche, deux actions portées par la Fondation, à fort impact sociétal, vont être lancées. Notre partenariat est porteur de sens. Les équipes se connaissent et entendent plus clairement les sujets sur lesquels elles peuvent collaborer... Deux éléments clés pour l'atteinte de nos objectifs communs ! »

Fatiha Gas, directrice innovation du Groupe La Poste



# LA MISSION DÉFENSE ET SÉCURITÉ

## L'expertise d'Inria au service des politiques de défense et de sécurité

**Créée en 2020 dans le cadre du contrat d'objectifs et de performance (COP) de l'institut, la Mission Défense et Sécurité a pour objectif de fédérer et de développer les différentes actions d'Inria pouvant répondre aux besoins stratégiques de l'État sur ces sujets dans le numérique. Bilan d'une année particulièrement foisonnante avec Frédérique Segond, directrice de la Mission.**



### QUEL EST LE RÔLE DE LA MISSION DÉFENSE ET SÉCURITÉ ?

La Mission répond à l'un des quatre axes stratégiques du COP que l'institut a signé avec l'État en 2019 : celui d'accompagner les politiques publiques visant la souveraineté et l'autonomie stratégique numérique de la France. Inria apporte son expertise en soutien aux besoins des ministères des Armées et de l'Intérieur dans ce domaine. La Mission mobilise une équipe multilocalisée (à Paris, Grenoble, Rennes et Montpellier) d'une dizaine de personnes aux compétences transverses : recherche, ingénierie, business, etc.

Conseil et expertise, transfert de technologies au profit des ministères ou des industriels de la défense, participation à des projets collaboratifs, soutien à la création d'entreprises ou à la formation de personnels : l'accompagnement que nous proposons est multiple et répond aux différents besoins numériques des forces armées.

### COMMENT LA MISSION TRAVAILLE-T-ELLE ET QUELS SONT LES FAITS MARQUANTS DE 2022 ?

Nous avons renforcé la dynamique engagée au sein des partenariats stratégiques signés par Inria avec des acteurs industriels et académiques de la défense (*Naval Group*, *ATOS* ou *ONERA*). Nous avons renouvelé notre partenariat avec le ministère des Armées et avons échangé avec l'état-major des Armées afin de définir avec lui une feuille de route répondant aux besoins des forces. Toutes ces actions se déclinent aujourd'hui au travers d'une gouvernance commune. Enfin, nous sommes en train de mettre en place de nouvelles façons de faire : construction de laboratoires communs sur des thématiques d'intérêt comme le renseignement ou la mise en place d'une agence de projets orientée

défense, avec le CEA. Nous avons aussi positionné Inria comme un acteur de la sécurité/défense auprès des organismes financeurs de la R&D. Ces réalisations constituent le socle sur lequel ancrer durablement la mission dans chaque centre Inria et au sein d'une gouvernance partagée avec le ministère des Armées, et développer nos relations avec le ministère de l'Intérieur.

### QUELS PROJETS VOUS SEMBLENT-ILS EMBLÉMATIQUES DES TRAVAUX DE LA MISSION ?

*Intel Lab* est l'une des réussites des années passées : cette plate-forme numérique, développée en collaboration avec la Direction du renseignement militaire, nous permet de sensibiliser, au travers d'un "jeu sérieux", le monde de la recherche (académique et industrielle) aux métiers du renseignement, afin d'imaginer et d'expérimenter des technologies qui pourraient lui être utiles.

Dans le cadre du projet européen EICACS (*European Initiative for Collaborative Air Combat Standardisation*), piloté par Dassault Systèmes, l'expertise Inria s'incarne dans nos recommandations sur la souveraineté européenne des algorithmes en IA. Nous participons en outre aux projets *CLEE* (Carburants Liquides à Énergie Élevée) et *CAMPAIGN* (Campagnes informAtionnelles Multimodales : imPAct, Identification, profilaGe et caractérisatioN), financés par l'AID (Agence de l'innovation de défense). Nous y apportons le savoir-faire Inria en matière d'IA, afin de contribuer au développement de nouveaux carburants ou de détecter des manipulations sur les réseaux sociaux. Enfin, le système *Indago* pour la surveillance des réseaux de communication, développé au sein de l'équipe-projet Maasai, est en phase d'être intégré au sein d'un service de l'état-major des Armées.

# FINANCIAL

## RAPPORT ANNUEL BUDGÉTAIRE DE L'EXERCICE 2022

Le budget initial d'Inria pour l'année 2022 voté en décembre 2021 s'est établi en ressources à 312,1 M€ et en dépenses à 320,8 M€.

Concernant l'exécution du budget 2022 et côté recettes, la **Subvention pour Charge de Service Public (SCSP)** se situe à 186 M€ contre 178 M€ en 2020 et 189,7 M€ en 2021. Elle représente 72 % des recettes encaissées pour l'exercice 2022.

Les **ressources propres** encaissées se situent à 73 M€, soit un taux d'exécution de 86 % par rapport aux montants inscrits au dernier budget rectificatif. Elles représentent 28 % de l'ensemble des ressources de l'institut pour 2022. Les ressources propres ont principalement pour origines :

- Les contrats de recherche avec tiers privés et publics : 9,5 M€
  - Les subventions sur projet ou programme de recherche : 47,1 M€
  - Les prestations de services : 13,9 M€
  - Les ventes de produits : éditions, colloques... : 1 M€
  - Les opérations financières liées à des immobilisations : 0,0023 M€
- Dont : 15,8 M€ de l'ANR, 32,36 M€ d'autres partenaires publics, 9,66 M€ de la Commission européenne et 14,68 M€ de partenaires privés.

Les **ressources totales** encaissées ont été de **258,5 M€** en 2022, soit un taux d'exécution par rapport au budget rectificatif de **96 %**.

**Par nature**, les dépenses sont ventilées comme suit : 197,5 M€ de charges de personnel (76 % des dépenses totales), dont **146,3 M€ de Masse Salariale Limitative et 51,2 M€ de Masse Salariale Non Limitative**.

L'effectif des personnels "sous plafond" (c'est-à-dire dont la rémunération est assise sur la SCSP) a atteint 1 554,1 équivalents temps plein travaillé (ETPT) contre 1 604,5 en 2020 et 1 516,6 en 2021 pour une prévision au budget initial 2022 de 1 680 ETPT. L'effectif des personnels "hors plafond" (c'est-à-dire ceux dont la rémunération est assise sur ressources propres) a été de 1 090,1 ETPT contre 848,6 en 2020 et 1 091,8 ETPT en 2021.

- 57,2 M€ de dépenses de fonctionnement et d'investissement non programmées (FCI) ;
- 5,2 M€ de dépenses relatives aux opérations d'investissement programmées (OIP).

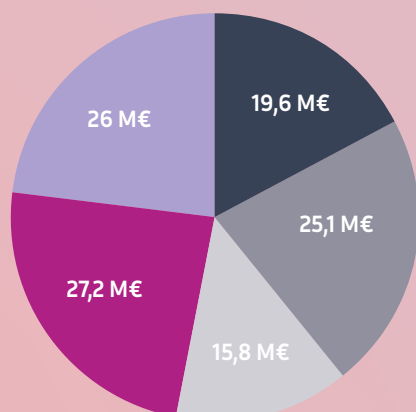
Globalement, les dépenses décaissées 2022 ont été de 259,9 M€, soit un taux d'exécution par rapport au budget rectificatif de **88 %**.

**Par destination**, les dépenses décaissées en 2022 ont porté :

- pour 167,8 M € sur les activités scientifiques des centres de recherche (agrégat 1) soit 65 % des dépenses totales 2022 ;
- pour 25,5 M€ sur les actions de recherche communes (agrégat 2) soit 10 % ;
- pour 66,6 M€ sur les fonctions support (agrégat 3) soit 25 %.

Les thèmes scientifiques correspondant aux grands objectifs de l'institut sont retracés dans le graphe ci-dessous et prennent en compte l'intégralité des dépenses quelle que soit leur source de financement et tous agrégats confondus.

### DÉPENSES D'ÉQUIPE PAR DOMAINE



113,7 M€

- Mathématiques appliquées, calcul et simulation
- Algorithmique, programmation, logiciels et architectures
- Réseaux, systèmes et services, calcul distribué
- Perception, Cognition, Interaction
- Santé, biologie et planète numériques

# CHIFFRES

## 10 CHIFFRES À CONNAÎTRE SUR INRIA

9

centres Inria en France  
au cœur des grandes  
universités de recherche

103

projets de *startups*  
*Deeptech* accompagnés  
depuis 2019

220

équipes-projets  
dont 86 % communes  
avec nos partenaires

16

partenariats stratégiques  
internationaux  
signés depuis 2019

4 750

scientifiques et personnels  
d'appui à la recherche  
(dont 2 800 rémunérés  
par Inria)

7

PEPR de stratégie d'accélération  
nationale copilotés par  
Inria et 3 PEPR exploratoires

Près de

2 000

articles scientifiques  
parus en 2022

260

millions d'euros de budget  
exécuté en 2022

38

projets exploratoires  
lancés en 2022

Inria,

1<sup>er</sup>

bénéficiaire de bourses ERC  
de l'Union européenne  
dans le domaine numérique

**DIRECTEUR DE LA PUBLICATION**

BRUNO SPORTISSE

**DIRECTEUR DE LA COMMUNICATION**

LAURENT STENCEL

**RÉDACTRICE EN CHEF**

ARIANE BEUVILLARD

**CHEFFE DE PROJET ÉDITORIAL**

IRIS MAIGNAN

**CONCEPTION GRAPHIQUE**

TERRE DE SIENNE

**TEXTES**

INRIA ET MÉDIATHÉNA

**CRÉDITS PHOTOS**

- © Inria / W. Parra p. 3
- © Inria / B. Fourrier, p. 6-7, 8, 9, 10, 16,
- © Inria / H. Raguet p. 9, 24-25, 26, 29, 35, 39
- © Inria / C. Morel p. 10, 14, 20, 21, 33
- © InHEART p. 10
- © Inria / A. Moizo p. 11
- © Inria / L. Jacq p. 12-13, 22
- © Jean Chiscano p. 14
- © Odyssey P. 15
- © Markus Spiske - Unsplash p. 15
- © Inria p. 16
- © Inria / G. Scagnelli p. 17, 27, 37
- © Inria / M. Magnin p. 18-19, 21, 23, 28
- © Qarnot Computing p. 21
- © Zuzana Kacerová via Unsplash, CCO p. 28
- © Kindel Media p. 27
- © ePOC p. 27
- © Inria / Photo S. Erôme - Signatures p. 30-31, 32
- © Adobe Stock / machiavel007 p. 32
- © Freepik p. 33
- © Inria / Photo M. Quet p. 37
- © Inria / Photo M. Bourguet p. 37

Collection particulière / Paul Benoit p. 20 ;  
Kim Montalibet p. 32 ; Julien Mairal p. 37

Getty Images



*Íria*