



# Rapport d'activité 2023

Service d'expérimentation et de développement  
Inria Bordeaux Sud-Ouest

mars 2023

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Présentation du service</b>	<b>3</b>
1.1	Les missions du SED . . . . .	3
1.2	Composition du service . . . . .	3
1.3	L'organisation . . . . .	4
1.4	Quelques faits marquants de l'année . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Le développement technologique</b>	<b>5</b>
2.1	Axe 1 : simulation numérique, HPC, Megadonnées . . . . .	6
2.1.1	Projet transversal Guix-HPC . . . . .	8
2.1.2	Mission de soutien aux équipes HPC Concace et Topal . . . . .	10
2.1.3	Développement et support du logiciel Compose au sein de l'équipe Concace . . . . .	12
2.1.4	Projet européen MICROCARD . . . . .	13
2.1.5	Mission de soutien à l'équipe Makutu . . . . .	16
2.1.6	Mission de soutien à l'équipe Cagire . . . . .	18
2.1.7	Scotch . . . . .	19
2.1.8	Projet logiciel AeroSol (Cagire, Cardamom) . . . . .	19
2.1.9	Mission de soutien aux équipes Cagire et Cardamom . . . . .	20
2.2	Axe 2 : Santé numérique . . . . .	21
2.2.1	Accès aux données . . . . .	21
2.2.2	Infrastructure . . . . .	23
2.2.3	Modélisation et Intelligence Artificielle . . . . .	26
2.2.4	Simulation . . . . .	27
2.2.5	Visualisation . . . . .	28
2.2.6	Coordination . . . . .	29
<b>3</b>	<b>Les plateformes expérimentales</b>	<b>29</b>
3.1	IHSN . . . . .	29
3.1.1	Espaces pour les Interactions Humain-Système Numérique . . . . .	29
3.2	PlaFRIM . . . . .	30
3.2.1	Projet transversal PlaFRIM . . . . .	30
<b>4</b>	<b>La participation à des contrats bilatéraux, InriaTech</b>	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>Suivi de projets ADT</b>	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>Maintien d'un réseau d'expertise en développement logiciel</b>	<b>31</b>
6.1	Séminaires et formations organisés par le SED . . . . .	31
6.2	Participation à des conférences . . . . .	32
6.3	Au sein de la ligne métier (actions nationales) . . . . .	32
6.4	Dissémination et expertise . . . . .	33
6.4.1	Enseignement . . . . .	33
6.4.2	Interventions en tant qu'expert·e . . . . .	33
6.4.3	Médiation Scientifique . . . . .	33
6.4.4	Publications . . . . .	34
6.5	Mise à disposition de logiciels scientifiques et d'outils pour le dévelop- pement logiciel . . . . .	34

<b>7 Aspects financiers</b>	<b>34</b>
<b>8 Perspectives</b>	<b>34</b>

# 1 Présentation du service

## 1.1 Les missions du SED

Intégré au centre, sous la responsabilité directe du directeur, Nicolas Roussel, le service d'expérimentation et de développement livre une mission d'appui et d'accompagnement aux équipes de recherche. Le service est aussi intégré dans un réseau plus large au sein de la direction fonctionnelle DGD-I, s'appuyant et renforçant ce réseau pour réaliser ses missions. Les ingénieurs·es du SED ont pour missions de :

- contribuer et s'impliquer dans les **développements technologiques** des équipes de recherche ;
- mettre en place, développer, maintenir des **plateformes expérimentales** ;
- constituer et maintenir un **réseau d'expertises** liées au développement logiciel dans l'institut, diffuser les bonnes pratiques de développement et de gestion de projet technologique ;
- effectuer du développement lié à des **contrats de recherche bilatéraux** avec des partenaires publics et/ou des entreprises.

Les missions du SED traduisent qu'un des rôles essentiels du service est de venir en appui aux équipes de recherche. Le présent rapport d'activité vise, parmi les travaux réalisés, à mettre plus principalement en exergue les contributions apportées dans l'axe de ce rôle.

## 1.2 Composition du service

- Julien Castelneau – IR
- Luca Cirrottola – IR
- Ludovic Courtès – IR – 80%
- Zhe Li – CDD – IR - [Fin de contrat 30/10/2023]
- Dan Dutartre – CDI – IR
- Algiane Froehly – CDI - IR – 80%
- Marc Fuentes – IR – 80%
- Romain Garbage – CDD
- Lucas Joseph – IR
- Gilles Marait – IR
- Florent Pruvost – IR
- Gwladys Ravon – IR
- François Rue – IR – Responsable du service
- Nour Soueidan – Assistante de service partagée (environ 5% ETP pour le SED)
- Anaëlle Zanella – CDD
- Eloïse Guillem – CDD
- Nathalie Furmento – IR CNRS LaBRI
- Denis Arrivault – IR SDT - PFO
- Philippe Virouleau – IR SDT - MdC
- Hervé Mathieu – mise à disposition et incubation de Denergium suite à projet Inria Startup Studio
- 2 stagiaires : Alex Pepi et Lilian Rebiere-Pouyade
- Ingénieurs itinérants : Pierre Esterie - Numpex , Najib Errami - Edge

Courriel de contact : [sed-bordeaux@inria.fr](mailto:sed-bordeaux@inria.fr)  
Site web : [sed.bordeaux.inria.fr/](https://sed.bordeaux.inria.fr/)

Le rapport d'activités SED et d'autres informations sont accessibles sur l'intranet Inria :  
<https://intranet.inria.fr/Inria/Siege-Centres/Bordeaux-Sud-Ouest/La-direction-les-services-et-les-missions-du-centre/SED-BSO/SED>

### 1.3 L'organisation

Les ingénieurs SED consacrent environ 80% de leur temps à une mission de co-développement ou de maintien des plateformes expérimentales et environ 20% sur les actions transversales (diffusion des bonnes pratiques, réseaux métiers, actions nationales).

Le pilotage des ressources de développement technologique est aujourd'hui partagé dans sa mise en oeuvre entre les différents centres ; la déclinaison de ce pilotage se trouve dans la note "éléments de cadrage sur le pilotage des ressources de développement technologique" - gedei 15518.

#### Responsabilités du service *F. Rue*

Le responsable du service :

- est membre de l'équipe de direction qui se réunit en moyenne toutes les deux semaines ;
- participe à la mise en place et au suivi de la stratégie du centre pour le développement technologique ;
- est invité permanent au comité des projets ;
- assure l'animation du service, notamment par des réunions de service toutes les deux semaines sur une durée d'une heure ;
- gère l'aspect Ressources Humaines : congés, entretiens annuels, recrutements ;
- gère l'aspect Gestion Financière (demande budgétaire, exécution). L'assistante de service assure le suivi opérationnel du budget ;
- a le rôle d'interface entre le centre et la DGD-I pour le développement et l'expérimentation ;
- a le rôle d'interface entre le centre et les partenaires pour le développement et l'expérimentation ;
- est membre *ès qualité* de la Commission du Développement Technologique.

Dans le cadre des différents dispositifs de financements des activités de développement technologique, *F. Rué* a participé aux recrutements de 1 ingénieur de recherche permanent.

### 1.4 Quelques faits marquants de l'année

L'année 2023 a été marquée par :

The Inria logo is written in a red, cursive script font.

- le recrutement dans le service d'un ingénieur dont les domaines d'expertises permettront d'accompagner les projets travaillant autour de l'algèbre linéaire et du HPC (Concace, Topal);
- la contribution à l'organisation et la participation à la robocup 2023 organisée à Bordeaux;
- la réorganisation des espaces expérimentaux pour apporter de la modularité à ces espaces et permettre un meilleur partage des ressources;
- l'organisation d'un séminaire de 2.5 jours dédié au HPC (organisé à Talence et fédérant l'institut à l'échelle nationale) dans laquelle les ingénieurs de la thématique se sont investis largement;
- la participation d'une grande partie du service aux journées DevLogs dédiées au développement logiciel et à l'intégration continues et organisées à Talence à la suite des journées HPC;
- la poursuite du soutien à la thématique HPC (formations, entre autre autour de Guix-HPC et Distrib (Solverstack), accompagnement du DEFI Atos, suivi et recrutement sur le PEPR NumPEX, recrutement d'un ingénieur pérenne en support à l'équipe Concace);
- la poursuite des échanges et des contributions au sein de la brigue HPC phare Scotch et la création à venir en 2024 du consortium open-source associé;
- la construction et consolidation d'un esprit d'équipe et d'une forte cohésion au sein du service permettant notamment une réponse collective rapide et adaptée en cas de nécessité.

## 2 Le développement technologique

Cette partie regroupe les missions de développement des ingénieurs SED au sein des équipes. Ces missions sont présentées suivant les récits narratifs du centre, regroupés en 4 thèmes :

- sujets sociétaux (climat, éducation, santé)
- domaines d'application particuliers (énergie, aéro/spatial/défense)
- expertises scientifiques (HPC&IA, apprentissage, continuum modélisation-calcul-simulation)
- approches méthodologiques (démarche expérimentale, interdisciplinarité)

Ces récits ont été travaillés collectivement, à partir du séminaire stratégique de juin 2022, afin de présenter le centre Inria de l'Université de Bordeaux et Pau sous différents angles avec des récits permettant de faire le lien entre les équipes. Cela permet d'avoir une signature distinctive, territoriale.

L'articulation du SED en service permet de construire un accompagnement structuré et une réponse cohérente à toute la politique de site par le renforcement des interactions avec les partenaires de l'écosystème néo-aquitain.

Le SED intervient donc en soutien au développement et/ou à l'expérimentation dans ces thèmes narratifs.

Pour structurer les réponses aux demandes d'appui et de soutien aux actions de

recherche, le service a besoin de s'appuyer pour cela sur la Commission de Développement Technologique (CDT) du centre. Cette commission, constituée de personnes du milieu autant de l'université que des différents laboratoires, assure un travail de suivi, d'aide, de cartographie et d'accompagnement aux différentes équipes de recherche.

La CDT assure un suivi des différents recrutements d'ingénieurs pour les projets de Recherche sur fonds propres des équipes. Elle assure également l'articulation et la coordination des projets d'ADT (Action de Développement Technologique). Assurant une mémoire des projets proposés, accompagnés et soutenus, la commission assure aussi une connaissance au long terme de l'articulation des activités de développements technologiques dans l'écosystème néo-aquitain de partenariat.

Concernant le SED, il y est représenté dans son périmètre d'activité : l'expertise en ingénierie en appui aux activités de recherche du centre Inria de l'Université de Bordeaux et Pau. Les ingénieurs du service y jouent un rôle important par la connaissance du savoir scientifique des projets dans lesquels ils sont impliqués : leur apport est fondamental pour articuler et coordonner les développements et/ou les plateformes qui émergent de ces projets.

Pour conserver une lecture commune aux années précédentes, le rapport d'activité suit la lecture "historique" de l'appui du service en 3 axes thématiques : HPC, Santé Numérique et Robotique, s'appuyant sur la complémentarité des compétences et des savoirs des ingénieurs de l'équipe.

La suite de cette section présente donc les projets sur lesquels interviennent les ingénieurs du service en accompagnement des 3 différents axes.

Par ailleurs cette lecture se coordonne aussi bien avec les Plans et Programmes dont la dénomination de ceux qui concernent des équipes du centre impliquées sont : Numpex (HPC) et Santé Numérique.

## 2.1 Axe 1 : simulation numérique, HPC, Megadonnées

Ce paragraphe présente le support du SED à différents projets, logiciels et équipes de recherche de l'axe 1 du centre Inria BSO. La figure 1 éclaire l'articulation de ce support.

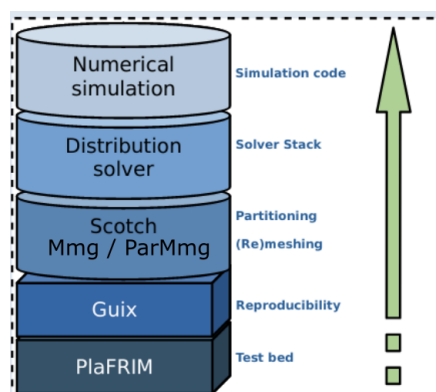


Figure 1 – Structuration du soutien des ingénieurs du service aux équipes de l'axe 1

Ce paragraphe éclaire également tous les projets conduits, en parallèle de ces actions structurantes, en soutien aux activités de recherche de cet axe. Ces projets sont importants car, au delà de l'accompagnement évident qu'ils apportent, ils permettent de préparer les activités structurantes de demain.

Parmi ces activités structurées ou en phase de l'être, le PEPR exploratoire NumPEX<sup>1</sup> (briques logicielles pour les futures machines exaflopiques) est en cours de montage. Il a pour objectifs de concevoir et développer les briques logicielles qui équiperont les futures machines exaflopiques et de préparer les grands domaines applicatifs à exploiter pleinement les capacités de ces machines (aussi bien au sein de la recherche scientifique que du secteur industriel). La figure 2 donne la vision plus complète (voire complexe) de la pile HPC présentée au sein du NumPEX.

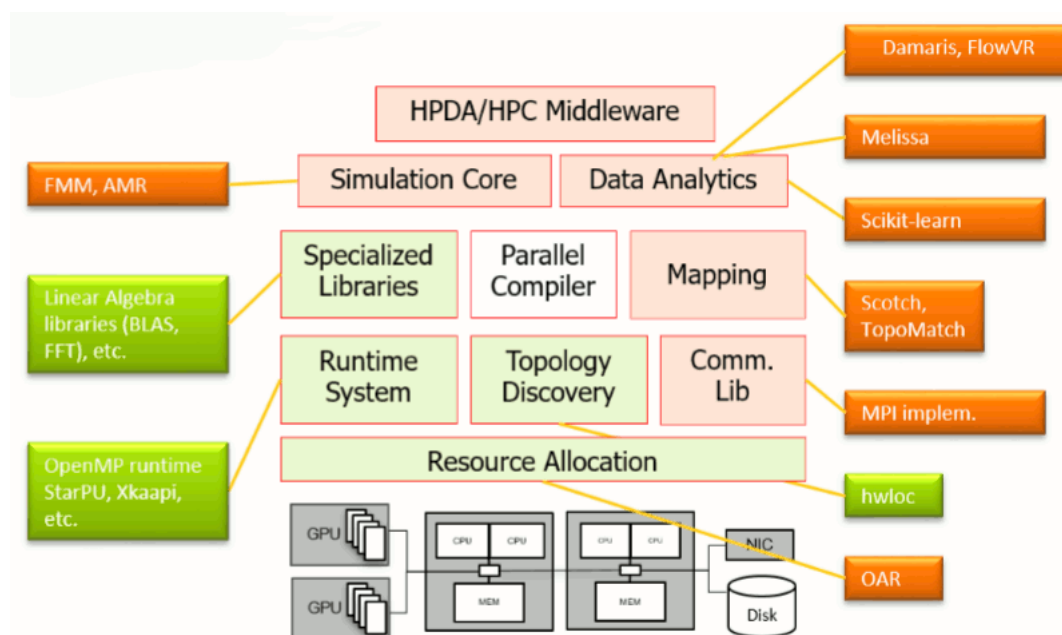


Figure 2 – Présentation de la pile HPC au sens du NumPEX

La figure 3 décline cette schématisation pour illustrer l'implication des ingénieurs du service dans l'activité et la thématique HPC. Elle montre, en bleu clair, l'investissement dédié, en terme de développement logiciel, aux différents niveaux. Elle expose également, à gros grains, l'interopérabilité, les collaborations possibles et l'adhérence des ingénieurs aux problématiques scientifiques sous-jacentes aux différentes briques logicielles traitées.

1. <https://numpex.fr/>



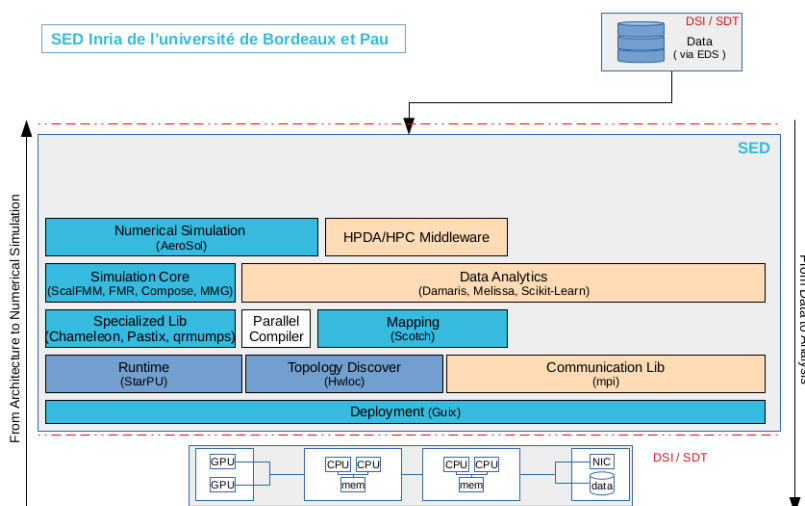


Figure 3 – Place des ingénier·es du SED au sein de la pile HPC au sens de NumPEX

On pourra noter la présence dans cette pile (en bleu foncé) : 1. du logiciel de découverte topologique HwLoc, essentiel au déploiement et à l'exploitation des plateformes HPC et résultat des travaux d'un chercheur du centre ; 2. du logiciel d'ordonnancement StarPU qui bénéficie de l'accompagnement et du support d'une ingénieure CNRS. Les actions du SED sont coordonnées et déployées en étroites interactions avec ces différents intervenants, avec, à titre d'exemple, un très fort investissement de l'ingénieure CNRS dans les travaux accompagnant la méthodologie Solverstack.

La suite fournit une description détaillée des travaux des ingénier·es du SED, sur les briques technologiques de cette pile ainsi que sur quelques projets complémentaires de l'axe 1.

### 2.1.1 Projet transversal Guix-HPC

*Participant : L. Courtès*

#### Contexte

Le projet Guix-HPC<sup>2</sup> porté par *L. Courtès* porte sur le déploiement de logiciel reproductible en calcul intensif (HPC), dans le contexte de « recherche reproductible ». C'est une action transversale du SED qui s'inscrit dans le cadre d'une collaboration avec le Max Delbrück Center for Molecular Medicine (MDC; Berlin, Allemagne) et le Utrecht Bioinformatics Center (UBC; Pays-Bas) annoncée en mai 2017, à laquelle s'est depuis joint du personnel de la University of Tennessee Health Science Center (UTHSC; États-Unis) et du Leibniz Institute for Psychology (ZPID; Allemagne).

Guix-HPC a publié son rapport d'activité annuel en février 2023, couvrant la période 2022–2023<sup>3</sup>. L'action répond aux objectifs formulés dans le Deuxième Plan national

2. Projet Guix-HPC, <https://hpc.guix.info>.

3. C. Acary-Robert *et al.*, *Guix-HPC Activity Report 2022–2023*, <https://inria.hal.science/hal-04500140>.

pour la science ouverte<sup>4</sup> qui décrit la publication des codes sources de logiciels « *avec la possibilité de les modifier, les réutiliser et les diffuser, [comme] un enjeu majeur pour permettre la reproductibilité scientifique [...] dans une logique de science ouverte* ». Les travaux en 2023 se sont poursuivis autour des trois principaux axes :

1. reproductibilité des expériences scientifiques;
2. utilisation sur grappe de calcul;
3. formation et promotion.

Outre le travail sur Guix lui-même, Guix-HPC fait le lien à la fois avec les partenaires *amont* de la recherche reproductible (centres de calcul, archive de code source) et avec les outils et partenaires *aval* au plus proche des scientifiques (cahiers de laboratoire, revues).

### Développement et coordination

Cette année, *L. Courtès* a coordonné l'intégration de plus de 100 paquets contribués par des ingénieurs de chez AMD au canal Guix-HPC<sup>5</sup>. Cette collaboration est appelée à se poursuivre. Elle a déjà permis de déployer la pile HIP/ROCm pour les GPU AMD sur le supercalculateur national Adatastra, au CINES.

*L. Courtès* a également développé différentes fonctionnalités dans Guix, telles que la possibilité de créer des conteneurs imbriqués avec `guix shell -container` ou encore un amélioration des capacités de recouvrement du code source en collaboration avec Software Heritage.

GNU Guix est un travail communautaire : plus de 350 personnes ont contribué du code cette année. À cela s'ajoute l'activité sur les canaux tiers<sup>6</sup>. Avec plus de 28 000 paquets, Guix est maintenant la cinquième plus grosse distribution GNU/Linux d'après le site Repology. Si on ajoute les canaux tiers tels que Guix-HPC, Guix-Science et Guix-CRAN, on atteint 52,000 paquets.

### Soutien aux équipes

Depuis mi-2023, *L. Courtès* participe à la coordination d'un lot de travail du projet ciblé *développement et intégration* du PEPR NumPEX (WP3 du PC5)<sup>7</sup>, avec Bruno Raffin (Inria Grenoble) et Julien Bigot (CEA). Dans ce cadre, il a participé au recrutement de deux ingénieurs ayant pour mission de soutenir les efforts d'empaquetage, d'intégration continue et de formation de NumPEX : Romain Garbage (Inria Bordeaux, arrivé en décembre 2023) et Fernando Ayats (Inria Grenoble, arrivé en février 2024).

Dans le centre Inria de Bordeaux, *L. Courtès* a continué d'apporter son soutien aux équipes, en particulier Cagire, Concace, TaDaaM, Topal et Storm : en contribuant aux « canaux » `guix-hpc` et `guix-hpc-non-free` qui fournissent leurs logiciels et d'autres, en prenant en charge la maintenance de paquets dans Guix même, en apportant du support au quotidien et en assurant la maintenance du service d'intégration continue <https://guix.bordeaux.inria.fr>.

---

4. Deuxième Plan national pour la science ouverte, <https://www.ouvrirlascience.fr/deuxieme-plan-national-pour-la-science-ouverte/>. Publié par le ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'innovation (MESRI) en juillet 2021.

5. *HIP and ROCm come to Guix*, <https://hpc.guix.info/blog/2024/01/hip-and-rocm-come-to-guix>, décembre 2023

6. <https://hpc.guix.info/channels>

7. <https://numpex.org/exadi-development-and-integration/>

## Dissémination

*L. Courtès* a fourni un travail de formation et de dissémination en différentes occasions dont :

- *How to get started with Guix*, didacticiel donné lors de l'Atelier sur les environnements logiciels reproductibles (novembre 2023) ;
- *Vers une étude scientifique expérimentale reproductible avec Guix*, didacticiel donné avec Marek Felšöci pour le colloque Compas (juillet 2023) ;
- *Démarrer avec Guix*, didacticiel pour l'Action nationale de formation (ANF CNRS) *User Tools for HPC* ou UST4HPC (juin 2023) ;
- *Reproducible Software Deployment with GNU Guix*, présentation invitée pour le Netherlands eScience Center (octobre 2023) ;
- *Déploiement logiciel reproductible avec GNU Guix*, exposé aux journées HPC des SED Inria (juin 2023)
- *Building a Secure Software Supply Chain with GNU Guix*, exposé invité pour la société Galois (avril 2023)
- *Building a Secure Software Supply Chain with GNU Guix*, exposé pour le colloque Programming (mars 2023)

*L. Courtès* a co-organisé le premier *Atelier sur les environnements logiciels reproductibles* qui s'est tenu à Montpellier en novembre 2023<sup>8</sup>. Environ 120 personnes—scientifiques, praticien·nes HPC, ingénieur·es, responsables d'administration systèmes—sont venues pour assister aux 11 exposés en plénière et aux 8 tutoriels traitant de Guix mais aussi d'autres outils pour le développement logiciel dans le contexte de la recherche.

L'évènement a été financé par des organismes de recherche public : l'Institut de science des données de Montpellier (ISDM), principal soutien, Institut Agro pour l'hébergement, et avec le soutien logistique et financier de EuroCC<sup>2</sup> et Inria Academy.

Par ailleurs, *L. Courtès* participe à l'organisation de Café Guix<sup>9</sup>, un rendez-vous mensuel à destination de la communauté scientifique francophone, démarré en octobre 2021, et qui attire chaque mois entre 20 et 80 personnes en ligne.

Enfin, de nouveaux articles ont été publiés sur <https://hpc.guix.info> en 2023.

### 2.1.2 Mission de soutien aux équipes HPC Concace et Topal

*Participant : F. Pruvost à 80%*

Cet accompagnement émerge d'un long travail d'intégration dans l'équipe Hiepacs (devenue Concace et Topal) et des collaborations avec les équipes Storm et Tadaam. L'expertise technique acquise et la confiance gagnée auprès de ces équipes permet d'ambitionner de construire une distribution coordonnée des solveurs d'algèbre linéaire du centre Inria Bordeaux : Chameleon, MaPHyS (Compose), PasTiX, qrmumps, ScalFMM, Scotch, StarPU.

### DevOps sur la pile solveurs Solverstack, EPs Topal, Concace

- Validations et packaging des nouvelles releases :
  - `chameleon@1.2.0`, solveur d'algèbre linéaire dense.

8. <https://hpc.guix.info/events/2023/workshop/>

9. <https://hpc.guix.info/events/2024/caf%C3%A9-guix/>

- `pastix@6.3.0, 6.3.1, 6.3.2` : solveur de résolution de système linéaire par méthodes directes pour les matrices creuses.
- `maphys++@1.1.8` : large spectre de méthodes de résolution de système linéaire par méthodes directes et itératives pour les matrices creuses et denses.
- `compose-full@0.6` : distribution en CMake de `maphys++` avec ses dépendances (`arpack`, `blaspp`, `lapackpp`, `chameleon`, `fabulous`, `mumps`, `pastix`, `qr_mumps`, `paddle`, `scotch`, `starpu`).
- `fmr@0.1, 0.2` : méthodes de calcul des valeurs propres/singulières et vecteur propres/singuliers par “randomisation”.
- `cppdiodon@0.2` : méthodes d'analyse de données multivariées.
- Tests de compatibilité et mise en cohérence en fonction des nouvelles release :
  - `scotch@7.0.3, 7.0.4`,
  - `starpu@1.4.0, 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3, 1.4.4`.
- Packaging Guix-HPC
  - Maintenance des paquets Solverstack dans Guix, mise à jour et validation des nouvelles versions.
  - Validation de nos solveurs avec `blis/flare` (CPUs AMD).
  - Tests paquets ROCM (GPUs AMD) sur le nouveau supercalculateur du Cines Adastra, cf. article de blog Guix-HPC.
- Packaging Spack
  - Mise à jour et validation des nouvelles versions de Chameleon et Pastix.
- Packaging Brew
  - Maintenance et mise à jour des paquets Brew pour MacOS.
- Maintenance de l'intégration continue de Solverstack (`gitlab-ci`, `ci.inria.fr`)
  - Mise à jour de l'environnement Docker, ajout de la pile ROCM (GPUs AMD).
  - Ajout machine virtuelle Windows 10 (en plus de celles existantes Linux et MacOS) et jobs de CI sur Windows pour Spm et Pastix.
  - Ajout de jobs pour vérifier la présence de nouveaux bugs et couverture des tests (> 80%) sur le nouveau code lors d'une “Merge Request” via des requêtes API sur Sonarqube.
  - Ajout de jobs pour tester la conformité des fichiers `pkg-config` (*i.e.* aide au `link` des bibliothèques) fournis par nos logiciels.
  - Mise en place de `gitlab-ci` pour un nouveau projet de l'équipe : `rapack` (noyaux d'algèbre linéaire dense en compressé).
  - Maintenance des benchmarks de performances opérés une fois par semaine sur Plafrim pour Chameleon, Pastix et Maphys++, surveillance des tableaux de bords Kibana.

### DEFI Atos-Inria, EPs *Topal, Storm, Tadaam*

Accompagnement du projet "Grand Cru" avec Eviden (ex. Atos) via des benchmarks sur les supercalculateurs nationaux et la participation aux réunions :

- HPL Netlib sur Jean Zay,
- Chameleon LU (sans pivotage) sur Jean Zay OpenMPI vs. NewMadeleine, avec/sans GPUs Nvidia v100,
- Chameleon LU (sans pivotage) sur Adastra avec GPUs AMD MI250x,
- Tests sur Plafrim GETRF PPIV (LU avec pivotage),
- Analyse des problèmes de mémoire de Chameleon+Starpu sur Adastra, tests de profilage mémoire avec les outils `gperftools`, `memtrail`, `malt`.

**Divers tests de Chameleon, EPs *Topal*, *Storm***

- Aide Lionel E. Dubois pour le challenge reproductibilité SuperComputing (SC23)
- Fonctionnalité “Parallel workers” de Starpu
- Convergence des modèles de performances de Chameleon+Starpu

**Logiciel structurant Compose (i.e. Maphys++), et autres supports pour l'EP *Concace***

- Intégration de Chameleon (mononoœud/sans mpi, avec/sans gpus) dans Compose : pour produits de matrices et résolution des systèmes linéaires cf. tutorial, section Dense matrices.
- Aide équipe du BSC (Barcelone) sur Alya + Compose : environnement Docker clef en main pour utiliser compose, utilisation de compose-full.
- Benchmarks et validation REVD (calcul des valeurs/vecteurs propres) de fmr+chameleon sur Jean Zay, résultats utilisés dans la thèse de Romain Peressoni.

**2.1.3 Développement et support du logiciel Compose au sein de l'équipe *Concace***

*Participant : G. Marait à 90%*

**Contexte**

La forte demande de l'équipe-projet *Concace* pour le développement et le support du logiciel Compose a mené au recrutement d'un ingénieur recherche permanent. À partir d'octobre 2023, *G. Marait* a été recruté à ce poste pour maintenir Compose (toujours appelé Maphys++ pour des raisons historiques), logiciel dont il était le principal développeur durant un précédent CDD au sein de l'équipe-projet *HiePACS*. Ce logiciel est au cœur du projet de *Concace*, en permettant d'exprimer une forte composabilité logicielle des solvers d'algèbre linéaires et en exposant des interfaces haut niveau en C++ moderne.

*Concace* est une équipe associée Inria-industrie ayant comme partenaires Airbus et le CERFACS. Au-delà du développement concret du logiciel, la plus grande partie du travail consiste à échanger avec les différents membres de l'équipe, afin de déterminer quels fonctionnalités logicielles issues de la recherche sont pertinentes à intégrer à Compose, et de quelle manière procéder à cette intégration.

**Développement dans Compose**

- modernisation du code, passage au standard c++20, pris en charge par la majorité des compilateurs à ce jour
- mise à jour du cadriceil de test, des tests unitaires et de l'intégration continue
- intégration d'une bibliothèque BLAS/LAPACK (en en-têtes seuls) <T>LAPACK
- ajout de fonctionnalités de calculs de valeurs propres et valeurs singulières, pour préparer l'intégration fmr+chameleon dans Compose
- préparation de la version 1.1.9 (pour janvier 2024)
- mise à jour des interfaces C et Fortran, pour répondre aux besoins des utilisateurs

**Support utilisateurs**

- aide à l'intégration de Compose dans une application de propagation des ondes en géophysique (thèse de *I. Djiba*, équipe-projet Inria MAKUTU)

- aide à l'intégration de la dernière version de Compose dans Alya, code de simulation multi-physique développé au BSC

### Déploiement du Compose

Compose est une bibliothèque modulaire, qui propose un grand nombre d'interfaces vers des bibliothèques optimisées. En conséquence, le nombre de dépendances logicielles peut être très grand. La solution privilégiée pour déployer Compose est Guix, en exposant les paquets nécessaires dans Guix-HPC. Une grande attention est portée à ce que les paquets Guix pour Compose et ses dépendances soient maintenus à jour et fonctionnels.

#### 2.1.4 Projet européen MICROCARD

*Participante : A. Froehly à 60%*

##### Contexte

Le projet européen MICROCARD vise à construire une chaîne logicielle permettant la simulation de l'électrophysiologie cardiaque à l'échelle cellulaire. Ce projet est financé par l'appel à projet *Toward Extreme Scale Technologies and Applications* d'euroHPC.

A. Froehly coordonne le lot de travail (WP) sur la **génération des maillages à l'échelle cellulaire** pour l'électrophysiologie cardiaque du projet et encadre les activités de l'Inria au sein de ce WP.

Ce lot de travail réunit l'**université de Pavie**, l'entreprise italienne **Orobix**, spécialisée en intelligence artificielle, et l'**Inria/l'université de Bordeaux**. Son objectif principal est de générer les maillages de calcul nécessaires aux autres lots de travail du projet. Le WP s'intéresse donc plus particulièrement à l'**amélioration** et au **passage à grande échelle** des briques logicielles nécessaires à la génération de maillages valides pour la simulation numérique.

**Deux approches** complémentaires de génération de maillages sont étudiées :

1. la génération de maillages depuis des **données d'imagerie médicale**, qui nécessite une étape de segmentation (étiquetage) des données brutes issues de l'imagerie, suivie d'une étape de génération d'un maillage depuis ces données segmentées, puis de l'amélioration de ce maillage pour atteindre les qualités d'éléments demandées par le solveur numérique ;
2. les techniques d'imageries actuelles ne permettant d'obtenir que quelques centaines de micromètres de tissus à la résolution voulue, il est nécessaire de développer également un processus permettant de générer un **maillage synthétique** du cœur entier à l'échelle cellulaire. Ce maillage doit respecter les caractéristiques physiologiques connues et observées par imagerie des cellules.

Dans ce cadre, Orobix et l'université de Pavie travaillent sur la segmentation automatique des données d'imageries par des méthodes de réseaux de neurones. Plusieurs modèles et fonctions objectifs sont en cours d'évaluation, une des difficultés spécifique au projet étant le peu de données disponibles (nous disposons de peu d'images

des cellules du coeur à la très haute résolution nécessaire au projet). Les filtres et améliorations à appliquer aux données segmentées pour pouvoir être fournies au mailleur seront étudiés en collaboration avec les membres Inria en charge de l'étape de génération de maillage.

De son côté, l'Inria travaille à la mise en place du **processus de génération de maillage à partir des données des images segmentées** et au développement d'un **processus de génération de maillages synthétiques**. Ces deux tâches nécessitent la **parallélisation des outils** de génération de maillages utilisés ainsi que leur **robustification** sur les géométries non-manifold complexes du projet (plus particulièrement au niveau des jonctions entre les membranes cellulaires des myocytes). Ces travaux s'inscrivent dans la chaîne logicielle suivante :

- le logiciel *anni*, développé pour le projet par *M. Potse*, permet :
  - la génération d'un maillage multidomaine pour lequel chaque domaine correspondra à terme à un myocyte donné ;
  - et la définition d'une fonction level-set associée à ce maillage et dont l'isovaleur  $o$  représente la membrane des myocytes.
- le logiciel *Mmg*, développé par *C. Dapogny*, *C. Dobrzynski*, *P. Frey* et *A. Froehly*, fournit des **remailleurs simpliciaux séquentiels** 2D (*Mmg2d*), 3D (*Mmg3d*) et surfacique (*Mmgs*) qui permettent :
  - l'adaptation de maillage à une carte de taille isotrope ou anisotrope ;
  - la discretisation d'une isovaleur de fonction (issue d'une simulation mécanique ou d'une technique d'imagerie par exemple) ;
  - le mouvement lagrangien d'un objet au sein du maillage.

Les sources de *Mmg* sont hébergées sur GitHub et distribuées sous licence L-GPL. La documentation développeur Doxygen est disponible sur <https://mmgtools.github.io/>. Un site web <https://www.mmgtools.org/> est dédié au projet et réunit les principales informations liées à la plateforme ainsi que des tutoriaux et exemples d'utilisation.

- le logiciel *ParMmg*, développé par *L. Cirrottola*, *C. Dobrzynski* et *A. Froehly*, est un logiciel d'adaptation de maillages 3D volumiques sur architectures à mémoire distribuée. Il a pour objectif de permettre l'utilisation de l'adaptation de maillage dans le calcul intensif. Les sources de *ParMmg* sont disponibles sur GitHub et distribuées sous licence L-GPL.

Dans le cadre du projet MICROCARD, *Mmg* et *ParMmg* sont utilisés :

- pour discrétiser l'isovaleur issue de *anni* en préservant les domaines du maillage de fond (également issu de *anni*) et ainsi générer un maillage explicite des myocytes, de leurs membranes, des disques intercalaires et du domaine extracellulaire et utilisable dans un code de simulation numérique ;
- pour décimer et améliorer la qualité des maillages issus de la segmentation des images médicales ;
- *Mmg* sera choisi de préférence pour des maillages de tailles relativement faibles (quelques milliards d'éléments) ou en cas de problèmes de stabilité de *ParMmg*

tandis qu'à terme, ParMmg devrait être utilisé sur des maillages de plus grandes tailles pour lesquels Mmg est limité par la mémoire du nœud.

- Pour finir, le logiciel hex2tet, développé initialement par *C. Dobrzynski* et dont le développement a été repris par *A. Froehly* pour le projet, permet la conversion d'un maillage hexaédrique en maillage tétraédrique. Les sources de hex2tet sont également distribuées sous licence L-GPL et hébergées sur GitHub. Dans le cadre du projet MICROCARD, hex2tet permet la conversion des données segmentées fournies par l'entreprise *Orobix* en un maillage tétraédrique pouvant être fourni en entrée des logiciels Mmg ou ParMmg.

### Activités du SED au sein du projet

Les principales activités d'*A. Froehly* sur MICROCARD en 2023 ont été :

- l'aide au maintien du site web du projet (<https://microcard.eu/events-en.html>);
- l'écriture d'un code prototype de génération de maillages 2D aigus (ne contenant pas d'angles supérieurs ou égaux à 90°);
- la gestion du WP7 :
  - représentation du WP au sein du comité exécutif;
  - suivi des jalons et livrables;
  - organisation des réunions mensuelles des membres du WP, coordination et suivi de l'avancement des objectifs;
  - préparation et présentation des résultats obtenus à l'évaluation à mi-parcours du projet.
- la présentation des résultats de l'équipe lors du second workshop organisé par le projet MICROCARD (4 et 5 juillet 2023, <https://microcard.eu/events-en.html>) : Meshing with Mmg, *A. Froehly*;
- des développements dans les logiciels Mmg et ParMmg ayant pour but de faciliter leur utilisation dans le cadre de MICROCARD et de simplifier leur prise en main par les contributeurs :
  - migration du processus d'intégration continue de ParMmg vers les github-actions et les machines virtuelles microsoft;
  - déverminages variés dans Mmg et ParMmg;
  - réécriture des analyseurs des arguments fournis en ligne de commande dans Mmg et ParMmg afin de permettre de fournir à ParMmg des fichiers à des formats non lus par Mmg tout en réutilisant au maximum l'analyseur de Mmg;
  - relecture, déverminage, fin d'implémentation et intégration des entrées/sorties au format hdf5 dans ParMmg (prototype implémenté par *Gabriel Suau* lors de son stage);
  - entrées/sorties au format Medit partitionné pour un nombre de partitions utilisés à la lecture supérieur au nombre de partitions utilisées à l'écriture (par soucis de consistance avec les entrées/sorties hdf5).
- la formation et l'encadrement des membres non permanents de l'équipe bor-



délai du WP (membres affiliés à l'EPI Carmen) :

- *Laetitia Mottet*, post-doctorante depuis novembre 2022, en charge du développement de l'option de discrétisation d'isovaleur dans le logiciel ParMmg;
- *Corentin Prigent*, ingénieur CDD depuis octobre 2022, qui travaille sur les deux processus de génération de maillages et leur robustification.

Notamment, l'ingénieure a :

- accompagné la montée en compétences sur les différents codes (Mmg, ParMmg et hex2tet) et apporté son soutien au développement de ces codes;
- relu, corrigé et intégré les contributions au sein de ces codes;
- accompagné l'écriture de certains algorithmes;
- priorisé les tâches.

### Publications associées

F. Chegini, A. Froehly, N. M. M. Huynh, L. F. Pavarino, M. Potse, *et al.*, *Efficient numerical methods for simulating cardiac electrophysiology with cellular resolution*. 10th International Conference on Computational Methods for Coupled Problems in Science and Engineering, Jun 2023, Chania, Greece. (hal-04407791)

## 2.1.5 Mission de soutien à l'équipe Makutu

*Participants* : A. Froehly à 20%, M. Fuentes à 40%

### Contexte

Makutu (anciennement Magique-3D) est une équipe de recherche qui étudie les phénomènes de propagation des ondes et qui est localisée au sein de l'antenne de Pau du centre INRIA BSO.

Depuis août 2018, Marc Fuentes assure le soutien au développement logiciel et la promotion de bonnes pratiques de développement au sein de l'équipe et notamment auprès de ses membres non-permanents.

Il maintient également les discussions avec l'ensemble des membres de l'équipe pour suivre les évolutions de l'équipe et référencer, évaluer et anticiper les besoins de conseil et de support au développement logiciel.

La description des logiciels développés par l'équipe est disponible dans le RA 2021.

### Modifications notoires concernant l'équipe et les logiciels développés

- Elasticus : le développement semble abandonné.
- GEOS : le logiciel prend une part importante comme outil de simulation au sein de l'équipe. En septembre, un nouvel ingénieur, *Ronan Madec*, a rejoint l'équipe et remplace *Xavier Lacoste*. Il assure notamment le maintien et l'amélioration du processus d'intégration continu spécifique à la FWI et à l'équipe Makutu (Jenkins exécuté sur la grappe Pangea3, mise en place de tests de non régression pour le problème inverse...). L'ingénieure SED *Algiane Froehly* a également rejoint le projet début août à hauteur de 2 jours par semaine.

- Gotem3 (Makutu/Onera) : le logiciel développé par M. Sirdey pendant sa thèse co-encadré par S. Tordeux a fait l'objet d'un enregistrement dans la BIL <https://bil.inria.fr/fr/software/view/4738/tab#1A%231A>. Un nouveau thésard, M. Rivet va continuer le développement. Un contact a été pris afin de mettre en place une bonne démarche logicielle (tests, intégration continue)
- Hawen : le logiciel est dorénavant de facto l'outil de simulation en fréquentiel de l'équipe. Comparé à Houioni il comprend une partie d'inversion, mais nécessite néanmoins l'intégration de modèles déjà disponibles dans Houioni. De nombreuses pistes pour faciliter la diffusion et augmenter la portabilité sont à l'œuvre.
- Houioni : Le logiciel laisse peu à peu la place à Hawen pour la simulation fréquentielle, mais reste incontournable pour la simulation temporelle : Par exemple, la doctorante A. Heta encadrée par J. Diaz, utilise cet outil pour faire ses simulations numériques.
- Montjoie : R.A.S.
- le code *bloc-row-mv* développé par le thésard I. Djiba avec S. Tordeux basé sur un GMRES ad-hoc. Un partenariat s'est établi avec l'équipe Concace pour utilisé leur code Compose. Coté Concace, l'ingénieur G. Maraît sert de référent pour l'utilisation de leur IPA (Interface de Programmation Applicative) et coté Makutu, M. Fuentes aide I. Djiba dans la rédaction de recettes guix et la mise-en-place de bonnes pratiques logicielles.

### Activités de soutien au développement logiciel

#### GEOS

- *Marc Fuentes* a développé les recettes *geosx* et *geosx-cuda* dans le gestionnaire de paquet Guix nécessaires à l'installation et à l'utilisation de GEOS. Ce travail permet entre autre de faciliter le déploiement et l'utilisation de GEOS sur la grappe de calcul PlaFRim;
- Il exerce également une activité de conseil sur l'utilisation de Python
- *Algiane Froehly* a travaillé :
  - à la sauvegarde des solutions d'ordre élevé au format VTK;
  - au déverminage de l'exécution des assertions dans l'intégration continue du logiciel en mode 'Debug'. Ce travail a été réalisé en collaboration avec le post-doctorant *Thibaut Beltzun* :
    - compilation d'hdf5 avec CMake plutôt que AutoTools pour éviter la propagation involontaire de l'option 'NDEBUG' d'hdf5 vers les *third party libraries* (TPLs) de GEOS puis vers GEOS;
    - correction de la compilation de Fesapi dans les TPLs (pour permettre l'édition de lien avec hdf5 compilé avec CMake);
    - déploiement des images Docker correspondant à la compilation des dernières TPLs;
    - correction et documentation d'une assertion erronée;
    - Investigation des lenteurs de compilation sur GPU (explosion de la consommation mémoire de ptxas sur certains fichiers de GEOS ou de la bibliothèque LVArray en présence d'assertions).

**Hawen**

- rajout de tests d'intégration sous CMake
- implementation en 2D d'une recherche barycentrique de localisation d'un élément contenant un point de coordonnées données (`find_cell`)

**Bloc-row-mv**

- conseil sur l'utilisation du C/C++
- écriture du système de compilation en CMake
- écriture d'une recette Guix pour faciliter les interactions avec Concace (E. Agullo utilise intensivement Guix comme outil de reproductibilité)
- mise à disposition de la dernière version de Intel MKL sous Guix (`intel-oneapi-mkl-2023`)
- conseil sur le format creux de matrice (BSR)

**Objectifs envisagés**

Ce chapitre décrit les objectifs envisagés pour les différents logiciels.

**GEOSX**

Les chercheurs en charge de la gestion du développement du logiciel GEOS sont intéressés par les évolutions suivantes :

- mise en place d'une *Github-Action* permettant de simuler Pangea-3 et d'éviter les problèmes récurrents d'instabilités et de regressions lors des commits des contributeurs au logiciel n'ayant pas accès à Pangea (les chercheurs du LNLL notamment) : ceci nécessite d'émuler une architecture ppc64le, de déployer un OS proche de RedHat-8 et de reproduire l'arborescence d'installation des modules nécessaires à l'utilisation de GEOS sur Pangea;
- regarder/améliorer les I/O vtk et hdf5 et les I/O utilisées dans la FWI;
- travailler sur les I/O asynchrones pour améliorer les performances.

**Hawen**

- implémentation de la recherche barycentrique en 3D
- portage d'une partie du code sur GPU avec le standard OpenMP
- codage de formules d'intégrations étendues;
- réécriture ad-hoc de fonctions actuellement implementées par ARB(robustes mais lentes).

**2.1.6 Mission de soutien à l'équipe Cagire**

*Participants : A. Froehly, M. Fuentes*

**Contexte**

Cagire est une équipe de recherche qui étudie la simulation de la combustion et plus généralement des écoulements fluides et qui est localisée au sein de l'antenne de Pau du centre INRIA BSO.

**Modifications notoires concernant l'équipe et les logiciels développés**

Nous ne rappelons ici que la description des logiciels nouvellement développés au sein de l'équipe. Pour les autres logiciels, le lecteur pourra se référer au RA 2021.

- Aérosol : Pas de modifications notoires dans le fonctionnement du développement du logiciel. *V. Perrier* en est le responsable et principal développeur. Il est aidé par les Ingénieurs *L. Cirrottola* (INRIA Sed Bordeaux) et *M. Haefele* (CNRS);
- ECOGEN : ECOGEN est une plateforme logicielle open-source (licence GPL) développée en C++ depuis environ 5 ans et dédiée à la simulation des écoulements compressibles multiphasiques pour les applications industrielles et biomédicales. Elle permet, entre-autre, la modélisation des interfaces diffuses, des phénomènes de cavitations, de la dynamique des bulles et de l'atomisation. Au sein de l'équipe Cagire, la plateforme ECOGEN est développée par *Kevin Schmidmayer* qui a rejoint l'équipe en tant que chercheur permanent en 2022. Utilisée à la fois comme outil pédagogique pour les enseignements, comme logiciel de simulation et comme cadre de développement pour les travaux de recherche, la plateforme ECOGEN suscite un intérêt croissant : fin 2023, le CEA a d'ailleurs signé un contrat de partenariat pour soutenir son développement (avec notamment le financement de plusieurs thèses).

M. Fuentes fait du conseil auprès de M.Haefele et V.Perrier sur l'utilisation et le codage de recettes Guix

### 2.1.7 Scotch

*Participant : M. Fuentes à 40%*

L'ingénieur continue sa mission d'amélioration de l'environnement de Scotch (maintenance Cmake et integration continue) pour faciliter l'utilisation par la communauté du logiciel. Le recrutement de l'ingénieur suite à la creation du Consortium devrait se faire courant 2024.

#### Tâches réalisées

- publications de la 7.0.4
- correction de bugs remontés à travers les tickets et des courriels
- definition d'un format de maillage distribué 'dmh'
- implementation de la fonction 'ParMetis\_Mesh2Dual'
- prise en charge de Windows (avec MingW64 sous Msys);

#### Objectifs futurs

- encadrement d'un stagiaire en Juin-Juillet 2024 pour finir l'interface python
- completion de l'interface METIS et PARMETIS (
- interface fortrango (qui améliorerait la robustesse);
- développement d'une interface en Julia.

### 2.1.8 Projet logiciel AeroSol (Cagire, Cardamom)

*Participant : L. Cirrottola*

Le logiciel AeroSol est une bibliothèque aux éléments finis (continus et discontinus) d'ordre élevé destinée à la simulation en parallèle des écoulements fluides compressibles sur des maillage hybrides. AeroSol est développé depuis 2011 par les équipes

Cagire et Cardamom, est réposé sur plusieurs briques logicielles développées dans le centre, comme Guix, PT-Scotch, et PaMPA, qui est en cours de remplacement par la nouvelle bibliothèque DM2 (*Distributed Mesh and Data Management*) dédiée à la gestion parallèle du maillage et des données de simulation.

Les applications actuellement plébiscitées concenent les écoulements aéronautiques et côtières, ces derniers notamment via le logiciel dérivé Uhaina, développé en collaboration avec EPOC (CNRS, Université de Bordeaux), IMB (CNRS, Université de Bordeaux, Bordeaux INP), IMAG (CNRS, Université de Montpellier), BRGM et INRIA.

Vue l'interdépendence entre DM2, AeroSol et Uhaina, une partie importante de la mission concerne l'avancement du développement de DM2. Cette action est menée avec Vincent Perrier (chercheur Cagire), architecte et développeur principal du logiciel, Matthieu Haefele (ingénieur de recherche CNRS, UPPA), et Abderrahman Ben Khalifa (ingénieur de recherche UPPA). Le noyau de la bibliothèque, en C++, est actuellement développé par Luca Cirrottola à partir d'un prototype réalisé par Vincent Perrier, et avec sa coordination pour ce qui concerne l'architecture et les besoins à couvrir pour le couplage avec AeroSol. En parallèle, Matthieu Haefele et Abderrahman Ben Khalifa développent la gestion des entrées-sorties parallèles.

Le développements de cette année sont intégrés dans la version vo.1 de DM2, et ils concernent :

- La construction des zones de recouvrement ("halos") entre partitions du maillage distribué :
  - Ces halos sont spécialisés pour des schémas discontinus ou continus, mais ils restent génériques par rapport au degré géométrique des cellules du maillage.
  - Ils permettent de synchroniser des données de simulation définies sur un ensemble d'entités du maillage distribué. Ces données sont (encore) génériques, cette fois-ci par rapport au degré de l'approximation polynomiale, par rapport au nombre et aux combinaisons de champs scalaires/vectoriels de la solution, et par rapport à la dimension de l'espace vectoriel.
- Une robustification de l'intégration continue :
  - On vérifie chaque commit sur des différents maillages hybrides en 2D et en 3D pour lesquels la distribution parallèle et la construction des halos sont effectués, pour chaque degré géométrique et polynomiale jusqu'à quatre.
  - On vise aussi à couvrir les classes principales par des tests unitaires.

Pour AeroSol, l'activité s'est concentrée sur la robustification de l'intégration continue, avec une utilisation massive de Guix pour garantir à la fois la reproductibilité de l'environnement déployé et des calculs. La reproductibilité du déploiement permise par Guix s'avère fondamentale pour simplifier la maintenance de l'ensemble du cadriciel d'AeroSol.

### 2.1.9 Mission de soutien aux équipes Cagire et Cardamom

*Participant : L. Cirrottola*

Le support aux équipes de recherche s'est déroulé essentiellement dans le contexte du projet ANR Lagoon, basé sur le logiciel Uhaina (dérivé d'AeroSol) et coordonné par Vincent Perrier, avec du soutien aux personnel non-permanent actuellement impliqué dans le projet (un doctorant, un post-doctorant et un ingénieur de recherche) pour ce qui concerne le déploiement du logiciel, son architecture, les pratiques des développement collaboratif et les techniques d'implémentation. Ces échanges ont permis

également de mettre en lumière le besoin pour une offre de formation plus systématique sur le développement des logiciels scientifiques, ce qui a permis de renforcer les activités de formation déjà commencées l'année passée (voir subsection 6.4).

## 2.2 Axe 2 : Santé numérique

*Participant : D. Dutartre, J.Castelneau, A.Zhe, A. Zanella*

### 2.2.1 Accès aux données

*Participants : J.Castelneau, L.Rebiere-Pouyade, D.Dutartre, F.Rue*

#### Collaboration avec EDS

#### Collaboration avec IHU Lyric

#### Interopérabilité des outils

#### Travail de lilian

##### Projet européen Beat-AF

Beat-AF est un projet de 5 ans regroupant 9 centres cliniques européens, dont l'IHU Lyric, ayant reçu un financement du programme Horizon 2020 de l'Union européenne. Cette étude se focalise sur les maladies cardiovasculaires, et plus précisément les cas de fibrillation auriculaire. Ce trouble, affectant le rythme cardiaque et le plus commun de nos jours, peut être la source d'importantes complications chez un patient et se caractérise de deux types selon la durée : fibrillation paroxystique ou fibrillation persistante. Dans le cadre de cette étude, le projet Beat-AF a pour but de comparer et d'évaluer l'efficacité d'une certaine méthode d'ablation de la fibrillation auriculaire par rapport à la radiofréquence, traitement de référence actuel. Cette nouvelle méthode consiste à détruire des cellules en isolant les veines pulmonaires, par l'utilisation d'un champ électrique pulsé généré à l'aide d'un cathéter, et permettre également d'éviter certaines complications.

Pour ce projet, une base de données d'images médicales issues de plusieurs examens est mise à disposition sur le serveur de l'IHU Lyric. Le premier objectif a été de représenter cette base de données sous la norme BIDS ("Brain Imaging Data Structure") qui contient de nombreuses spécificités en lien avec les termes d'analyses médicales. Devenant référence dans la représentation de données médicales, cette dernière est principalement adaptée aux examens en lien avec le cerveau. Toute la difficulté a donc été de créer entièrement de nouvelles conventions, tout de même inspirées de la norme, qui puissent répondre aux nombreux principes tout en étant cohérentes avec des examens du cœur. Concernant le développement, la lecture et le téléchargement des données médicales depuis le serveur ont été effectués en Python, par l'envoi de requêtes via le gestionnaire de données Girder, en se focalisant uniquement sur certains examens médicaux tels que les IRM et les scanners CT. De plus, un second

programme a été développé, en Python, pour permettre de convertir une quelconque arborescence issue de la base de données vers la norme BIDS.

À la suite de ce travail, il s'agit de la mise en place d'une extension au sein du logiciel de visualisation d'images médicales medInria. Bien que possédant de nombreuses fonctionnalités, celui-ci ne disposait pas de la capacité de pouvoir importer et représenter des arborescences de données issues de la norme BIDS. En ce qui concerne l'importation d'une telle arborescence, la reconnaissance se base principalement sur les fichiers et les dossiers qui se situent à la racine de celle-ci. En effet, pour une arborescence respectant les définitions imposées par la norme, ceux-ci possèdent des appellations bien particulières et précises. Suite à ça, l'enjeu au sein de medInria est de conserver la représentation précédemment créée lors de la conversion de la base de données vers la norme BIDS. Dans ce cas précis, lors de l'importation d'une arborescence BIDS, la connaissance de sa structure facilite la lecture de ses sous-niveaux, et permet ainsi de conserver les appellations des dossiers. Ainsi, les niveaux de la visualisation du logiciel reprennent exactement la hiérarchie et les conventions précédemment établies en suivant la norme : sujets (patients), sessions (date depuis l'opération), type de données (examens), fichiers médicaux.

### Évolution logiciel medInria

Dans la continuité de l'évolution du logiciel medInria, une nouvelle extension est à ce jour en cours de développement. Il s'agit cette fois-ci d'améliorer et d'étendre les moyens d'interagir avec les systèmes d'archivage et de communication d'images (PACS). En effet, dans sa version précédente, le logiciel passait par une dépendance afin de communiquer avec ces serveurs abritant des fichiers DICOM. Pour ainsi ne plus compter sur celle-ci, deux nouvelles méthodes sont actuellement implémentées, en C++ et Qt, pour établir ces communications.

La première d'entre-elles concerne l'utilisation des opérations DICOM. Grâce à la librairie DCMTK, il est ainsi possible d'envoyer des requêtes pour respectivement vérifier l'accessibilité et la connexion auprès d'un PACS, récupérer des informations sur les fichiers qu'il contient, télécharger et sauvegarder localement des données DICOM. La deuxième méthode concerne quant à elle l'utilisation de la norme DICOMweb. Les services qui lui sont associés permettent de réaliser les mêmes demandes que la méthode précédente, mais sous forme de requêtes et de réponses HTTP. C'est cette dernière méthode, qui doit encore être mise en place, qui paraît plus rapide pour l'affichage de données dans le logiciel. Ainsi, grâce à ces implémentations, il sera possible d'échanger avec des serveurs PACS distants depuis medInria, et d'afficher des données médicales sur l'espace de visualisation.

Enfin, en complément de ces travaux, plusieurs modifications et améliorations sont en cours de développement concernant le cœur du logiciel afin de perfectionner les fonctionnalités mises à disposition des utilisateurs.

**Labkey** Labkey est une plateforme de data mangement de données médicales. L'équipe projet SISTM possède une license (payante) pour cet outil. Une instance est déjà déployé et administré par le CREDIM. Néanmoins l'équipe projet a sollicité le service ainsi que la DSI pour déployer une nouvelle instance dans l'infrastructure du centre. L'objectif est de se sensibiliser aux besoins de cette équipe et de ce type de solutions. En effet, au sein de cette nouvelle instance seule des données non-sensibles (ici animales) seront hébergées par la plateforme. Via cette action nous pouvons donc mieux

appréhender les fonctionnalités pertinentes pour l'équipe ainsi que la charge qui découle pour l'hébergement d'un tel outil. Pour l'instant la plateforme n'est accessible que pour les agents Inria, mais elle a vocation à être ouverte auprès de collaborateurs externes.

**Travail autour de Trame et girder** Dans le cadre des projets européens Beat-AF<sup>10</sup> et inEurHeart<sup>11</sup> des services web ont été déployés à l'IHU Liryc. Ces services permettent aux équipes de centres hospitaliers partenaires (9 pour Beat-Af et 15 pour inEurHeart) de téléverser sur une plateforme commune hébergée à l'IHU Liryc des données multimodales. Ces données d'examen sont ensuite post-traitées par des experts du domaine. L'accès sécurisé et la mise à disposition de données à des partenaires du projet habilités est possible grâce au déploiement d'une plateforme de gestion de données sécurisée : Girder<sup>12</sup>.

Plusieurs greffons à Girder ont été développés dans l'équipe.

- un greffon (en python) qui permet aux attachés de recherche clinique de chaque centre partenaire de téléverser des données multi-modales et de les rendre disponibles pour les experts dans une arborescence spécifique sur la plateforme.
- un greffon d'anonymisation (en javascript) des données d'examen au format DICOM qui s'exécute côté client, ce qui permet de s'assurer qu'aucune donnée identifiante ne transite sur le réseau.

Pour certaines données disponibles sur ces plateformes, il est utile de pouvoir les visualiser. Le déploiement d'un outil de visualisation basé sur la solution trame<sup>13 14</sup> est en cours de développement. Deux approches sont à l'étude.

- développement d'un greffon (en python) girder pour visualiser à l'aide de trame directement sur la plateforme
- déploiement d'un service web de visualisation basé sur trame dans le même sous-domaine que les solutions girder beat-af et ineurheart.

Ces deux approches permettent de déléguer la gestion et l'accès sécurisé aux données à un seul service, Girder, tout en garantissant que la visualisation des données et des résultats ne soit accessible qu'aux collaborateurs autorisés.

### 2.2.2 Infrastructure

*Participant : J.Castelneau*

**Mise en place d'une grappe de calcul à IHU Liryc** Historiquement à l'IHU Liryc, le matériel informatique acquis par les équipes est géré de manière indépendante par chaque équipe. En collaboration avec la DSI de l'IHU Liryc, nous avons entamé la création d'une grappe de calcul afin d'uniformiser l'utilisation des ressources et faciliter une administration centralisée par l'équipe admin. sys. (notamment une centralisation de la gestion des comptes utilisateurs). Ce travail s'est appuyé sur l'expertise déjà

10. <https://beat-af.com/>

11. <https://ineurheart.eu/en/>

12. <https://girder.readthedocs.io/en/latest/>

13. <https://trame.readthedocs.io/en/latest/>

14. trame et girder sont des outils développées par la société Kitware, <https://www.kitware.com/>.



présente au centre INRIA Bordeaux autour de Plafrim. Julien Lelaurain (DSI Inria Bordeaux) et François Rué (RSED Inria Bordeaux) ont eu un rôle actif de conseil et d'accompagnement auprès de l'équipe admin du Liryc et de moi-même pour nous aider à concevoir l'architecture de cette grappe. Cette infrastructure se concentre actuellement sur une architecture GPU spécifiquement conçue pour la segmentation automatique de structures anatomiques dans le domaine de l'électrophysiologie cardiaque. En conséquence, elle est beaucoup plus simple et homogène que l'infrastructure Plafrim.

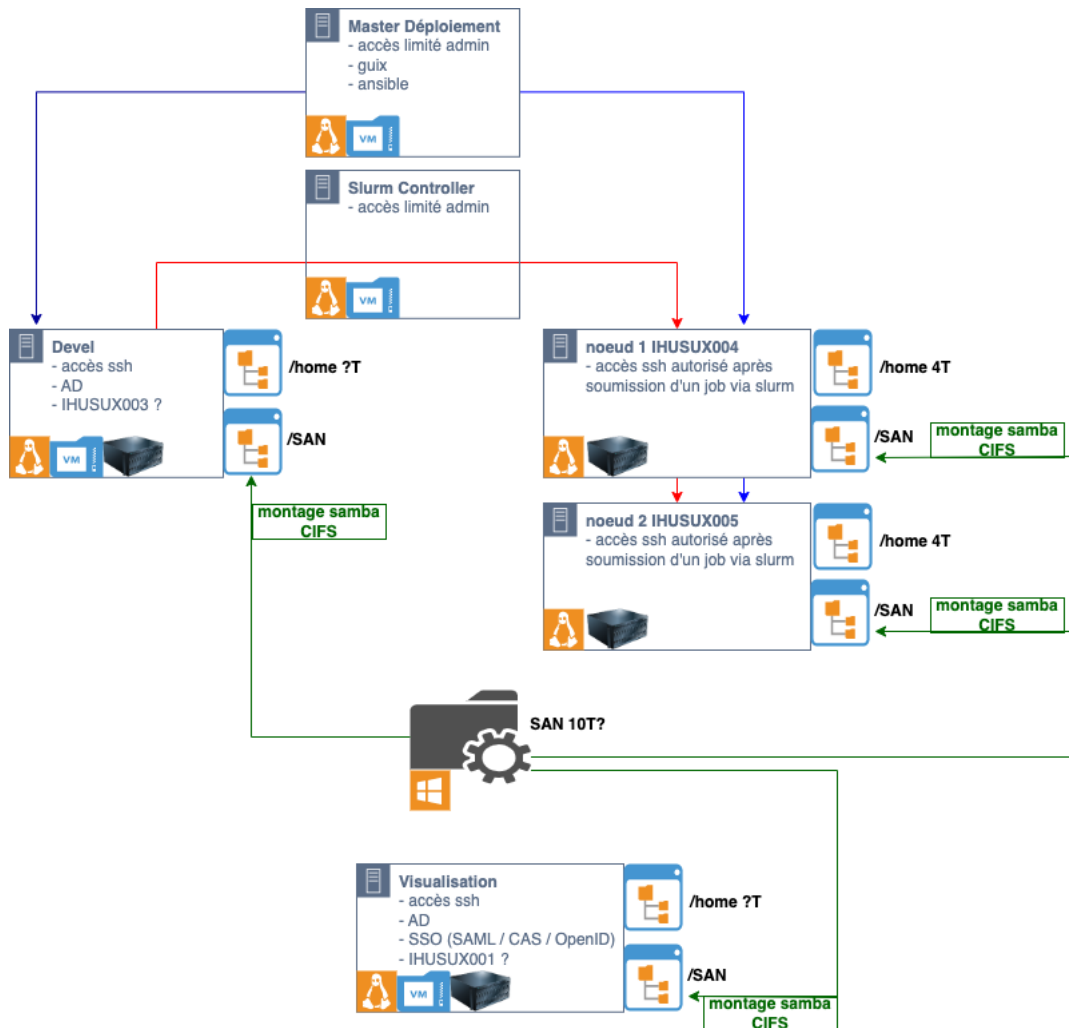


Figure 4 – Schéma de la grappe de calcul mise en place au Liryc

**Perspectives pour l'EDS** Suite au travail effectué à l'IHU Liryc, le Responsable de l'entrepôt de données du CHU de Bordeaux (Vianney Jouhet) a sollicité le service pour les accompagner dans la mise en place d'une grappe de calcul au sein de l'Entrepôt de Données de Santé (EDS).

La figure 5 montre le pipeline de traitement des données d'un système de santé. Les données sont acquises à partir de diverses sources, notamment les dispositifs d'imagerie médicale, les dossiers médicaux électroniques et les portails de patients. Ces données sont ensuite stockées dans un entrepôt de données. De là, elles sont traitées

et analysées à l'aide de divers algorithmes d'apprentissage automatique. Les résultats de cette analyse peuvent ensuite être utilisés pour fournir une aide à la décision aux cliniciens et aux chercheurs.

Le pipeline de traitement des données est divisé en trois étapes principales :

- L'acquisition des données : Les données sont collectées à partir de diverses sources, notamment les dispositifs d'imagerie médicale, les dossiers médicaux électroniques et les portails de patients.
- Stockage des données : Les données sont stockées dans un entrepôt de données. L'expertise du service est sollicité pour le déploiement d'une infrastructure de calcul.
- Analyse des données : Les données sont traitées et analysées. L'expertise du service est sollicité pour le développement d'algorithmes d'apprentissage ou de simulation numérique par exemple.

Les résultats de l'analyse des données sont ensuite utilisés pour fournir une aide à la décision aux cliniciens et aux chercheurs. Par exemple, les résultats peuvent être utilisés pour identifier les patients qui présentent un risque élevé de développer une maladie, ou pour développer de nouveaux traitements pour les maladies.

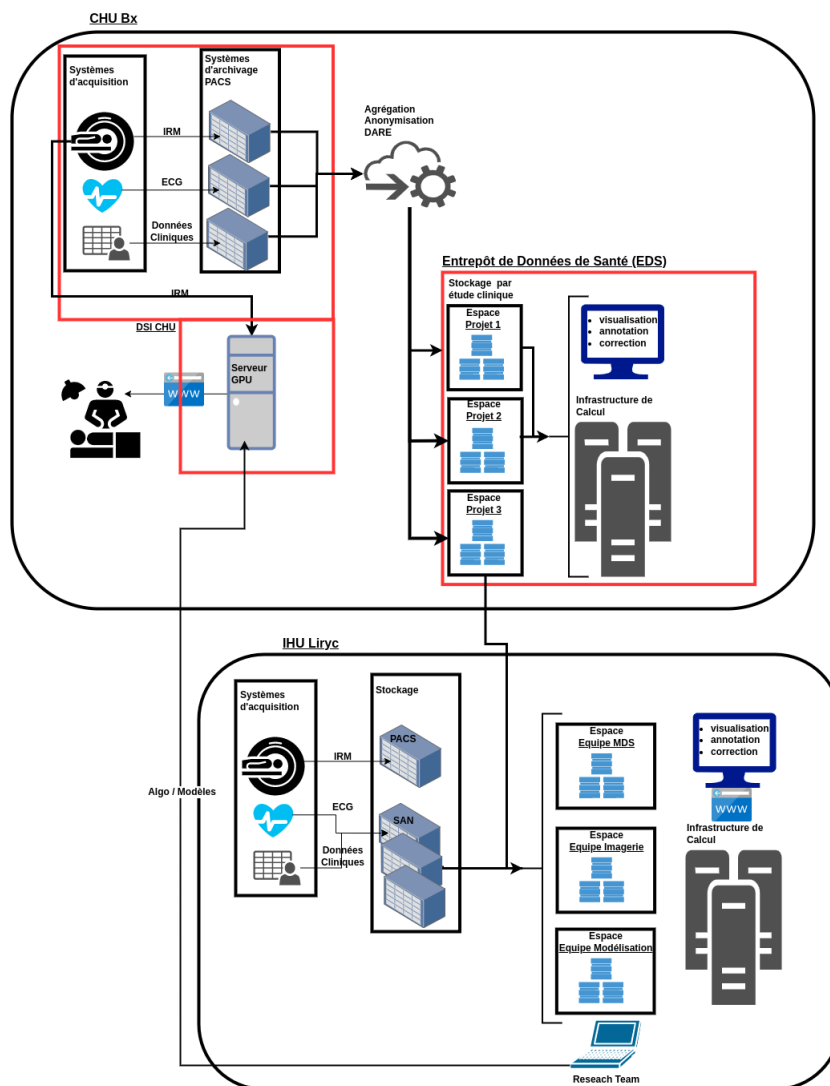


Figure 5 – Infrastructure EDS

### 2.2.3 Modélisation et Intelligence Artificielle

*Participant : D. Dutartre, A. Zanella*

#### Segmentation automatique pour la Cardiologie

**Encadrement de stage** Le service a accueilli un stagiaire (Alex Pepi) de M2 pour une durée de six mois. Le sujet de ce stage portait sur l'implémentation de module d'apprentissage profond dans le logiciel OpenViBE. OpenViBE est le logiciel libre utilisé

pour réaliser l'acquisition, le traitement et la classification du signal électrique en temps réel. Les classifieurs implémentés dans OpenViBE suivent des méthodes linéaires, la recherche dans le domaine a montré que les modèles d'apprentissage profond proposent de meilleures performances. Une étude des temps d'exécution selon les différents quadriciels a permis de choisir les bibliothèques les plus adaptées à la problématique temps-réel du logiciel. Les fonctionnalités suivantes ont été ajoutées au logiciel :

- Module inférence en Python et C++
- Module entraînement en Python et C++
- Amélioration de modules pré-existants pour faciliter l'entraînement

Le travail fourni au cours de ce stage a été par la suite intégré directement dans les prochaines versions du logiciel OpenViBE.

**Prediction de lits de covid** Dans le cadre de la thèse de Thomas Ferte de l'équipe SISTM, un projet portant sur la prédiction de la demande en lits de Covid a reçu le soutien du SED. L'objectif de ce projet est de tester différentes approches d'apprentissage machine afin d'estimer le nombre de lits nécessaires à un horizon de deux semaines. L'originalité du projet réside dans l'utilisation de diverses sources de données, allant de l'échelle nationale à l'échelle hospitalière. En effet, certaines des données utilisées proviennent directement de l'EDS du CHU de Bordeaux. L'une des approches utilisées est celle du calcul par réservoir, et plus particulièrement de la bibliothèque développée au sein de l'équipe MNEMOSYNE, ReservoirPy. Ce projet a réuni trois équipes de recherche : SISTM, MNEMOSYNE et ASTRAL :

- SISTM pour la définition de la problématique, les approches à utiliser, ainsi que la définition des sources de données et leur prétraitement.
- MNEMOSYNE pour son savoir-faire dans le calcul par réservoir.
- ASTRAL afin d'établir un algorithme génétique dans le but d'explorer un espace de recherche d'hyperparamètres.

Un travail de fond important a été réalisé afin de rendre le code de recherche (initialement en langage R) plus modulaire et de permettre une certaine parallélisation dans l'approche choisie. Ce travail a permis de réduire considérablement le temps de calcul, passant de l'ordre de la journée à celui de l'heure. De nombreuses expériences ont ainsi pu être menées sur PlaFRIM. Ce travail a abouti à la rédaction d'un article soumis à la conférence ICML pour l'année 2024.

**LLMs** Lors de plusieurs événements organisés dans l'année (hackatech, AI4Industry ...) un nouveau besoin autour de service basé sur les LLMs est apparu. Avec le soutien de l'équipe PlaFRIM et de Y.Bendi-ouis, un client web a été déployé afin de pouvoir requêter différents modèles de type LLM. Une rapide étude des différentes solutions logicielles et de la montée en charge a été menée. Un rapport détaillé est en cours d'écriture afin de pouvoir échanger avec d'autres services (SDT, DSI ...) et équipes de recherche.

#### 2.2.4 Simulation

*Participante : G. Ravon*

*Participante : Gwladys Ravon*

**Projet SimCardioTest** SimCardioTest est un projet de recherche financé par la Commission européenne. Il vise à accélérer l'adoption de la simulation numérique pour concevoir les médicaments et les dispositifs médicaux cardiaques, comme les *pacemakers*. La thèse de Valentier Pannetier, au sein de l'équipe Carmen, se déroule dans le cadre de ce projet. Un des objectifs de la thèse est la modélisation en 3D de la réponse du tissu cardiaque à un stimulus venant d'un *pacemaker*. Pour que les simulations soient le plus proches possibles de la réalité, certains paramètres doivent être calibrés à partir de données expérimentales réalisées à l'IHU Liryc. Ces données sont de 2 sortes : les données d'imagerie (IRM) et les données de cartographie optique. Ces dernières sont des séries temporelles de valeurs d'intensité lumineuse. Une méthode d'optimisation appelée *Compass Search* a été implémentée en Python, afin d'identifier des paramètres de modèle ionique. Ce travail pourrait être amené à évoluer pour mieux prendre en compte l'énergie délivrée par le *pacemaker*.

En ce qui concerne les données d'imagerie, des scripts Pythons indépendants ont été développés pour extraire les informations utiles et les intégrer aux maillages utilisés pour les simulations. Cette partie a été réalisée en lien avec l'équipe imagerie du Liryc. Des discussions et tests sont toujours en cours pour déterminer les séquences IRM qui nous sont nécessaires pour ce projet et, plus largement, pour les futurs projets de l'équipe Carmen.

**Bibliothèque Cardiolib** Cardiolib est une bibliothèque Python développée au sein de l'équipe Carmen. Une demande forte d'Yves Coudière était l'intégration d'une partie des travaux de thèse d'Andjela Davidovic dans cette bibliothèque. Cette intégration a constitué la première étape pour prendre en main le code, en vue d'une refonte en profondeur de la bibliothèque.

### 2.2.5 Visualisation

*Participante : D.Dutartre*

**Stage Exploration de données** Dans le cadre de la future équipe projet de Fabien Wagner et Amélie Aussel, des échanges entre ces derniers et le service ont démarré. Ces échanges ont pour but de permettre de mieux connaître cette future équipe, leur domaine de recherche ainsi que leurs problématiques. C'est dans cet optique que le service a décidé d'encadrer un stage avec cet équipe. Le stage portera sur l'analyse de données issues d'imagerie par résonance magnétiques cérébrales. Ce stage s'intègre dans un projet de recherche européen (MEMOPROSTHETICS) qui vise à développer des stratégies de stimulation électrique ciblant les aires impliquées dans la mémoire épisodique et qui sont altérées lors de troubles cognitifs liés à l'âge ou à des maladies neurodégénératives. Au sein de ce projet, nous avons élaboré de nouvelles séquences d'IRM dites de diffusion, permettant d'accéder à la connectivité structurelle du cerveau avec une résolution spatiale de 0.7 mm, et avons collecté un premier atlas cérébral d'IRM de diffusion sur 9 macaques à différents âges (données non encore publiées). Cet ensemble de données contient la distribution spatiale en 3D de multiples métriques calculées à partir des IRM de diffusion (anisotropie, direction principale des fibres nerveuses, etc.), ainsi que la tractographie des fibres nerveuses à l'échelle du

cerveau entier. Nous souhaitons maintenant appliquer des méthodes d'exploration de données et de visualisation de données à dimensionnalité élevée afin d'identifier les structures cérébrales et les paramètres associés à ces structures qui sont corrélées à l'âge de l'animal et, par extension, à son vieillissement cérébral et cognitif.

### 2.2.6 Coordination

*Participante : D.Dutartre, J.Castelneau*

PePR

Meditwin

Reseau des ingenieurs en sante numeriques

## 3 Les plateformes expérimentales

### 3.1 IHSN

#### 3.1.1 Espaces pour les Interactions Humain-Système Numérique

*Participants : F. Rue*

Le SED gère les espaces expérimentaux dédiés aux interactions humaines - système numérique (IHSN) et les ateliers de mécanique et électronique permettant la réalisation de prototypes.

Après la remise à plat de la répartition des espaces entre les équipes de recherche, la mise en oeuvre de la gestion de ces espaces a concerné 2 points essentiels pour son bon usage :

- un travail en commun avec le responsable prévention (Simon Dutour) : ce travail touche à la question de la prévention, sur l'usage des différents outils et espaces expérimentaux. Pour accompagner l'utilisation des salles expérimentales, des fiches outil ont été définies, caractérisant l'usage des outils et les dangers associés. Et pour s'assurer de leur connaissance, une formation à chacune des nouvelles personnes accédant à ces espaces est délivrée par l'assistant de prévention et le responsable du service sed;
- un travail en collaboration toujours avec le responsable prévention ainsi qu'avec le STG sur la gestion des accès; il était utile de partager une base de données de connaissance des personnes accédant aux différents espaces; aujourd'hui la procédure a été repensée et assure un suivi précis des accès.

Les informations sur l'usage des espaces et des machines d'atelier se trouvent sur l'intranet Inria, rubrique SED BSO (Bordeaux Sud Ouest).

## 3.2 PlaFRIM

### 3.2.1 Projet transversal PlaFRIM

*Participant : F. Rue*

PlaFRIM est une plateforme expérimentale pilotée par le SED de Bordeaux, en collaboration avec le service production de la DSI. L'équipe PlaFRIM était composée historiquement d'un responsable scientifique en la personne d'Olivier Coulaud et de trois personnes Nathalie Furmento pour le LaBRI, Julien Lelaurain et François Rue pour L'Inria Bordeaux, pour un total de 1.8 ETP. Depuis 2 ans, Brice Goglin a repris la responsabilité scientifique du projet. Côté DSI l'équipe est constituée de Julien Lelaurain et Loic Sirvin; quant à l'équipe support logiciel, si Nathalie Furmento assure une activité importante pour les équipes de recherche, François Rue n'exerce qu'une activité très limitée depuis sa prise de poste de rsed. L'équivalent ETP reste à 1.8 ETP malgré ces changements.

Ce projet a pour vocation d'accompagner les équipes de recherche dans le développement de leurs piles logicielles sur du matériel en avance de phase sur les matériels des centres régionaux et nationaux (dits de production).

La forte hétérogénéité du matériel trouvé sur PlaFRIM permet aujourd'hui d'accéder à une classe toujours plus large d'expériences allant du HPC à l'apprentissage. 16 équipes sur 22 sont utilisatrices de la plateforme pour le centre de Bordeaux, mais c'est surtout quasiment l'ensemble des centres Inria qui a une (ou plusieurs) équipe(s) utilisatrices de la plateforme (Nancy, Rennes, Sophia, Grenoble, Saclay). En outre, la plateforme est accessible à tous les partenaires scientifiques externes à Inria.

Le projet s'articule d'abord autour de la recherche, dans toutes ses formes (recherche générique en HPC & IA, support dédié avec plateforme Galaxy, logiciel applicatif spécifique avec Monolix...).

Depuis plusieurs années néanmoins, une partie de la plateforme accompagne aussi les actions de formation et d'enseignement; d'enseignement d'abord en permettant à des filières spécialisées dans le HPC (ENSEIRB cisd, matmeca-hpc) d'avoir des étudiants formés sur des technologies en avance de phase. Ensuite, en accompagnant les chercheurs pour des workshops particuliers comme ce fut le cas cette année avec l'école du HPC permettant d'avoir un environnement de travail homogène à toutes les personnes suivant la formation. Cela a permis aussi aux membres de l'équipe PlaFRIM de donner une formation sur des outils spécialisés se trouvant sur la plateforme pour faire de l'analyse de code de calcul parallèle, offrant ainsi des méthodes de travail aux utilisateurs de la plateforme.

Enfin PlaFRIM a une action auprès des entreprises. Quoique difficile encore aujourd'hui à développer, PlaFRIM continue à accompagner le STIP lorsque des offres semblent émerger comme c'est le cas cette année par exemple dans le cadre d'ISS. C'est toutefois déjà le cas avec des entreprises comme Airbus en particuliers. De plus, PlaFRIM s'est positionné comme plateforme potentielle en réponse aux besoins de l'appel eDIH.

## 4 La participation à des contrats bilatéraux, InriaTech

*Participant : D. Dutartre, E. Guillem*

Dans le cadre du dispositif Inriatech, une collaboration entre le SED et le service de Transfert et Partenariat (STIP) s'est construite au cours de ces dernières années.

Cette année, bien que des échanges aient eu lieu avec des PME/ETI de la région, aucun contrat n'a été réalisé. La focalisation forte sur des activités avec des industriels de grande ampleur dans d'autres dispositifs montrent que la collaboration entre les 2 services est excellente; mais sur des acteurs de cette taille rien n'a été concrétisé cette année.

Plus clairement, l'activité de montage de Jeunes Pousses a été renforcé et pour l'accompagner par un évènement majeur pour l'Inria : le HackaTech. Si 2023 n'a pas été l'année de sa réalisation, pour autant le travail effectué conjointement va permettre sa réalisation en 2023, travail conjoint qui part des contacts avec les filières pédagogiques, la co-rédaction de fiches technologiques ...

## 5 Suivi de projets ADT

*Participants : L. Courtès, D. Dutartre, J. Castelneau, F. Rue*

Les ingénieurs SED font du suivi de projet de développement technologique sous deux aspects. D'une part ils sont garants du point de vue organisationnel des projets en s'appuyant sur les éléments de suivi définis dans la note de la DGD-I<sup>15</sup> (note issue de la ligne métier). D'autre part ils apportent une expertise technique aux membres du projet (ingénieurs, porteurs, utilisateurs).

Les Actions de Développement Technologique (ADT) suivantes ont fait l'objet d'un suivi par un ingénieur SED cette année :

- PostAviz - Clémence Frioux - EP Pleiade - démarrage en 10/2023 (24 mois)
- ReservoirPy - Xavier Hinault - EP Mnemosyne - démarrage en 07/2023 (24 mois)

## 6 Maintien d'un réseau d'expertise en développement logiciel

### 6.1 Séminaires et formations organisés par le SED

Il s'agit ici des formations et séminaires pour lesquels des membres du SED sont intervenus ou ont été en charge de l'organisation.

- *Les midis de la bidouille*<sup>16</sup> organisés cette année par :
  - 2 Mai – Getting started with Git (*L. Courtès, A. Froehly*)
  - 13 juin – Galerie d'exemples Gitlab-CI (*D. Arrivault, F. Pruvost*)
  - 12 Octobre – Outils libres de déverminage (*L. Cirrottola, <https://gitlab.inria.fr/lcirrott/horror>*)

15. <https://intranet.inria.fr/Vie-scientifique/Partenariats-Appels-a-projets/InriaHub/InriaHub>

16. Les midis de la bidouille, <http://sed.bordeaux.inria.fr/la-bidouille>



## 6.2 Participation à des conférences

- Conférence FOSDEM à Bruxelles, février 2023 – *L. Courtès, F. Rue*
- Sommet annuel de Software Heritage, siège de l'UNESCO, Paris, février 2023 – *L. Courtès*

## 6.3 Au sein de la ligne métier (actions nationales)

### DGD-I, réseau des responsables SED

(Participant : *F. Rué*)

Les responsables SED, STIP ont des points d'échanges réguliers avec les responsables nationaux de la DGD-I via des réunions mensuelles (cette année plutôt en visio-conférence).

### Correspondant de l'équipe de support de l'intégration continue

(Participants : *M. Fuentes, J. Castelneau*)

L'ingénieur M. Fuentes a très peu pris part cette année à l'action de support CI. Il souhaite mettre fin à sa participation à l'équipe transversale *support CI* et s'engager de manière transverse sur la promotion de l'outil Guix en participant à l'écriture de recettes.

### Correspondant de l'équipe de support de GitLab

(Participant : *F. Pruvost*)

L'équipe transversale du *support de GitLab* permet historiquement de répondre aux demandes de support sur le service `gitlab.inria.fr`. La direction ayant décidée la constitution d'une équipe PFO (plateforme outils de développement) dédiée à GitLab, Cloudstack (`ci.inria.fr`), Allgo, CDash, Sonarqube, Denis Arrivault a été recruté en 2022. Les correspondants Gitlab (environ un membre SED par centre) participent au maintien en mode opérationnel du Gitlab et à l'animation

- en participant à la réunion mensuelle sur les PFOs,
- en étant associé aux discussions sur les besoins futurs de ces plateformes web,
- en participant aux documentations wiki gitlab, FAQ gitlab, gallery d'exemples gitlab,
- par une disponibilité sur les canaux mattermost dédiés "inria-gitlab".

### Administration et support sur la plateforme SonarQube@Inria

(Participant : *F. Pruvost*)

SonarQube@Inria est un outil web servant à rendre compte de la qualité du code source de logiciels. Fait marquant : mise à jour Sonarqube 9.9 LTS, ajout plugin eco-Code.

### Réseau thématique devtech Inria HPC à Bordeaux Juin 2023

(Organisation : *F. Pruvost*. Participants : *L. Cirrottola, L. Courtès, A. Froehly, M. Fuentes, F. Rué, Hervé Mathieu*)

Le séminaire annuel entre SED et STIP (DGDI) n'a pas eu lieu cette année, mais a été plus ou moins remplacé par des rencontres thématiques entre ingénieur.es. Des journées de ce type ont été organisées à Bordeaux du lundi 19 au mercredi 21 juin sur

le thème du HPC et à réuni une trentaine d'ingénieur.es, venant des différents centres Inria et du CNRS. Ce moment d'échange a permis de mieux se connaître, d'avoir des présentations techniques sur des outils (ex. Jupyter/Voila, Julia, Guix, Benchmarks sur supercalculateur), sur des projets (PEPR NumPex, Moyen de calculs Inria, Denergium), de diffuser certaines bonnes pratiques en terme de génie logiciel et de discuter de tendances technologiques, etc. Voir les notes et liens vers les slides.

## 6.4 Dissémination et expertise

### 6.4.1 Enseignement

Les activités de cours et travaux dirigés ont été encadrées administrativement par un dossier de cumul d'activités.

- ENSEIRB-MATMECA (*Participant : L. Courtès*) : 12h de cours d'introduction aux systèmes d'exploitation.
- IUT Bordeaux Licence Professionnelle en alternance DAGPI (*Participant : F. Pruvost*) : 24h de cours de génie logiciel (Git, GitLab, GitLab-CI, tests, SonarQube).
- ENSEIRB-MATMECA (*Participant : L. Cirrottola*) : 4h de cours/travaux pratiques d'analyse et optimisation parallèle (matériel disponible au lien [https://gitlab.inria.fr/lcirrott/hands-on\\_HPC](https://gitlab.inria.fr/lcirrott/hands-on_HPC)) dans la filière CHP, 6h dans la filière CISD.
- École Doctorale en Mathématiques et Informatique, Université de Bordeaux (*Participant : L. Cirrottola*) : 6h de cours sur le déverminage et l'analyse de performance (matériel disponible aux liens <https://gitlab.inria.fr/lcirrott/horror> et <https://gitlab.inria.fr/lcirrott/rooflinetutorial>).
- Cytech Pau (*Participant : M. Fuentes*) : 21h de cours/travaux pratiques en C CUDA (optimisation) dans la filière IA

### 6.4.2 Interventions en tant qu'expert·e

- Atelier NumPEx Workshop HPC-Soft-Packaging (*L. Courtès, F. Pruvost, 3-4 avril 2023*)
- présentation invitée pour la société Galois (*L. Courtès, avril 2023*)
- présentation invitée pour le Netherlands eScience Center (*L. Courtès, octobre 2023*); Px
- collaboration Scientifique avec O. Bonnefon, I.R. à l'INRAE pour l'écriture d'une recette Guix pour le logiciel MSE<sup>17</sup>. Cette collaboration a donné lieu à 2 jours de travail en commun, avec réécriture du système CMake et a permis de faire connaître Guix aux Ingénieurs de l'UR d'Avignon.

### 6.4.3 Médiation Scientifique

- Participation à l'action de Mediation Scientifique Chiche dans le lycée G. Eiffel (F. Rue avec E. Saillard) pour 1 classe
- Présentation du métier d'ingénieur·e de recherche du SED dans le cours *Découverte de la recherche scientifique* à l'université de Bordeaux (L. Cirrottola, M. Hachet, E. Saillard), janvier 2023.

<sup>17</sup>. <https://mse.mathnum.inrae.fr/>

#### 6.4.4 Publications

- Ludovic Courtès, *Building a Secure Software Supply Chain with GNU Guix*<sup>18</sup>, <Programming> Journal, juin 2023
- Ludovic Courtès, *Reproducibility and Performance : Why Choose?*<sup>19</sup>, Computing in Science and Engineering, juin 2023
- A. Assonitis, R. Paciorri, M. Ciallella, M. Ricchiuto, A. Bonfiglioli, L. Cirrottola, *Numerical simulations of shock interactions on 3D structured grids using a shock-fitting approach*, AIAA SCITECH 2023 Forum.

### 6.5 Mise à disposition de logiciels scientifiques et d'outils pour le développement logiciel

Les logiciels suivants sont mis à disposition des équipes de recherche du centre. Des statistiques d'utilisation régulières permettent de vérifier le besoin et justifier le coût de renouvellement des licences.

- MathWorks MATLAB. MATLAB est maintenant géré par le SDT dans son action transversale
- Outils Intel pour le développement : outils gérés pour l'ensemble des centres Inria.
- Outils ARM (ex-Allinea) DDT & MAP : déverminage et profilage de codes parallèles : outils gérés pour l'ensemble des centres Inria.

## 7 Aspects financiers

Le budget consommé du SED cette année s'élève à environ 22k€. L'essentiel du budget du service a été utilisé cette année, avec des investissements principaux autour de :

- 1 stage en Santé Numérique coencadré par D. Dutarte et J. Castelnau - H. Lecomte (6 mois) 3240 €
- 1 stage en HPC encadré par F. Pruvost - Alycia Lysito (4 mois) 2250 €
- matériel divers : 1900 €
- aménagement des ateliers : 2500 €
- séminaire : 1700 €
- des missions

## 8 Perspectives

Le SED accompagne trois des principaux axes de recherche du centre Inria de l'Université de Bordeaux : calcul intensif (HPC), santé numérique et robotique.

---

18. <https://doi.org/10.22152/programming-journal.org/2023/7/1>

19. <https://hal.inria.fr/hal-03604971>

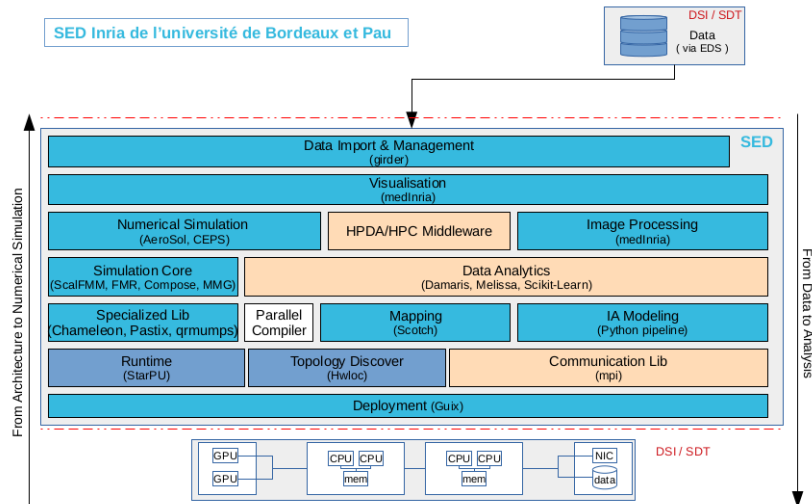


Figure 6 – Structuration élargie du soutien des ingénieurs du SED aux équipes Inria

Dans le domaine du calcul intensif (HPC), le SED entend contribuer à la visibilité des travaux des équipes du centre et du PEPR NumPEx sur trois plans : le déploiement logiciel sur supercalculateurs, le développement en algèbre linéaire, maillage et simulation numérique, et la dissémination et formation sur tous ces sujets. L'implication du SED en HPC est schématisée par la figure 6.

Les travaux relatifs au déploiement logiciel avec Guix pour l'année à venir ont pour principal moteur le PC5 du PEPR NumPEx<sup>20</sup>. Le recrutement de Romain Garbage comme ingénieur NumPEx au sein du SED pour trois ans va permettre de répondre aux besoins en HPC. Cette implication est aussi l'occasion d'ouvrir des discussions avec les centres de calcul nationaux (CINES, IDRIS, TGCC), conjointement avec d'autres instituts comme le CERFACS. La collaboration avec AMD pour le déploiement de sa pile logicielle HIP/ROCm va également dans ce sens et va se poursuivre.

Concernant les bibliothèques d'algèbre linéaire parallèles le SED continuera d'assurer la maintenance "devops" des briques mûres au sein de Solverstack (Storm, Topal, Concace). La collaboration Topal-Eviden sur le HPL continue avec la thèse d'Alycia Lisito; le SED sera impliqué lors des campagnes d'expériences à grande échelle sur les supercalculateurs. Des échanges se feront occasionnellement avec les ingénieurs NumPEx des PC1, PC2 et PC5 pour lesquels des équipes Inria Bordeaux sont fortement impliquées. Le SED sera aussi le principal contributeur de Compose (i.e. Maphys++), une plateforme logicielle C++ rassemblant un vaste éventail d'algorithmes (dense/creux, méthodes directes/itératives, distribué MPI) et qui est un outil important dans les collaborations avec Airbus, le Cerfacs, le BSC (logiciel Alya), ainsi que dans le cadre du projet européen EoCoE-III.

Les actions de soutien du service à la recherche autour de l'adaptation de maillage pour la simulation numérique et du développement des logiciels Mmg et ParMmg se poursuivront jusqu'à la fin du projet européen MICROCARD, en octobre 2024. L'ouverture d'un poste d'ingénieur sur le consortium Mmg devrait par ailleurs permettre de reprendre le développement, le maintien et la pérennisation de la plateforme Mmg.

Le service souhaite également poursuivre les actions de soutien aux outils et logi-

20. <https://numpex.org/exadi-development-and-integration/>

ciels dédiés à la simulation numérique.

Le recrutement d'un ingénieur permanent affecté à l'équipe Makutu devrait permettre de répondre aux besoins d'évolution des noyaux de la plateforme GEOS soulèvés par le développement et l'amélioration des méthodes de propagation des ondes du code (code co-développé par l'EPC Makutu-TotalEnergies et le Lawrence Livermore National Laboratory).

De part son développement assez récent, la croissance rapide de sa communauté d'utilisateurs et de développeurs et son potentiel, la plateforme open-source ECOGEN (co-développée par l'EPI Cagire, IUSTI, California Institute of Technology) semble à un stade auquel un soutien ingénieur SED serait très pertinent : des besoins d'optimisation et de résilience vis à vis des changements de paradigmes au niveau des grappes de calcul ont notamment déjà été identifiés par les chercheurs portant le projet (la puissance de calcul demandée peut être un frein à la réalisation de certaines simulations). Dans ce cadre, le SED se propose, dans un premier temps, d'apporter son aide et ses conseils pour analyser le code et étudier les possibilités d'optimisation et de passage sur GPU des noyaux les plus coûteux, puis, dans un second temps, d'apporter un soutien ingénieur partiel au développement du logiciel.

Côté dissémination et formation en HPC, le travail débuté avec Inria Academy débouchera vraisemblablement sur la mise en place d'une formation à Guix, de même que l'implication dans l'initiative reproductibilité de SC'24<sup>21</sup> menée par Emmanuel Agullo (Concace). En lien avec les équipes HPC du centre et le réseau des ingénieurs Inria en HPC, le service compte co-organiser cette année les *SolverStack Days*, des journées à destination d'un public de praticien·nes HPC au niveau national pour former à l'utilisation des solutionneurs et outils tels que StarPU, Chameleon et PastIX.

Côté Santé Numérique, l'effort a été fait par le SED d'accompagner, structurer les objets technologiques en appui aux projets de recherche de ce domaine ; la première plateforme d'expérimentation numérique a été installée au sein de l'IHU Liryc. Démonstrateur du savoir-faire du service en appui aux projets de recherche du domaine de la santé, cette expérience conduit aujourd'hui à partager l'ambition, avec le CHU de Bordeaux, l'Inserm, l'ISPED également, de déployer une solution recherche au sein de l'EDS afin de favoriser le travail de recherche.

Par ailleurs un effort et une collaboration forte est née également autour de la caractérisation du besoin en hébergement de données pour la biostatistique, et la mise à disposition d'outils d'analyse larges. Pour cela, le travail s'appuie sur différentes étapes déjà réalisées (analyse du besoin, maquettage, réalisation d'une POC) afin d'aboutir à une solution intégrée répondant aux besoins larges exposés par les membres de l'équipe SISTM et leurs collaborateurs.

Enfin, ces 2 expériences fortes pour accompagner, par notre complémentarité technique et notre connaissance scientifique forte, les équipes du CHU de Bordeaux, déclineront à l'avenir une réponse probablement globale en terme d'expérimentation pour la recherche pour le CHU, comme pour les deux IHU (Liryc et VBHI).

---

21. <https://sc24.supercomputing.org/program/papers/reproducibility-initiative/>