



RAPPORT ANNUEL 2023

Bernoulli_Lab

Laboratoire commun AP-HP-Inria Daniel Bernoulli

Table des matières

1. Le Bernoulli Lab, accélérateur de la recherche et de l'innovation en santé numérique	3
1.1 Nos instances.....	3
1.2 Notre organisation	4
1.3 Notre offre de services	6
1.4 Repères et chiffres clés.....	6
2. Faits marquants 2023.....	7
3. Montée en puissance du Bernoulli Lab en tant que structure de facilitation.....	9
3.1 Expérimentation d'une filière de soutien aux projets d'innovation Bernoulli Lab	9
3.2 Activation de l'offre de facilitation pour le conventionnement.....	10
3.3 Les nouveaux projets démarrés en 2023	10
4. Production scientifique des projets en 2023.....	12
5. Encouragement à la création d'équipes-projets communes AP-HP - Inria.....	14

1. Le Bernoulli Lab, accélérateur de la recherche et de l'innovation en santé numérique

La vocation du Bernoulli Lab est d'accélérer la recherche et l'innovation en santé numérique, en rapprochant chercheurs en sciences du numérique et professionnels de santé. Celle-ci se décline en 3 grands objectifs :



Accélérer la recherche en santé numérique



Mettre au point des algorithmes au service de la pratique clinique



Stimuler le transfert des innovations de santé numérique vers le monde économique

1.1 Nos instances

Le Bernoulli Lab mène son action sous l'égide de deux instances : un **comité de coordination**, instance stratégique, et un **comité de projets**, instance de suivi opérationnel de l'action du laboratoire.

a) Membres du comité de coordination

Pour l'AP-HP:

- Catherine Paugam-Burtz – Directrice Générale Adjointe de l'AP-HP
- Milan Lazarevic - Directeur de la Recherche Clinique et de l'Innovation de l'AP-HP
- Raphaël Beaufret - Directeur des Services Numériques
- Gabriel Philippe Steg - Vice-Président Recherche du Directoire de l'AP-HP
- Lauren Demerville - Responsable du Pôle Partenariats et Expertises

Pour Inria:

- François Cuny - Directeur Général Délégué à l'Innovation
- Jean-Frédéric Gerbeau - Directeur Général Délégué à la Science
- Philippe Gesnouin - Responsable transfert "santé, sciences de la vie, biotechnologie" au sein de la direction générale déléguée à l'innovation
- Michel Dojat - Adjoint scientifique au directeur général délégué à la science en charge des sciences de la vie
- Dominique Chapelle – Responsable scientifique du Bernoulli Lab.

La présidence du comité de coordination est assurée par Jean-Frédéric Gerbeau depuis juin 2023. Elle était auparavant assurée par Catherine Paugam-Burtz depuis 2021.

b) Membres du comité de projets

- Directeur Adjoint de la Délégation à la Recherche Clinique et à l'Innovation de l'AP-HP : Erik Domain
- Directrice du Pôle Innovation & Données : Caroline Germain
- Responsable du Pôle Partenariats et Expertises de la DRCI : Lauren Demerville
- Praticien Hospitalier Référent Entrepôt de Données de Santé à la DRCI: Claire Hassen-Khodja
- Responsable du Pôle Transfert et Innovation de la DRCI de l'AP-HP : Tara Duong
- Représentant de la Direction Générale Déléguée à l'Innovation d'Inria : Philippe Gesnouin
- Représentant de la Direction Générale Déléguée à la Science d'Inria : Michel Dojat
- Responsable scientifique nommé par le comité de coordination : Dominique Chapelle
- Responsable opérationnelle nommée par le comité de coordination : Pascaline Villié
- Représentant désigné conjointement par les centres Inria de Paris et de Saclay : Eric Fleury (directeur du centre Inria de Paris)

1.2 Notre organisation

Placé sous la conduite scientifique de Dominique Chapelle, directeur de recherche Inria, le laboratoire Daniel Bernoulli est une structure adossée à l'AP-HP et à Inria, et qui s'organise autour :

- D'une équipe socle, chargée de coordonner l'action du laboratoire ;
- D'un panel d'experts-référents médicaux désignés par les collégiales de l'AP-HP concernées ;
- D'une communauté de membres, qui réunit l'ensemble des acteurs directement impliqués dans des projets de collaboration AP-HP – Inria ;
- D'un réseau, qui compte l'ensemble des acteurs AP-HP et Inria susceptibles d'être intéressés ou impliqués à l'avenir dans une collaboration, et plus largement toute personne qui se déclarerait intéressée par le laboratoire et souhaiterait être tenue informée de son actualité.

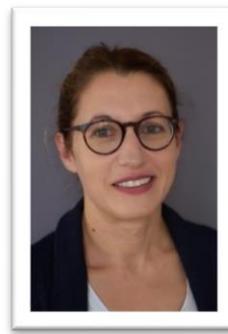
L'équipe socle



Dominique Chapelle,
Responsable scientifique



Quentin Rousseau,
Chargé des partenariats



Pascaline Villié,
Responsable opérationnelle

Le panel des experts-référents médicaux

Un panel d'experts-référents médicaux a été mis en place en 2022, mobilisant des acteurs désignés par les collégiales des disciplines particulièrement concernées par les thématiques de santé numérique. Ce panel peut ainsi être sollicité quand des questions se posent sur la pertinence clinique d'un projet, pour participer ponctuellement au comité de projets en fonction de l'ordre du jour, pour trouver des idées de thèmes et de coordinateurs pertinents pour des masterclass, etc.. Au 31/12/2023, la composition du panel d'experts-référents est la suivante :

- Pour l'anesthésie-réanimation : **François Dépret** (Hôpital Saint-Louis), **Hawa Keita-Meyer** (Hôpital Necker)
- Pour la cardiologie : **Franck Boccara** (Hôpital Saint-Antoine), **Jean-Guillaume Dillinger** (Hôpital Lariboisière)
- Pour l'oncologie : **Luis Teixeira** (Hôpital Saint-Louis)
- Pour la radiologie : **Myriam Edjlali-Goujon** (Hôpital Raymond Poincaré), **Sébastien Mulé** (Hôpital Henri Mondor)
- Pour la santé publique : **Rémi Flicoteaux** (Hôpital Saint-Louis), **Antoine Neuraz** (Hôpital Necker)
- Pour la réanimation médicale : **Antoine Vieillard-Baron** (Hôpital Ambroise Paré)

1.3 Notre offre de services

En tant que structure de facilitation, Le laboratoire Daniel Bernoulli accompagne les projets de recherche et d'innovation en santé numérique menés conjointement par des acteurs de l'AP-HP et d'Inria tout au long du cycle de vie de leur projet :

- Mise en relation des acteurs
- Formalisation de la collaboration (accès aux données, convention...)
- Mise en visibilité du projet (web, réseaux sociaux...)
- Animation de communauté et ressources partagées
- Recherche de financements pour soutenir / pérenniser le projet

1.4 Repères et chiffres clés

- 100 membres impliqués dans une collaboration associant des acteurs de l'AP-HP, d'Inria, et d'autres organisations partenaires le cas échéant
- 23 collaborations suivies par le Bernoulli Lab à fin décembre 2023
- 7 structurations de recherche partenaires¹

¹ Chaire AI-Raclès, Chaire BOPA, Chaire Péri-Op, Equipe-Projet ARAMIS, Equipe-Projet HEKA, FHU PROMICE, FHU MOSAIC

2. Faits marquants 2023

JANVIER

Webinaire Bernoulli Lab : Réaliser une recherche à partir de l'EDS AP-HP

FEVRIER



Séminaire Bernoulli Lab : [Pierre Jannin](#) (Inserm, LTSI Rennes) : Surgical Skill Analysis with Surgical Data Science

AVRIL



Séminaire Bernoulli Lab : [Marco Viceconti](#) (University of Bologna) : Digital Health: Barriers to the Widespread Adoption of Digital Technologies in Healthcare

MAI

Publication du [mémoire de Daniel Bernoulli](#) dans HAL

MARS



Rencontres de la communauté Bernoulli Lab (AG 2023)

AMI : Lancement de l'appel à manifestation d'intérêt pour la création d'équipes-projets communes AP-HP – Inria

JUIN



Séminaire Bernoulli Lab : [Daniel Rueckert](#) (Technological University of Munich) : AI and the Future of Radiology

JUILLET

Campagne postes d'accueil AP-HP – Inria 2023 : Lucia Nichelli auprès de l'équipe ARAMIS d'Inria Paris, et Olivier Sutter auprès de l'équipe MONC d'Inria Bordeaux.

SEPTEMBRE

Lancement de la plateforme d'échange
de la communauté Bernoulli Lab
(Mattermost)

OCTOBRE

Webinaire Bernoulli Lab : Les jumeaux
numériques en santé

DECEMBRE

Webinaire Bernoulli Lab : Focus sur l'open
source

Participation aux Rencontres du
Programme Santé Numérique d'Inria

3. Montée en puissance du Bernoulli Lab en tant que structure de facilitation

3.1 Expérimentation d'une filière de soutien aux projets d'innovation Bernoulli Lab

La filière de soutien aux projets d'innovation du Bernoulli Lab vise à faire émerger et favoriser la diffusion d'innovations deeptech dans le champ de la santé numérique, par l'accompagnement d'initiatives entrepreneuriales AP-HP – Inria.

De telles initiatives peuvent être issues d'une collaboration de recherche antérieure ou nouées précisément pour créer une entreprise.

La filière vise à soutenir la création de start-ups deeptech en santé numérique. Il s'agit de proposer prioritairement un accompagnement ante-crédation d'entreprise, i.e. en phase dite de maturation, visant à passer d'une idée d'innovation technologique à un projet d'entreprise. Cet accompagnement s'articule de façon naturelle avec le dispositif d'Inria Startup Studio et l'écosystème @HôtelDieu.

A ce jour, 4 projets entrepreneuriaux ont fait l'objet d'un accompagnement par le Bernoulli Lab, notamment pour la période correspondant à leur phase de pré-maturation au sein du dispositif Inria Startup Studio. Il s'agit des projets suivants :

	Proposition	Porteurs (phase collaboration)
	Solution de Monitoring cérébral augmenté pour l'anesthésie générale permettant de réduire les risques de complications postopératoires	David Sabbagh, Valentin Iovene (Inria Startup Studio – ISS) (+ Fabrice Vallée (Dept d'anesthésie de Lariboisière))
AnaestAssist	Solution de monitoring hémodynamique augmenté doublée d'un outil d'alerte et d'aide à la décision pour réduire le risque de complications périopératoires	François Kimmig (Inria, Dominique Chapelle, (+Fabrice Vallée (Dept d'anesthésie de Lariboisière))
	Détection des lésions d'endométriose à partir d'images d'IRM	Elise Mekkaoui (Inria Startup Studio – ISS), Raphaëlle Taub (Inria Startup Studio) (+ Michel Richa (Service de Radiologie de l'Hôtel Dieu))
	Logiciel d'assistance opératoire pour la chirurgie hépatique	Mario Arico, Erik Pernod (Inria Startup Studio), Stéphane Cotin (Inria, Mimesis), Eric Vibert (AP-HP, CHB)

3.2 Activation de l'offre de facilitation pour le conventionnement

Dans son versant « accélérateur de projet », le Bernoulli Lab prévoit dans sa feuille de route la mise au point d'outils et dispositions pour faciliter la mise en œuvre des collaborations AP-HP –Inria. Ces travaux visent en particulier à accélérer l'étape de conventionnement requise pour chaque collaboration. Cet appui est possible en particulier :

- Grâce à la mobilisation d'un chargé de partenariats dédié aux projets du Bernoulli Lab, à hauteur de 0,5 ETP, qui a rejoint l'équipe du laboratoire depuis décembre 2022
- Grâce à des modalités de conventionnement simplifiées, au moyen d'une « Fiche projet », applicable pour tout projet de recherche entre l'AP-HP et Inria (uniquement) et n'impliquant pas de flux financier (et hors aspects propriété intellectuelle, lesquels sont régis par une convention dédiée). Cette fiche est en usage depuis décembre 2022. Une bibliothèque de conventions est par ailleurs désormais stabilisée.

En pratique, l'année 2023 a ainsi été la première année lors de laquelle ces nouveaux leviers ont pu être mobilisés.

Le tableau ci-dessous présente quelques chiffres illustratifs de l'activité du Bernoulli Lab :

Année :	2021	2022	2023	TOT
Nombre de nouvelles collaborations APHP Inria identifiées dans l'année	19	16	15	
Ensemble des projets suivis opérationnellement par le Bernoulli Lab (1)	19	34	47	
Nombre de projets conventionnés dans l'année (2)	2	8	6	16
Nombre de projets démarrés dans l'année	8	9	6	23
Nombre de projets terminés dans l'année	0	1	2	3
Nombre de Fiches-projet signées dans l'année (3)	0	0	3	3
Nombre de projets démarrés dans l'année et réalisés dans l'EDS AP-HP (4)	2	6	4	12

(1) Ensemble cumulé des projets non terminés, suivis sur l'année par le Bernoulli Lab. Les projets peuvent être en cours de structuration ou bien déjà démarrés.

(2) La date de signature de la convention peut parfois être postérieure à la date de démarrage effectif des travaux (prise d'effet rétroactive)

(3) Projets pour lesquels le conventionnement a pu se faire à l'aide du contrat simplifié (dit « fiche-projet »)

(4) Nombre de projets démarrés dans l'année qui prennent appui sur l'entrepôt de données de santé de l'AP-HP.

3.3 Les nouveaux projets démarrés en 2023

Six nouvelles collaborations ont effectivement démarré en 2023. Il s'agit des collaborations suivantes :

ALPHABRAIN : Solution de monitoring cérébral augmenté pour l'anesthésie générale permettant de réduire les risques de complications postopératoires

AlphaBrain développe des technologies médicales avancées de surveillance du cerveau basées sur l'IA afin d'informer et d'assister les anesthésistes en temps réel pendant les opérations chirurgicales. Ce projet a bénéficié du programme de maturation de l'Inria Startup Studio et a été hébergé en partie par l'hôpital Lariboisière à Paris.

Il est co-porté par David Sabbagh et Valentin Iovene, tous deux docteurs en IA issus d'une équipe Inria.

AlphaBrain bénéficie en outre de l'expertise médicale de l'équipe du Pr. Fabrice Vallée, de l'expertise technique d'Alexandre Gramfort (ancien Directeur de Recherche Inria, maintenant chez Meta) et de l'expertise business de Pierre Haren (startupper pionnier d'Inria).

AlphaBrain a été lauréat du concours national i-PhD, organisé par Bpifrance, et de la Bourse French Tech Lab qui va lui permettre d'accélérer son développement business.

Contacts : David Sabbagh, Valentin Iovene

INTERCEPT-T2D : Early Interception of Inflammatory-mediated Type 2 Diabetes

Le projet INTERCEPT-T2D vise à établir si un profil à médiation inflammatoire contribue à l'apparition des complications du diabète de type 2 (T2D), permettant ainsi d'identifier les patients les plus à risque de complications et de concevoir des mesures de prévention personnalisées.

Il bénéficie d'un financement européen et est mené par un consortium mené par l'Inserm, associant notamment l'AP-HP et Inria.

Il prend appui sur l'entrepôt de données de santé de l'AP-HP.

Contacts : Dr Louis Potier, Gaël Varoquaux

MATRICIS : Détection des lésions d'endométriose à partir d'images d'IRM

Le projet vise à développer un logiciel d'IA permettant de détecter et de caractériser une endométriose sur une IRM pelvienne.

Il a bénéficié du programme de maturation Inria Startup Studio. Il a été mené en lien avec l'hôpital Hôtel-Dieu à Paris.

Il prend appui sur l'entrepôt de données de santé de l'AP-HP.

Contacts : Raphaëlle Taub, Elise Mekkaoui

PRE-LIA : PRÉdiction du pronostic des Lymphomes cérébraux primitifs grâce à l'analyse par Intelligence Artificielle des IRMs

Le lymphome cérébral primitif (LCP) est une pathologie tumorale du cerveau rare mais en augmentation constante, caractérisée par une importante hétérogénéité de la réponse au traitement et de survie. A l'heure actuelle, peu d'outils permettent de prédire cette réponse avant le traitement. L'étude PRÉ-LIA vise à identifier des facteurs pronostiques du LCP grâce à l'analyse de l'imagerie par résonance magnétique afin d'optimiser les stratégies cliniques au niveau individuel.

Le projet Pré-LIA est porté par le Dr Lucia Nichelli, lauréate du dispositif poste d'accueil AP-HP – Inria 2023. Elle réalise son poste d'accueil auprès de l'équipe ARAMIS, Inria Paris et ICM (Institut du Cerveau).

Contact : Lucia Nichelli

SMARTLOOP : Développement et validation de modèles basés sur la tomodensitométrie et utilisant l'intelligence artificielle pour l'obstruction digestive

L'occlusion digestive est un motif fréquent de consultation en urgence. Son diagnostic nécessite la réalisation d'un scanner abdomino-pelvien et sa prise en charge peut être médicale ou chirurgicale. Ainsi, il est utile d'avoir un triage automatique des scanners, permettant de prioriser la lecture des patients avec des occlusions. De plus, l'objectif est de développer une aide à la décision de prise en charge, en évitant le retard de la prise en charge chirurgicale.

Le projet SMARTLOOP est porté par le Dr Quentin Vanderbecq, lauréat du dispositif poste d'accueil AP-HP – Inria 2023. Il réalise son poste d'accueil au sein du Laboratoire d'Imagerie Biomédicale, en collaboration avec l'équipe OPIS, Inria Saclay et Centrale Supélec.

Contact : Quentin Vanderbecq.

URGE : Modélisation des parcours patients aux urgences et optimisation des prises en charge

Les objectifs de ce projet sont de :

- Développer un outil de simulation des flux dans les structures d'urgence, générique, personnalisable et à haut niveau de confiance.
- Tester différentes organisations, adaptations ou solutions dans un environnement sans risque pour les patients.
- Enrichir les opinions d'experts par des résultats objectivés par l'analyse mathématique, dès l'étape du tri initial.

Le projet URGE est le lauréat du Défi Bernoulli Lab. Il bénéficie du soutien de la Fondation AP-HP et de ses donateurs.

Il prend appui sur l'entrepôt de données de santé de l'AP-HP.

Contacts : Xavier Allamigeon, Youri Yordanov.

4. Production scientifique des projets en 2023

NB : N'apparaissent ici que les productions scientifiques déclarées par les porteurs de projet dans la bibliothèque Bernoulli Lab dans HAL. (En l'absence de tag associé au Bernoulli Lab, la publication ne peut être recensée).

Article dans une revue

Evaluation of MRI-based machine learning approaches for computer-aided diagnosis of dementia in a clinical data warehouse

Simona Bottani, Ninon Burgos, Aurélien Maire, Dario Saracino, Sebastian Stroer, Didier Dormont, Olivier Colliot

Medical Image Analysis, 2023, 89, pp.102903



How impedance measurements and imaging can be used to characterize the conductivity of tissues during the workflow of an electroporation-based therapy

O. Sutter, D. Voyer, J.-P. Tasu, C. Poignard

IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 2023, pp.1-9. [10.1109/TBME.2023.3336193](https://doi.org/10.1109/TBME.2023.3336193)



Communication dans un congrès

Semi-supervised Domain Adaptation for Automatic Quality Control of FLAIR MRIs in a Clinical Data Warehouse

Sophie Loizillon, Olivier Colliot, Lydia Chougar, Sebastian Stroer, Yannick Jacob, Aurélien Maire, Didier Dormont, Ninon Burgos

DART 2023 - 5th MICCAI Workshop on Domain Adaptation and Representation Transfer, Oct 2023, Vancouver (BC), Canada. pp.84-93, [10.1007/978-3-031-45857-6_9](https://doi.org/10.1007/978-3-031-45857-6_9)



Transfer learning from synthetic to routine clinical data for motion artefact detection in brain T1-weighted MRI

Sophie Loizillon, Simona Bottani, Aurélien Maire, Sebastian Stroer, Didier Dormont, Olivier Colliot, Ninon Burgos

SPIE Medical Imaging 2023: Image Processing, Feb 2023, San Diego, United States



Interface d'interrogation graphique de parcours de soins à base de chroniques

Pegdwendé N Sawadogo, Thomas Guyet, Etienne Audureau

Conférence Extraction et gestion de connaissances, Jan 2023, Lyon, France



Une extension de la décomposition tensorielle au phénotypage temporel

Hana Sebia, Thomas Guyet, Etienne Audureau

EGC 2023 - 23ème Conférence Francophone sur l'Extraction et Gestion des Connaissances, Jan 2023, Lyon, France



Document associé à des manifestations scientifiques

Ethical and legal issues in the design and use of AI systems in health

Thomas Guyet

eHealth and Ethics 2023, Apr 2023, Nanterre, France.



5. Encouragement à la création d'équipes-projets communes AP-HP - Inria

Un appel à manifestation d'intérêt pour la création d'équipes-projets communes AP-HP – Inria a été lancé au printemps 2023, avec la possibilité de déposer des candidatures jusqu'au 30 juin 2023.

S'il a permis de faire connaître cette modalité de collaboration entre acteurs AP-HP et Inria, il s'est avéré infructueux faute de candidature déclarée, et devrait être relancé début 2024.

Le Bernoulli Lab remercie la Fondation de l'AP-HP et ses donateurs pour leur soutien qui rend possible son action.



La Fondation de l'AP-HP est une fondation hospitalière qui développe et gère de nouvelles ressources en soutien aux équipes de l'AP-HP, son unique fondateur. Elle agit dans le domaine de la recherche et de l'organisation des soins, au sein des 38 hôpitaux qui composent l'AP-HP. Depuis son lancement en 2016, la Fondation a mobilisé plus de 112 millions d'euros et accompagne actuellement près de 450 projets à l'AP-HP.

La maison Hermès a effectué deux dons exceptionnels en 2020 et 2021 à la Fondation de l'AP-HP pour renforcer l'attractivité de l'AP-HP. Le développement des data sciences fait partie des quatre domaines stratégiques soutenus par Hermès dans le cadre du don de 2020. Ce don a permis le recrutement de plusieurs ingénieurs de très haut niveau au sein de l'Entrepôt de données de Santé de l'AP-HP, de plusieurs data scientists dans les Unités de Recherche Clinique de l'AP-HP et le déploiement des activités du Bernoulli Lab, initiative commune de l'AP-HP et d'Inria.

Pour en savoir plus : <https://fondationaphp.fr>

