



# Rapport d'activité 2022

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 Concace et Topal . . . . .	10
2.1.3	Projet ADT Diodon (EPs Pleiade - Concace - Topal - Storm - Tadaam) . . . . .	11
2.1.4	Consortium Mmg . . . . .	12
2.1.5	Mission de soutien aux équipes Cagire et Makutu . . . . .	17
2.1.6	Scotch . . . . .	19
2.1.7	VocaPy . . . . .	19
2.1.8	Projet logiciel AeroSol (Cagire, Cardamom) . . . . .	20
2.1.9	Mission de soutien aux équipes Cagire et Cardamom . . . . .	21
2.2	Axe 2 : Santé numérique . . . . .	22
2.2.1	Coordination . . . . .	23
2.2.2	Renforcement des partenariats . . . . .	23
2.2.3	Modélisation et Intelligence Artificielle . . . . .	24
2.2.4	Simulation . . . . .	25
<b>3</b>	<b>Les plateformes expérimentales</b>	<b>26</b>
3.1	IHSN . . . . .	26
3.1.1	Espaces pour les Interactions Humain-Système Numérique . . . . .	26
3.2	PlaFRIM . . . . .	26
3.2.1	Projet transversal PlaFRIM . . . . .	26
<b>4</b>	<b>La participation à des contrats bilatéraux, InriaTech</b>	<b>27</b>
<b>5</b>	<b>Suivi de projets ADT</b>	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>Maintien d'un réseau d'expertise en développement logiciel</b>	<b>28</b>
6.1	Séminaires et formations organisés par le SED . . . . .	28
6.2	Participation à des conférences . . . . .	28
6.3	Au sein de la ligne métier (actions nationales) . . . . .	28
6.4	Dissémination et expertise . . . . .	30
6.4.1	Enseignement . . . . .	30
6.4.2	Interventions en tant qu'experte . . . . .	30
6.4.3	Médiation Scientifique . . . . .	30
6.4.4	Publications . . . . .	30
6.5	Mise à disposition de logiciels scientifiques et d'outils pour le développement logiciel . . . . .	31
<b>7</b>	<b>Aspects financiers</b>	<b>31</b>

**8 Principaux objectifs du service pour l'année à venir**

**31**

## 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
- Dan Dutartre – CDI – IR
- Algiane Froehly – CDI - IR - InriaSoft – 100%
- Marc Fuentes – IR – 80%
- Lucas Joseph – IR
- Florent Pruvost – IR
- François Rue – IR – Responsable du service
- Nour Soueidan – Assistante de service partagée (environ 5% ETP pour le SED)
- Anaëlle Zanella – CDD
- Eloïse Guillem - fin de contrat InriaTech décembre 2022
- Hervé Mathieu – mise à disposition et incubation d'EnergyScope suite à projet Inria Startup Studio
- 2 stagiaires : Hugo Lecomte et Alycia Lisito

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

Site web : [sed-bso.gitlabpages.inria.fr/](https://sed-bso.gitlabpages.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 2 ingénieurs de recherche pérennes et a accompagné le recrutement d'un ingénieur sur concours interne.

*Le responsable du service* a également encadré les ingénieurs InriaTech et participé aux rencontres avec les partenaires industriels de ce dispositif jusqu'à sa fin récente (pour un ETP d'environ 5%).

### 1.4 Quelques faits marquants de l'année

L'année 2022 a été marquée par :

- le recrutement dans le service de 3 ingénieurs dont les domaines d'expertises permettront d'accompagner les projets en santé numérique (Carmen, Épione, LiryC) et en robotique (Auctus);
- une journée dédiée à la santé numérique (organisée à Rennes et fédérant l'institut à l'échelle nationale) dans laquelle les ingénieurs de la thématique se sont investis largement;

- la poursuite du soutien à la thématique HPC (formations, entre autre autour de Guix-HPC et Distrib, accompagnement du DEFI Atos, suivi du montage de certains volets du PEPR NumPEx, soutien à la formation de l'Équipe Concace avec la création d'un poste d'ingénieur pérenne en support à l'équipe);
- l'investissement d'un des ingénieurs du service en soutien au projet Scotch et le renouveau des échanges et des contributions au sein d'une brique HPC phare qui devrait conduire à la création d'un nouveau consortium;
- 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·es SED au sein des équipes. Ces missions sont présentées suivant les 4 axes de recherche prioritaires du centre :

- modélisation, calcul intensif et architectures parallèles;
- gestion des incertitudes et optimisation;
- modélisation et simulation pour la santé et la biologie;
- humain et numérique : interaction, adaptation et visualisation.

Pour plus d'information sur ces axes, le lecteur pourra se référer [la page dédiée à leur description](#) sur le site intranet.

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 chacun de ces axes prioritaires :

- Le soutien au sein de l'**axe 1** va, des moyens d'expérimentation (plateforme), aux couches de simulations numériques, en passant par toutes les piles logicielles nécessaires à leur exécution (partitionneurs, remaillieurs, solutionneurs d'algèbre linéaire...). Avoir une expertise et une contribution à tous les niveaux assure un accompagnement complet des équipes de cet axe, à la fois dans le centre et au delà.
- L'**axe 2** est un axe porteur de partenariats industriels notamment via le dispositif InriaTech et la construction de l'EPC NavalGroup.
- L'**axe 3** est essentiellement constitué d'équipes localisées à l'extérieur du bâtiment Inria de Bordeaux. Le service a contribué au renforcement de la coordination et des échanges entre ces équipes et a mené un travail d'expertise et de partage des compétences qui ouvre des opportunités de coordination avec les partenaires de cette thématique (en particulier l'IHU Liryc). Au sein de l'Inria, cette année a permis la construction d'un réseau national des ingénieurs·es en santé numérique qui facilitera et stimulera les collaborations inter-centres.
- L'**axe 4** est historiquement construit autour d'une plateforme IHSN qui répond aux besoins d'expérimentations forts des équipes de ce domaine. Articulées autour de 3 salles d'expérimentations et 2 ateliers, ces expériences sont indispen-

sables aux équipes qui les portent, le SED les accompagne dans la coordination des différents moyens. Cet accompagnement est facilité par les relations fortes avec les services techniques et généraux qui accompagnent les évolutions des salles, la prévention et la mise à disposition raisonnée des matériels. Le service vient d'être renforcé par le recrutement d'un ingénieur dont le savoir-faire et les compétences manquaient pour accompagner les nombreuses équipes et projets travaillant autour de la robotique et plus particulièrement de la robotique collaborative.

Ce recrutement ouvre de nombreuses perspectives, notamment dans les collaborations inter-équipes autour de cette thématique, dans l'aménagement et l'évolution des espaces expérimentaux et dans le renforcement des partenariats extérieurs.

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

## 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.

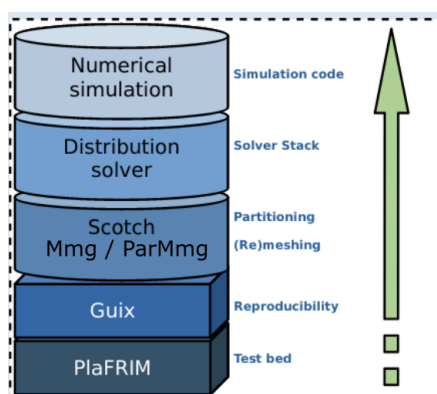


Figure 1 – Structuration du soutien des ingénieurs du service aux équipes de l'axe 1

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 exascales ») est en cours de montage. Il a pour objectifs de concevoir et développer les briques logicielles qui équiperont les futures "machines exascales" 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.

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

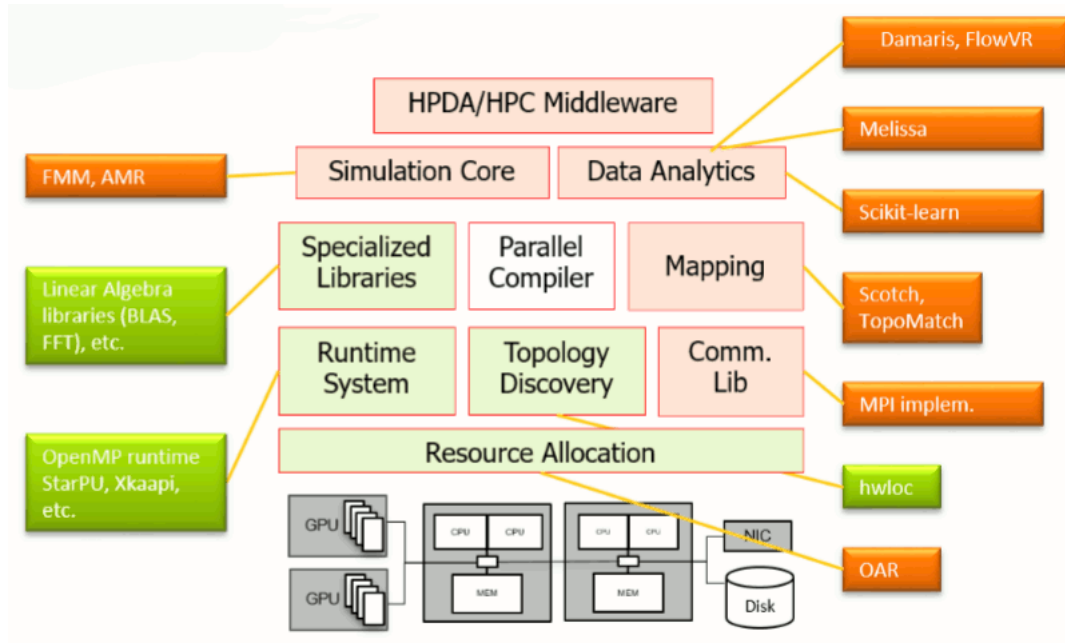


Figure 2 – Présentation de la pile HPC au sens du NumPEX

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.

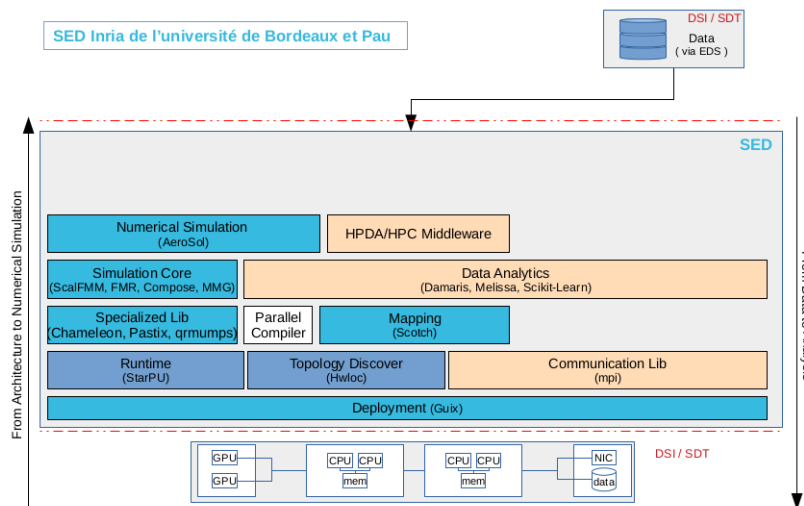


Figure 3 – Place des ingénieurs du SED au sein de la pile HPC au sens de NumPEX

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 ingénieurs 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 2021–2022<sup>3</sup>. L'action répond aux objectifs formulés dans le Deuxième Plan national 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 2022 se sont poursuivis autour des trois principaux axes :

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

Parmi les développements menés par *L. Courtès* cette année compte [Guix-Modules](#) : une extension à Guix qui permet de générer des “modules”<sup>5</sup>. En générant des modules qui donnent accès aux logiciels disponibles dans Guix, cet outil permet aux personnes qui y sont habituées de continuer à utiliser `module load` et les autres commandes similaires sur grappes de calcul. Pour les équipes d'administration système, cela permet d'éviter le travail fastidieux et exigeant d'empaquetage de logiciels aussi

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

3. C. Acary-Robert *et al.*, *Guix-HPC Activity Report 2021–2022*, <https://hal.inria.fr/hal-04013734>.

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. <https://hpc.guix.info/blog/2022/05/back-to-the-future-modules-for-guix-packages/>

bien scientifiques que utilitaires. Ce développement a été motivé par une demande de l'équipe Grid'5000 et par des suggestions d'équipes de recherche qui y voyaient un moyen de rendre Guix accessible à plus de personnes.

*L. Courtès* a coordonné et pris en charge la [publication de la version 1.4.0 de Guix en décembre 2022](#), correspondant à 29 000 *commits*. GNU Guix est un travail communautaire : [plus de 340 personnes ont contribué du code cette année](#). À cela s'ajoute l'activité sur les canaux tiers<sup>6</sup>. Avec plus de 22 000 paquets, Guix figure maintenant parmi les dix plus grosses distributions GNU/Linux d'après le site [Repology](#).

### Soutien aux équipes

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>.

### Dissémination

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

- exposé sur Guix pour l'équipe de développement de ROCm chez AMD, décembre 2022 ;
- [co-animation d'un tutoriel Guix lors des Open Science Days](#), avec Simon Tournier (Université Paris-Cité) et Konrad Hinsén (CNRS), décembre 2022 ;
- [exposé dans le thème Sécurité du FOSDEM](#), février 2023 ;
- [exposé dans le thème HPC du FOSDEM](#), février 2023.

À l'occasion des dix ans du projet GNU Guix, Simon Tournier, Tanguy Le Carrouer et *L. Courtès* ont organisé [un colloque qui s'est tenu du 16 au 18 septembre 2022 à Paris](#). Une soixantaine de personnes étaient présentes sur place et l'événement était également retransmis en direct.

Plus de trente exposés ont été donnés dont les vidéos sont maintenant disponibles en ligne<sup>7</sup>. Le programme s'est déroulé en trois temps : le vendredi était dédié à la recherche reproductible, tandis que samedi et dimanche couvraient des sujets techniques et des sujets communautaires. L'événement a eu la particularité de regrouper des personnes venant d'horizons variés : chercheur·euses, développeur·euses, administrateur·rices système et aussi enthousiastes du logiciel libre.

Le colloque, hébergé par l'IRILL sur le campus de Jussieu, a bénéficié du soutien financier de Software Heritage, GRICAD (mésocentre de Grenoble), MESO@LR (mésocentre de Montpellier), Inria, et de l'association Guix Europe.

Par ailleurs, Café Guix<sup>8</sup>, un rendez-vous mensuel à destination de la communauté scientifique francophone, démarré en octobre 2021, et qui attire chaque mois une vingtaine de personnes en ligne.

*L. Courtès* a publié deux articles dans des journaux scientifiques cette année :

- [Building a Secure Software Supply Chain with GNU Guix](#)<sup>9</sup>, <Programming>, juin

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

7. <https://10years.guix.gnu.org/program/>

8. <https://hpc.guix.info/events/2022/café-guix/>

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

2022

- *Reproducibility and Performance : Why Choose?*<sup>10</sup>, Computing in Science and Engineering, juin 2022

Différents articles scientifiques et thèses sur Guix ou bien utilisant Guix ont par ailleurs été publiés, notamment :

- Nicolas Vallet *et al.*, *Toward practical transparent verifiable and long-term reproducible research using Guix*, Nature Scientific Data, octobre 2022
- Philippe Swartvagher (équipe TaDaaM), *De l'interaction entre les supports d'exécution à tâches HPC et les bibliothèques de communications*, décembre 2022
- Marek Felšöci (équipe Concace), *Solveurs rapides pour l'aéroacoustique haute-fréquence*, février 2023

Enfin, six nouveaux articles ont été publiés sur <https://hpc.guix.info> en 2022.

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

*Participant : F. Pruvost à 20%*

Cet accompagnement émerge d'un long travail d'intégration dans l'équipe Hiepac 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, PasTiX, qrmumps, ScalFMM, Scotch, StarPU. Voici les faits marquants de l'année 2022 :

- Validations et packaging des **nouvelles releases** : `maphys@1.1.3` -> `1.1.7`, `scotch@7.0.1` et `7.1`, `pastix@6.2.2`, le tout validé avec la dernière release de StarPU (`1.3.10`).
- Certains de nos paquets logiciels ont été officiellement intégrés dans **Spack**<sup>11</sup> : `fxt`, `simgrid`, `starp`, `chameleon`, `pastix`.
- CMake : mise à jour pour une meilleure transmission des *targets* d'un projet à l'autre (`hqr`, `chameleon`, `spm`, `pastix`, `qr_mumps`, `fabulous`), en évitant aux paquets dépendants de découvrir (`find_package`) des paquets dont ils ne dépendent pas forcément.
- Développement d'un projet CMake **Compose-full**<sup>12</sup> pour déployer Compose (i.e. `Maphys++`, EP Concace) avec ses dépendances (utile sur supercalculateur si absence de Guix et Spack).
- Intégration de **Maphys++**<sup>13</sup> dans **Neos**<sup>14</sup> (Concace-Memphis) pour résoudre des problèmes linéaires sur des matrices creuses par méthodes itératives et parallèles. Ce travail n'a pas encore été expérimenté sur de grandes matrices et sur supercalculateur. Cela mériterait de prendre un peu plus de temps pour le valoriser.
- **Encadrement du stage de Alycia Lisito** (4 mois, 2e année ENSEIRB) : *Validation and Evaluation of the Chameleon Lapack Interface*.
- Accompagnement dans le **Défi Atos-Inria** : benchmarks sur le cluster national Jean Zay<sup>15</sup>, passage à l'échelle de la factorisation LU sans pivot (`getrf_nopiv`) de

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

11. <https://spack.io/>

12. <https://gitlab.inria.fr/compose/compose-full>

13. <https://gitlab.inria.fr/solverstack/maphys/maphyspp>

14. [https://gitlab.inria.fr/fpruvost/neos/-/tree/compose\\_paddle](https://gitlab.inria.fr/fpruvost/neos/-/tree/compose_paddle)

15. <http://www.idris.fr/jean-zay/>

Chameleon + Open MPI et NewMadeleine, jusqu'à 500 nœuds en homogène et jusqu'à 100 nœuds en hétérogène (4 GPU v100 par nœud).

- Maintenances diverses dans Chameleon<sup>16</sup> (CMake, intégration continue, modèles de performances pour StarPU+Simgrid, documentation, benchmarks Plafrim).

### 2.1.3 Projet ADT Diodon (EPs Pleiade - Concace - Topal - Storm - Tadaam)

*Participant : F. Pruvost à 60%*

Cette action a démarré en janvier 2021 et fait suite à l'ADT Gordon (2019-2020). Lors de l'ADT Gordon, une application de l'Inrae (équipe PLEIADE) a été parallélisée à partir de logiciels des équipes HiePACS, Storm et Tadaam (Fmr<sup>17</sup>, Chameleon, StarPU, New-Madeleine). L'application passe ainsi à l'échelle, sur une centaine de nœuds, pour réaliser des calculs de "Multidimensional Scaling" (MDS) sur de grandes matrices denses (1 millions de lignes et colonnes). L'ADT Diodon, qui se déroule sur 2 ans, doit permettre de mûrir cette application dans un code ouvert Cppdiodon<sup>18</sup> et d'étendre ce qui a été fait dans Gordon pour tout une classe de méthodes linéaires de réduction de la dimension (Machine learning) basées sur la SVD (ex. ACP, CoA, MDS). Réalisations au cours de l'année 2022 :

- Les **nouveaux algorithmes PCA et CoA ont été validés sur des données académiques**, les résultats sont corrects et rassurent nos partenaires de l'Inrae. Les algorithmes ACP-AFC, ACP-VI et Analyse canonique, mentionnés au départ dans le projet d'ADT, ne seront finalement pas développés dans Cppdiodon pour le moment car, en l'état, ils requièrent le calcul et l'assemblage d'une matrice inverse dense. Ce type de calcul n'est pas couvert par la pile HPC du centre. Cela dit avoir une (r)SVD, ACP, CoA et MDS passant à l'échelle sur de grandes données représente déjà une avancée majeure.
- Intégration du travail de Lucas Leandro Nesi (EP Polaris) : accélération par un facteur trois sur la lecture des fichiers HDF5.
- **Validations avec utilisation de GPU** (4 v100 par nœud) et NewMadeleine (Tadaam) sur le **cluster national Jean Zay**.
- Ecriture d'un **rapport de recherche**<sup>19</sup>.
- Expériences sur Jean Zay avec les nouveaux algorithmes *gemm* (multiplication de matrices générales) et *symm* (multiplication avec une matrice symétrique) "A-Stationnaire" issues des travaux de Antoine Jégo, Alfredo Buttari (CNRS) et Emmanuel Agullo (EP Concace), avec de nouvelles distributions de matrice "SBC/TBC" idoines pour les matrices symétriques issues des travaux de Matthieu Vérité et Lionel Eyraud Dubois (EP Topal), écriture d'un **article accepté à IPDPS 2023**. Les temps de calculs en parallèle MPI ont été divisés par trois et l'empreinte mémoire réduite de moitié pour la MDS (exploitation de la matrice symétrique).
- **Intégration/Tests EVD et randomized EVD** (décomposition en valeur propre) Lapack et Chameleon dans Fmr + Cppdiodon. Expérimentations sur Jean Zay utilisées pour la **thèse de Romain Peressoni** (EP Concace).

16. <https://gitlab.inria.fr/solverstack/chameleon>

17. <https://bil.inria.fr/fr/software/view/4438/tab>

18. <https://bil.inria.fr/fr/software/view/4439/tab>

19. <https://hal.inria.fr/hal-03773985v2>

- Développement d'une **interface Python**<sup>20</sup> basée sur pybind11 fonctionnelle en centralisé (nœud généraliste, CPU + GPU). Exemple d'utilisation avec **Jupyter déployé avec Guix sur Plafrim**.
- Ouverture du code (**licence CeCILL-C**) et création d'une première **release vo.1**.
- Automatisation de benchmarks sur Plafrim via un job Gitlab-ci.

En conclusion de cette ADT nous avons obtenu un logiciel C++ ouvert intégrant un ensemble de savoir-faire des équipes HPC du centre Inria de l'UB sur le calcul en algèbre linéaire dense. Ce logiciel permet de mettre en avant cette expertise grâce à la mise à disposition d'une famille de méthodes numériques (ACP, CoA, MDS, SVD) utiles pour l'analyse multivariée de très grands jeux de données.

#### 2.1.4 Consortium Mmg

*Participant : A. Froehly*

##### Contexte

Le consortium Mmg réunit, dans le cadre du dispositif *InriaSoft*, des acteurs industriels et académiques intéressés au soutien économique du logiciel open source de remaillage Mmg.

##### Gestion du consortium Mmg

Safran Tech redevient membre du consortium dont les adhérents sont donc au nombre de 8 en 2022 :

- le CEA (établissement public de recherche [EPR], Gold);
- le CERFACS (EPR, Bronze);
- le Coria, UMR 6614 (EPR, Bronze);
- l'Inria;
- le Legi, UMR 5519 (EPR, Bronze);
- l'IRT SystemX (EPR, Silver);
- Safran Tech (industriel, Gold);
- TotalEnergies (industriel, Gold).

La coordination du consortium open source Mmg ainsi que le développement, la pérennisation et le support de la plateforme Mmg ont été assurés par *A. Froehly* (SED-BSO, DGD-I, Consortium Mmg).

3 conseils d'administrations ont été organisés en 2022 :

- le premier, par consultation électronique fin mars 2022, pour valider des demandes de Safran Tech en amont de leur réadhésion (demande d'engagement pour 3 ans fermes et demande de dispense d'attestation de certification des droits sur le code soumis pour intégration à Mmg);
- le second, tenu en visioconférence le 10 novembre 2022, pour discuter de l'avenir du consortium suite à la demande de changement de projet (à partir du 1er janvier 2023) de l'ingénieure dédiée au consortium;
- le dernier, tenu en mode hybride à l'ISCD le 14 décembre 2022, pour tenir un point d'étape sur la situation et l'avenir de la plateforme Mmg et du consortium asso-

---

20. <https://gitlab.inria.fr/diodon/cppdiodon/-/blob/master/python/README.md>

cié.

Le conseil scientifique et technique a lieu en mode hybride à l'ISCD le 14 décembre 2022. Il a dressé le bilan des développements annuels et discuté des futurs points de développements prioritaires.

Les comptes-rendus des différents conseils sont disponibles dans l'espace partagé par les consortiums InriaSoft sur [partage.inria.fr](https://partage.inria.fr) (dossier Mmg).

### Développement du logiciel Mmg

Le logiciel libre Mmg 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.

La plateforme est utilisée par différentes équipes du centre, notamment :

- l'équipe *Cardamom* dans le cadre leur participation au **projet EU eFlows4HPC** (le logiciel ParMmg, basé sur le noyau d'adaptation séquentiel de Mmg, est utilisé comme outil d'adaptation de maillage parallèle).
- l'équipe *Carmen* dans le cadre de leur participation au **projet EU MICROCARD** (Mmg y est utilisé dans le processus de génération des maillages cardiaques à l'échelle cellulaire et des développements prévus par le projet au sein de ParMmg devraient permettre à terme son utilisation à la place de Mmg, permettant ainsi la génération de maillages de plus grande taille).

Les sources du projet sont hébergées sur GitHub<sup>21</sup>. La documentation développeur Doxygen est disponible sur <https://mmgtools.github.io/>. Un site web<sup>22</sup> est dédié au projet et réunit les principales informations liées à la plateforme ainsi que des tutoriaux et exemples d'utilisation. Le support aux utilisateurs passe par le forum de Mmg<sup>23</sup> ou des tickets sur le dépôt du projet. La qualité logicielle du projet est contrôlée grâce à SonarQube.

Les développements de 2022 se sont concentrés sur les **développements demandés par le consortium** ainsi que sur :

- l'amélioration de l'**accessibilité**, de la **lisibilité** et de la **maintenabilité** du code pour les futurs contributeurs, plus particulièrement via :
  - la réalisation de benchmarks algorithmiques documentés ;
  - la réduction de la complexité du code et des duplications ;
  - la robustification du code ;
  - le développement de sa documentation développeur et le maintien de sa documentation utilisateur ;
- le **nettoyage** du dépôt GitHub :
  - nettoyage des branches abandonnées ;

21. <https://github.com/MmgTools>

22. <https://www.mmgtools.org/>

23. <https://forum.mmgtools.org/>



- création de brouillons de PR détaillés pour les travaux en cours non fusionnés mais présentant un intérêt;
- la formalisation des pistes et étapes pour les futurs développements prioritaires à l'aide de tickets réunis sous forme de projets thématiques GitHub;
- la description et priorisation des tickets.

Les développements au sein de Mmg ont été intégrés dans la **release v5.7.0** et diffusés en décembre 2022. Ils incluent :

- plusieurs **corrections d'erreurs** (robustification des opérateurs de fusion de points, correction d'erreurs de détection de non-variétés...);
- la gestion différenciée des arêtes vives et des arêtes non-manifold (mmg3d) permettant la **préservation des arêtes arêtes vives** fournies par l'utilisateur le long des non-variétés créées par une surface implicite précédemment discrétisée et que l'utilisateur demande à supprimer et à discrétiser suivant une nouvelle définition;
- la réécriture et la documentation du **noyau d'insertion de Delaunay** et du **noyau d'insertion par motifs** prédéfinis (homogénéisation documentée des choix algorithmiques, réduction de la complexité et améliorations algorithmiques, modifications pour pouvoir remplacer le noyau par motifs par le noyau de Delaunay en mode de discrétisation d'isovaleur, ce qui permettrait d'avoir un **algorithme idempotent**);
- la réécriture dans un module commun des options de **discrétisation d'isovaleur 2D et surfacique** (ajout de la possibilité de supprimer les petites composantes connexes ou des composantes non liées à une condition de bord précisée dans un fichier de paramètre (option `-rnc`) ainsi qu'ajout du mode multi-matériel à mmsg);
- la stabilisation et l'intégration de l'**option -lssurf** (contribution de C. Dapogny) permettant la discrétisation de l'intersection d'une isovaleur avec des surfaces;
- l'ajout du **support des entiers 64 bits** aux 3 codes et l'amélioration de la taille des maillages supportés avec des entiers 32 bits (en collaboration avec F. Brarda);
- l'intégration de l'**option -xreg** (contribution de C. Prigent) permettant la régularisation de la position des points de bord par méthode de laplacien – anti-laplacien;
- la **migration de l'intégration continue** depuis la ci Inria (Jenkins+VM cloudstack) vers les GithubActions et les machines virtuelles fournies gratuitement par GitHub (permettant l'accessibilité de la ci aux contributeurs non-inria et une importante réduction du temps de maintenance);
- l'intégration des améliorations de la **gradation anisotrope** de mmg3d (contribution de L. Cirrottola);
- l'ajout de l'option d'amélioration des maillages anisotrope en respectant les tailles d'entrées (**option -optim -A**);
- la suppression de l'insertion par dichotomie le long des surfaces explicites lorsque l'insertion sur le modèle de Bézier échoue;
- l'intégration de l'**export/import des symboles** pour le support de la compilation des bibliothèques partagées sur Windows (contribution de F. Leray);
- le nettoyage du CMake du projet;
- une **nouvelle arborescence d'installation** plus propre.

## Développement du logiciel ParMmg

ParMmg, la version parallèle du remaillieur volumique Mmg3d, vise à permettre l'utilisation de l'adaptation de maillage dans le calcul intensif. Initié par le FUI Icarus en 2017, son développement s'est poursuivi grâce au projet européen ExaQute<sup>24</sup> (dont l'évaluation finale s'est tenu fin janvier 2022) puis par le projet européen MICROCARD<sup>25</sup> (2021-2024) qui permettra d'ajouter aux capacités d'adaptation déjà implémentées la **discrétisation d'isovaleur en parallèle** sur architectures à mémoire distribuée. Le projet MICROCARD permettra également la **robustification** du logiciel sur des géométries complexes.

Les propositions de projets se multipliant autour de ParMmg et dans une optique de facilitation du développement collaboratif au sein du logiciel, un travail similaire au travail de **nettoyage** réalisé sur le dépôt de Mmg a été effectué sur le dépôt de ParMmg :

- nettoyage des branches abandonnées ;
- formalisation des pistes et étapes pour les futurs développements prioritaires à l'aide de tickets réunis sous forme de projets thématiques GitHub ;
- description (incluant le signalement des développements déjà financés) et priorisation des tickets.

## Projet EU MICROCARD

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

Ce paquet 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 paquets 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

---

24. <http://exaquite.eu/>

25. <http://microcard.eu/>



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 pourvoir 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 au développement du **processus de génération de maillages synthétiques**, à la **parallélisation des outils** de génération de maillages utilisés ainsi qu'à leur **robustification** sur les géométries non-manifold complexes du projet (plus particulièrement au niveau des jonctions entre les membranes cellulaires des myocytes).

Les développements réalisés en 2022 incluent :

- la mise en place du processus de **génération de maillages synthétiques** et le développement d'**outils de pré et post-traitements** (par exemple d'un outil de partitionnement pour le préconditionneur BDDC) réalisés par M. Potse (EPI Carmen);
- le développement d'un **outil de réplication de maillage** par symétrie axiale pour générer des réseaux cellulaires plus larges (M. Potse);
- la suite de l'investigation de la **parallélisation à base de graphe de tâches** du logiciel Mmg (parallélisation sur architectures à mémoire partagée) par M. Makni et F. Brarda, respectivement post-doctorante et ingénieur jusqu'en juillet 2022 et A. Froehly;
- l'optimisation de la taille des maillages pouvant être traités par Mmg avec des entiers 32 bits et l'ajout du **support des entiers 64 bits** dans le logiciel (F. Brarda et A. Froehly);
- la **robustification** de Mmg via la suppression d'erreurs impactant la génération des maillages avec Mmg (erreur dans la gestion des matériaux en mode de discrétisation d'isovaleur multi-matériel, vérifications additionnelles avant d'appliquer l'opérateur de fusion pour éviter dégénérescence des volumes... ). Ces erreurs limitaient précédemment les maillages à quelques dizaines de cellules cardiaques, il est maintenant possible de générer en séquentiel des maillages de l'ordre du millimètre cube (maillage de 7538 cellules et 271 millions de tétraèdres généré avec succès, la génération étant maintenant limitée par la mémoire du nœud).

Les travaux en cours ont été présentés lors du second workshop organisé par le projet MICROCARD (6 et 7 juillet 2022, <https://microcard.eu/events-en.html>) :

- Introduction to remeshing, A. Froehly;
- Development of a massively parallel remeshing code for exascale geometries, F. Brarda and A. Froehly.

**Deux nouveaux recrutements**, affiliés à l'EPI Carmen, ont eu lieu et sont accompagnés dans leur montée en compétence sur le projet et les différents logiciels impliqués (suite aux départs anticipés de l'ingénieur et de la post-doctorante financés sur le paquet de travail) :

- Corentin Prigent, ingénieur CDD depuis octobre 2022, qui travaille sur les deux processus de génération de maillages et leur robustification;

- Laetitia Mottet, post-doctorante depuis novembre 2022, en charge du développement de l'option de discrétisation d'isovaleur dans ParMmg (parallélisation sur architectures à mémoire distribuée).

### 2.1.5 Mission de soutien aux équipes Cagire et Makutu

*Participant : M. Fuentes*

#### Contexte

La mission de l'ingénieur se déroule au sein de l'antenne de Pau du centre INRIA BSO, depuis août 2018. Actuellement, il y a deux équipes de recherche INRIA :

- Cagire : simulation de la combustion
- Makutu (anciennement Magique-3D) : propagation des ondes

De par leur domaine de recherche principalement mathématique, ces deux équipes nécessitent un soutien pour la promotion de bonnes pratiques logicielles, en particulier l'équipe Makutu qui développe principalement en Fortran. La direction du centre BSO a validé aussi le fait que l'ingénieur puisse aider les chercheurs du LMA. En particulier, l'ingénieur travaille avec Charles Pierre.

#### Modifications notoires concernant les logiciels

Nous ne rappelons pas ici la description de chaque logiciel. Pour cela se référer au RA 2021

- Aérosol (Cagire) : 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. Haelele (CNRS).
- Choral (LMA) : le logiciel a changé de nom : Cumin ; Même si les cas d'application reste l'élastique et la cardiologie, il intègre dorénavant des géométries courbes. <https://plmlab.math.cnrs.fr/cpierre1/cumin>
- Elasticus (Makutu) : le développement semble abandonné.
- GEOSX (Makutu) : le logiciel prend une part importante comme outil de simulation au sein de l'équipe. L'ingénieure P. Martinez et L'ingénieur X. Lacoste sont arrivés pour travailler sur le logiciel.
- 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 (Makutu) : 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 (Makutu) : Le logiciel laisse peu à peu la place à Hawen pour la simulation fréquentielle, mais reste incontournable pour la simulation temporelle. A cet effet, un allègement des sources en vue d'une spécialisation a permis de réduire les dépendances (uniquement Metis et lapack) puisque les systèmes linéaires sont résolus de manière explicites.

- Montjoie : R.A.S.
- Un code, pour l'instant sans nom, développé par le thésard I. Djiba avec S. Tordeux basé sur un GMRES ad-hoc. Un partenariat avec l'équipe Concase est envisagé durant la thèse d'I. Djiba.

### Mission principale

Au niveau de la participation au développement, l'action de l'ingénieur s'est déroulée au sein de l'équipe Makutu. La suite de ce chapitre décrit certaines des contributions, logiciel par logiciel.

#### GEOSX

- l'ingénieur a fait progressivement le bisau avec X. Lacoste concernant l'écriture de modules pour GEOSX, qui sont dorénavant gérés par un jenkins;
- activité de conseil sur l'utilisation de Python.

#### Hou1oni

- mise à disposition d'une version temporelle d'Hou1oni [https://gitlab.inria.fr/hou10ni/hou10ni\\_dt](https://gitlab.inria.fr/hou10ni/hou10ni_dt).

#### hawen

- Amélioration du système de compilation CMake. L'interaction avec F. Faucher à ce niveau est dorénavant bien rodée. La version publique du dépôt de code a intégré ce système de compilation;
- réécriture complète de la recette Guix qui est dorénavant publique dans le dépôt <https://gitlab.inria.fr/guix-hpc/guix-hpc>.

#### Logiciel d'I. Djiba

- conseil sur l'utilisation du C++.

### Objectifs envisagés

Ce chapitre décrit les objectifs envisagés pour les différents logiciels.

#### GEOSX

- écriture d'une recette guix pour faciliter le développement sur plafrim.

#### Hou1oni

- mise à jour de la recette guix puisque Hou1oni a dorénavant moins de dépendances;
- remplacement de MeTiS par Scotch pour rendre le logiciel plus INRIA;
- mise à jour de la recette guix pour faire la version temporelle d'Hou1oni;
- un test de substitution des fonctions lapack par cublas pourrait être un plus.

#### hawen

- portage d'une partie du code sur GPU;
- codage de formules d'intégrations étendues;
- accélération de certaines parties concernant des maillages (find\_cell);
- réécriture ad-hoc de fonctions actuellement implémentées par ARB(robustes mais lentes).

### 2.1.6 Scotch

*Participant : M. Fuentes*

Le travail de développement sur Scotch commencé en 2021 se poursuit. L'implication de l'ingénieur dans le développement d'un environnement facilité (CMake, migration vers GitLab) a permis une interaction un peu plus fluide avec certains usagers. Le système de parainnage sur la plateforme <http://gitlab.inria.fr> permet aux usagers de déposer des tickets et ainsi d'assurer un suivi plus formel des corrections de bugs ou améliorations à apporter au logiciel. L'année 2023 devrait voir aussi la création d'un consortium avec le recrutement d'un ingénieur dédié ce qui permettrait d'accélérer le développement du noyau et le transfert des branches expérimentales dans la version publique du dépôt officiel.

#### Tâches réalisées

- consolidation de la compilation à l'aide de CMake;
- publications de la 7.0.2 (01/01/23) et de la 7.0.3 (14/01/23);
- correction de bugs (remontés par les développeurs de Mumps);
- version parallèle de la construction du graphe dual quasi-fonctionnel;
- prise en charge de Windows (avec MingW64 sous Msys);
- mise à jour de l'instance SonarQube et mise à niveau des machines virtuelles CI.

#### Objectifs futurs

- prise en charge d'une interface METIS et PARMETIS complète;
- interface Python;
- interface fortrango (qui améliorera la robustesse);
- développement d'une interface en Julia.

### 2.1.7 VocaPy

*Participant : Z. LI*

Le projet VocaPy est une bibliothèque Python dédiée au traitement de la parole pathologique. Il servira de boîte à outils pour le développement des biomarqueurs vocaux de la fonction respiratoire dans le cadre du projet VocaPnée. Cependant le noyau de VocaPy sera assez générique pour permettre le déploiement d'autres applications cliniques.

#### Tâches réalisées

- Études des bibliothèques existantes en Python;
- analyse acoustique de parole pathologique :
  - détection de la fréquence fondamentale;
  - segmentation syllabique;
  - segmentation de parole en son voisé et son non-voisé;
  - détection d'activité de la voix;
- sélection et implémentation de certaines fonctionnalités acoustiques fondées sur Praat;
- vérification de la qualité des données VocaPnée;

- validation des algorithmes implémentés avec les données Voice4PD-MSA;
- conception et mise en place de la première version d'architecture logicielle.

#### Tâches à faire

- Analyse statistique des données vocales normatives pour établir des références pour certains descripteurs;
- implémenter de nouveaux algorithmes conçus à l'INRIA, pour la détection de la fréquence fondamentale de la voix;
- développer les algorithmes IA pour le diagnostic de certaines pathologies neurodégénératives ou respiratoires;
- développer les biomarqueurs vocaux pour certaines pathologies;
- développer une interface graphique utilisateur pour pouvoir manipuler l'analyse;
- développer les connecteurs aux bases de données pour pouvoir analyser les données de santé comme celles de l'AP-HP.

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

*Participant : L. Cirrottola*

Le logiciel AeroSol est une bibliothèque pour la simulation des écoulements fluides compressibles développée depuis 2011 par les équipes Cagire et Cardamom. Son but est une implémentation générique des méthodes aux éléments finis continus et discontinus, sur maillages hybrides, pour servir les besoins logiciels des deux équipes à la fois pour la recherche sur les méthodes numériques d'ordre élevé et à la fois pour des applications variées de mécanique des fluides (aéronautiques et côtières, pour en citer deux).

L'architecture du logiciel est pensée pour être modulaire et pour reposer sur des briques logicielles externes robustes pour tous les aspects qui ne concernent pas la modélisation mécanique et les schémas numériques. Dans ce principe, la gestion en parallèle (via le standard MPI) du maillage et des données qui y sont associés (comme la solution numérique) est déléguée à la bibliothèque externe PaMPA. Les éléments du maillage et les tableaux de la solution numérique sont donc définis et récupérés dans AeroSol via l'interface de PaMPA.

Comme la bibliothèque PaMPA n'est plus maintenue depuis quelques années, il devient urgent de récupérer la maîtrise sur cette brique logicielle, soit pour en garantir la maintenance (par exemple, avec l'évolution de l'interface MPI), soit pour perfectionner et étendre ses fonctionnalités (par exemple, en ce qui concerne la gestion des domaines périodiques et les méthodes multigrille).

Pour cette raison, la première action du SED sur le logiciel AeroSol, coordonnée en collaboration avec les équipes Cagire et Cardamom, concerne le remplacement de la bibliothèque PaMPA avec une nouvelle bibliothèque DM2 (*Distributed Data and Mesh Management*), déjà objet d'une candidature à une campagne d'ADT. Cette action est menée avec Vincent Perrier (Cagire), architecte et développeur principal du logiciel, Mario Ricchiuto (Cardamom), et Matthieu Haelele (CNRS, UPPA).

La bibliothèque, écrite en C++, devra :

- partitionner et (re)distribuer un maillage et ses données (d'ordre élevé) en parallèle sur des processus MPI, via la bibliothèque PT-Scotch;

- fournir l'interface nécessaire au couplage avec AeroSol (logiciel qui est aussi cas de figure pour le couplage avec un générique solveur aux éléments finis). Cela comporte :
  - la définition d'itérateurs (dans la terminologie C++) pour pouvoir boucler sur des entités du maillage et pouvoir récupérer leurs données géométriques et les valeurs de la solution numérique ;
  - la définition du recouvrement parallèle nécessaire pour garantir, en plus de la connectivité parallèle du maillage distribué, l'utilisation parallèle des données de façon spécifique au schéma de discretisation utilisé ;
  - gérer les entrées et sorties parallèles d'AeroSol.

Cette année étant la première année de *L. Cirrottola* sur le projet, le travail de 2022 a concerné la prise en main du logiciel AeroSol et du code initial de DM2 proposé par Vincent Perrier. Ceci permettait déjà de redistribuer des maillages 2D linéaires avec PT-Scotch. Certains points préliminaires ont été abordés cette année :

1. une robustification de la preuve de concept DM2 avec la mise en place de quelques tests d'intégration continue ;
2. la définition du périmètre d'action initial : les classes à reprendre d'AeroSol mais à modifier seulement dans une phase avancée du projet (les entrées-sorties) ;
3. l'étude des structures de données d'AeroSol et de la gestion de leurs interactions avec les structures de données DM2 ;
4. l'étude des fonctionnalités et de l'interface actuelle de PaMPA.

Ceci a permis d'avancer dans l'implémentation :

1. d'une classe *graphe enrichi* (multi-parti selon la codimension géométrique des entités du maillage), fournie de méthodes pour le construire à partir d'un maillage lu par fichier, et qui repose sur
2. une classe *graphe* permettant de définir un graphe générique et munie de méthodes pour le communiquer en parallèle via MPI, ceci reposant sur des vecteurs de données gérés via
3. une classe *vecteur* (à la "std::vector") permettant la récupération d'un pointeur C fourni par PT-Scotch et munie de méthodes pour la communication MPI.
4. De la redistribution du maillage en 3D et avec degré jusqu'à quatre.

Cela permettra la définition des itérateurs nécessaires à boucler sur les entités du maillage, qui seront utilisés aussi pour l'implémentation des entrées-sorties et fournis tels quels à AeroSol, et de se concentrer sur les aspects de gestion de la solution numérique (la définition du recouvrement parallèle optimale pour chaque méthode de discretisation et l'interface pour récupérer ces données).

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

*Participant : L. Cirrottola*

Le support aux équipes de recherche se déroule :

- pour Cagire, avec suivi du projet Lagoon basé sur le logiciel Uhaina (dérivé d'AeroSol), coordonné par Vincent Perrier, sur lequel l'ingénieur de recherche Matthieu Haelele s'occupe déjà de la définition des tests pour l'intégration continue et de la

gestion des dépendances avec Guix. L'activité du SED va en support à l'activité de Vincent de refactorisation de l'interaction entre AeroSol et Uhaina, et de l'activité de Matthieu autour de la compilation et des tests, cette année avec la mise en place de la plateforme d'intégration continue pour AeroSol et Uhaina.

- pour Cardamom, avec l'intégration des travaux doctoraux dans AeroSol avec la définition de tests pour l'intégration continue et factorisation (cette année, des travaux de Mirco Ciallella autour des méthodes à frontière déplacée), et avec des échanges et du conseil (pour l'instant individuels) sur les techniques de programmation en C++ et de déverminage et optimisation de logiciels parallèles.

## 2.2 Axe 2 : Santé numérique

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

Les actions du SED vers l'axe Santé numérique ont été caractérisées par un travail de coordination et de structuration majeur au cours de cette année. L'ensemble des échanges que le SED a pu avoir avec les différentes équipes de l'axe ont permis de mettre en avant des besoins de nouvelles compétences afin de les accompagner au mieux. Ceci s'est directement traduit par des recrutements qui se font dans ce domaine au sein du service. Au cours de l'année plusieurs membres nous ont rejoint :

- Julien Castelneau sur concours interne (titularisation)
- Hugo Lecomte, Stagiaire de M2
- Anaëlle Zanella, ingénieur (CDD 2 ans et demi) sur un projet européen InEu-rHeart
- Gwladys Ravon, ingénieure pérenne à partir du 1 Février 2023

Ces recrutements permettent au service d'avoir un panel de compétences nécessaires au soutien des équipes de recherche de l'axe telles que :

- Visualisation
- Gestion d'infrastructure
- Gestion de la donnée
- Déploiement
- Modélisation
- IA
- Simulation

Ce travail de coordination a aussi débouché sur l'hébergement et le rattachement au service de personnes travaillant directement sur des projets avec des partenaires extérieurs, comme l'IHU Lyric, ou provenant d'équipes projets d'autres centres Inria, telle que Epione. Le rattachement de ces personnes au sein du service est un message fort sur l'implication du service pour l'axe de la santé numérique et dans le renforcement des partenariats.

Tout au long de l'année, des membres du service ont travaillé avec les service SED d'autres centre (Paris, Rennes et Lyon notamment) pour la création d'un réseau thématique autour de la santé numérique, focalisé sur le développement logiciel. Ce réseau thématique a permis la rencontre, sur deux jours, lors d'un séminaire en décembre dans le centre de Rennes, de plus de 25 ingénieurs. Cette rencontre a permis d'échanger sur leurs travaux dans le domaine et débouchera en 2023 sur une nouvelle rencontre sur l'interopérabilité des logiciels Inria.



### 2.2.1 Coordination

*Participant : D. Dutartre, J.Castelneau*

### 2.2.2 Renforcement des partenariats

*Participant : J. Castelneau, D. Dutartre*

**Partenariat APHP** *Participant : J. Castelneau*

#### PAIMRI / DAICAP

**Contexte.** Le projet PAIMRI a débuté en 2020 dans le cadre de l'ADT medTag. Cet ADT se termine en Avril 2023. C'est un partenariat entre l'équipe Epione<sup>26</sup> et le service de radiologie du Pr R. Renard-Penna à l'APHP<sup>27</sup> Cet ADT a été obtenu dans le cadre du plan IA. Son objectif est de créer une solution logicielle pour annoter des images médicales (ajout d'étiquette, contourage de structures anatomiques) dans le contexte de l'apprentissage supervisé. Cette solution est déployée au sein de l'entrepôt de données de santé de l'APHP, c'est-à-dire qu'elle est accessible sur plusieurs postes administrés par l'APHP tout en centralisant les données d'annotations au sein d'une même base de données. La solution d'annotation retenue pour cette ADT repose sur medInria<sup>28</sup>, plateforme logicielle de traitement d'images médicales développée par les EPI Visages/Empenn, Epione et Athena.

En 2022, les actions du service relatives à ce projet ont été :

- développement de greffons medInria (connexion au système de données de l'EDS AP-HP) : discussions et qualifications avec les cliniciens, coordination des développements avec le core developer (Florent Leray), co-design et développement dans le cœur du logiciel
- “projet Daicap“ : élargissement des modalités du projet sur du multi-centrique, coordonnées par le HDH - discussions et qualification de la structure de données pour usage final par l'ensemble des acteur

**Partenariat IHU-Liryc** *Participant : J. Castelneau*

#### Beat-Af

**Contexte.** Beat-AF<sup>29</sup> est un projet de recherche européen porté par le Pr. Pierre Jais, directeur de l'IHU-Liryc<sup>30</sup>. Cette étude multicentrique randomisée réunit 9 centres cliniques européens pour démontrer que l'ablation par cathéter à champ électrique pulsé (électroporation), est plus efficace, plus sûre et plus rapide que la radiofréquence, traitement de référence à ce jour des patients atteints de Fibrillation Auriculaire (FA) Afin de centraliser à l'IHU-Liryc les données complexes des centres partenaires, une plateforme de gestion des données a été déployée.

26. EPI Epione, <https://team.inria.fr/epione/en/>.

27. APHP, <https://www.aphp.fr/>.

28. medInria, <https://www.med.inria.fr/>.

29. Beat-Af, <https://beat-af.com/>

30. IHU-Liryc, <https://www.ihu-liryc.fr>



En 2022, les actions du service relative à ce projet ont été :

- déploiement de Girder<sup>31</sup> - plateforme de gestion de données développé par KitWare et déployé au Liryc avec greffon d'anonymisation
- développement de scripts d'API en python pour interopérabilité avec un partenaire du projet Beat-AF (AliveCor<sup>32</sup>)
- accompagnement du data manager (Vigneshwar Gurunathan) de l'IHU-Liryc pour coordonner les développements

### Mise en place d'une grappe de calcul

**Contexte.** Ce travail a été effectué en collaboration avec l'équipe Administration Système de l'IHU Liryc. Dans le cadre d'un travail d'homogénéisation des différentes ressources de calcul présentes à l'IHU, il a été décidé que l'administration des machines et leur exploitation doit être centralisé par l'équipe SI de l'IHU-Liryc.

En 2022, les actions du service relative à ce projet ont été :

- définition de l'architecture des moyens de calcul de l'IHU et mise en production du cluster et de son environnement en collaboration étroite avec les ingénieurs du Liryc (Thomas Levée principalement)
- factorisation de moyens transversaux aux différents départements de l'IHU et au changement d'usage des différents cliniciens - cela apportera à terme une méthodologie de travail efficace aux équipes du Liryc et aux collaborations que l'inria mène avec

### 2.2.3 Modélisation et Intelligence Artificielle

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

#### **Projet InEurHeart** *Participante : A. Zanella*

Une ingénieure est intégrée au projet Européen InEurHeart dirigé par Maxime Sermesant (Chercheur) et Hubert Cochet (Radiologue).

L'objectif de la contribution est d'intégrer dans le logiciel MusiCardio un module permettant de segmenter automatiquement à partir d'un CT scanner toutes les cavités d'un cœur, les sinus coronaires, le nerf phrénique et tous les substrats : graisse, calcification, cicatrices. Ceci permet ensuite de créer automatiquement un jumeau numérique 3D du cœur du patient. Ce dernier est utilisé par les cardiologues dans le cadre d'une opération d'ablation pour le traitement de tachycardie ventriculaire (TV). Il permet de cibler directement la zone à risque et donc de gagner un temps précieux.

Les partenariats de ce projet sont le CHU Bordeaux, InHEART et ERASMUS.

Dans un premier, un travail de récupération des données a été effectué. Il a fallu cibler les données utiles au projet dans les bases de données, trier, et stocker ces dernières sur un serveur de l'IHU.

Puis le premier modèle a pu être exploité. Un modèle UNet a été implémenté pour annoter les cavités : les épicales et les endocardes des ventricules, les oreillettes, et l'aorte. L'objectif à terme est d'y ajouter la segmentation des substrats.

31. Girder, <https://girder.readthedocs.io/en/latest/>

32. AliveCor, <https://www.alivecor.com/>

**Projet Simcardiotest** *Participante : A. Zanella*

Un consortium international de dix partenaires a uni ses forces pour démontrer la faisabilité, l'efficacité et les avantages des essais cliniques *in silico* pour les dispositifs et les médicaments cardiaques. Un des objectifs est de créer un robot souple de cœur qui permettra de modéliser des mesures réelles au sein d'un cœur. Il a donc fallu en amont utiliser un modèle de segmentation automatique des cavités d'un cœur pour générer ensuite les maillages associés imprimables en 3D et les maillages nécessaires à des simulations virtuelles.

**Participation à un challenge** *Participante : A. Zanella*

Une ingénieure de l'équipe ainsi que d'autres collaborateurs de l'IHU ont formé une équipe pour participer à un challenge de segmentations d'infarctus dans l'IRM de rehaussement tardif organisé conjointement avec FIMH 2023.

**AI dev talks** Avec le soutien du SED de Paris, et plus particulièrement Mauricio Diaz et Kim-tam Huynh, nous avons créé un réseau de partage orienté autour de l'IA au sens large. L'idée est d'avoir, une fois par mois, des présentations sur des outils, des techniques, des bonnes pratiques reliées à l'IA.

Le but de ce réseau est de faciliter les échanges mais aussi les rencontres entre chercheurs, ingénieurs et doctorants des différents centres.

Plus d'informations sur les sessions déjà effectuées sont disponibles au lien suivant : <sup>33</sup>.

Ces sessions se font depuis peu en mode mixte (distanciel / présentiel), avec la participation d'un acteur Parisien, le SCAI <sup>34</sup> Sorbonne Center for Artificial Intelligence.

**Hackathon AI4Industry** *Participants : A. Zanella et D. Dutartre*

Le workshop AI4INDUSTRY propose de sensibiliser les participants (principalement des étudiants) aux différents éléments permettant le déploiement opérationnel et efficace de l'IA dans l'industrie. Cette sensibilisation se fait au travers de conférences d'experts et de l'application des concepts clés sur des cas d'usages industriels proposés par des entreprises locales sous forme d'un hackathon. Les participants au hackathon forment des équipes mixtes élèves ingénieurs/ingénieurs.

Dans le cadre de ce workshop, des ingénieurs du SED ont encadré pendant une semaine les Usecases proposés par les entreprises Euler et Maison Pariès (en janvier 2022).

## 2.2.4 Simulation

*Participant : D. Dutartre, G. Ravon*

---

<sup>33</sup>. [https://sed-paris.gitlabpages.inria.fr/ai-community/dev\\_talks/](https://sed-paris.gitlabpages.inria.fr/ai-community/dev_talks/)

<sup>34</sup>. <https://scai.sorbonne-universite.fr/>

## 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 2022 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, M. Fuentes, D. Dutartre, F. Pruvost, 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>35</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 :

- Metagenopic (Clémence Frioux, Ariane Badoual, Florent Pruvost)

Les ADT ont aussi été accompagnées lors de la phase de rédaction amont du projet, que celui-ci soit accepté et financé ou non :

- StarPU pour les débutants (Samuel Thibault, Florent Pruvost)
- Qontrol (Vincent Padois, Marc Fuentes)

## 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>36</sup> organisés cette année par *L. Courtès* :
  - 17 Mars – Programmer en CUDA avec Julia (*M. Fuentes*)
  - 3 Mai – Medit : un outil léger de visualisation et d'inspection de maillage (*A. Froehly*)

### 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 visioconférence).
- **Correspondant de l'équipe de support de l'intégration continue** (*Participants : M. Fuentes, J. Castelneau*)  
L'équipe transversale *support CI* permet de répondre aux demandes de support sur la plateforme [ci.inria.fr](#) qu'elles concernent le cadriciel Jenkins ou la gestion des machines virtuelles disponibles via CloudStack. L'arrivée de Denis Arri-

<sup>35</sup>. <https://intranet.inria.fr/Vie-scientifique/Partenariats-Appels-a-projets/InriaHub/InriaHub>

<sup>36</sup>. Les midis de la bidouille, <http://sed.bordeaux.inria.fr/la-bidouille>

vault comme responsable PFO au niveau du SDT a resserré le lien avec l'équipe de support GitLab. Il y a eu aussi à Bordeaux la tenue du Séminaire CI les 25 et 27 Mai 2022 qui a permis de réunir les 2 équipes de support. Même si on observe une désaffection croissante de l'utilisation de Jenkins au profit de la solution GitLab-CI, certains gros projets comme Hwloc ou pharo continuent de l'utiliser et justifient donc le maintien de cette solution et de sa maîtrise au sein du SED. L'ingénieur M. Fuentes répond encore à des tickets concernant la plateforme même si il n'assiste plus aux réunions CI par manque de temps.

– **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 décidé la constitution d'une équipe PFO (plateforme outils de développement) dédiée à GitLab, Cloudstack (ci.inria.fr), Allgo, Sonarqube, etc, Denis Arrivault a été recruté en cours d'année. Cette année devait servir de passage de témoin entre notre équipe de support (avec environ un membre SED par centre) et la nouvelle équipe PFO. Dans les faits, même si Denis Arrivault, traite aujourd'hui la majorité des tickets, l'ancienne équipe support continue de fournir son expertise au quotidien à l'équipe PFO : en répondant encore à certains tickets, par une disponibilité sur les canaux mattermost dédiés "inria-gitlab", en participant à la réunion mensuelle sur les PFOs, en étant associé aux discussions sur les besoins futurs de ces plateformes web, en réalisant des tests fonctionnels lors des mises à jour, en écrivant des documentations, en organisant des formations, etc. Quelques faits marquants :

- La réunion mensuelle traditionnellement organisée pour faire le point sur les tickets en cours a été fusionnée avec celle de l'équipe support sur ci.inria.fr du fait de l'intégration de plus en plus fine entre les deux services.
- Les "shared-runner" GitLab ont été mis en production (machines fonctionnant avec Docker accessibles directement en un clic dans GitLab).
- La nouvelle plateforme GitLab interne (gitlab-int.inria.fr) pour les projets privés et données sensibles a été mise en production. Cette instance est une version "Ultimate" avec plus de fonctionnalités dont git-lfs. A noter qu'elle n'est accessible que depuis le réseau Inria (Intranet, VPN).

Ce service autour de GitLab et de l'intégration continue fonctionne plutôt bien. Ceci étant dit, une équipe PFO était censée voir le jour cette année avec deux DSI et deux SED à plein temps afin de libérer les SEDs historiquement en support sur ces plateformes (principalement Anthony Baire, Charles Deltel, Kim Tam Huinh, Thierry Martinez, Florent Pruvost, Olivier Rochel, Vincent Rouvreau, etc). Aujourd'hui l'équipe PFO est surtout constituée de Denis Arrivault épaulé par Didier Chassignol de la DSI mais à temps partiel. Une accélération de la création de cette équipe PFO permettrait de gagner en efficacité.

– **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 8.9.

## 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*) : 8h de travaux pratiques d'analyse et optimisation parallèle (matériel disponible au lien [https://gitlab.inria.fr/lcirrott/tp\\_enseirb-matmecca\\_2022](https://gitlab.inria.fr/lcirrott/tp_enseirb-matmecca_2022)) dans le cours *Développement collaboratif de codes de calcul scientifique*.
- 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

- entrée au collège « codes sources et logiciels » du Comité pour la Science Ouverte (CoSO) <sup>37</sup> (*L. Courtès*, depuis février 2022)
- présentation invitée pour l'équipe ROCm chez AMD (*L. Courtès*, décembre 2022)
- animation d'un tutoriel Guix aux *Open Science Days* (*L. Courtès*, décembre 2022)

### 6.4.3 Médiation Scientifique

- Participation à l'action de Mediation Scientifique Chiche dans le lycée Superville (M. Fuentes) pour 3 classes
- 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*).

### 6.4.4 Publications

- Guillaume Balarac et al., *Tetrahedral Remeshing in the Context of Large-Scale Numerical Simulation and High Performance Computing* <sup>38</sup>, *MathematicS In Action*, 11 (1), pp.129-164, 2022
- Capucine Legentil et al., *Testing scenarios on geological models : Local interface insertion in a 2D mesh and its impact on seismic wave simulation* <sup>39</sup>, *Computers & Geosciences*, 2022
- Florent Pruvost, *Task-based randomized singular value decomposition and multidimensional scaling*. [Research Report] RR-9482 <sup>40</sup>
- Luca Arpaia et al., *h- and r-Adaptation on Simplicial Meshes Using MMG Tools* <sup>41</sup>

37. <https://www.ouvrirelascience.fr/college-codes-sources-et-logiciels/>

38. <https://hal.inria.fr/hal-03344779v1>

39. <https://hal.inria.fr/hal-03602649v1>

40. <https://hal.inria.fr/hal-03773985v2>

41. <https://hal.inria.fr/hal-03723744v1>



Mesh Generation and Adaptation,<sup>30</sup> Springer International Publishing, p.183-208, 2022

- Ludovic Courtès, *Building a Secure Software Supply Chain with GNU Guix*<sup>42</sup>, <Programming> Journal, juin 2022
- Ludovic Courtès, *Reproducibility and Performance : Why Choose?*<sup>43</sup>, Computing in Science and Engineering, juin 2022
- Mark Potse, Luca Cirrottola, Algiane Froehly, *A practical algorithm to build geometric models of cardiac muscle structure*<sup>44</sup>, conférence ECCOMAS, juin 2022

## 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.
- 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 Dan et Julien - Hugo Lecomte (6 mois) 3240 €
- 1 stage en HPC encadré par Florent - Alycia Lysito (4 mois) 2250 €
- matériel divers : 1900 €
- aménagement des ateliers : 2500 €
- séminaire : 1700 €
- des missions

## 8 Principaux objectifs du service pour l'année à venir

Le centre Inria Bordeaux Sud-Ouest ayant décliné 4 axes scientifiques, le service d'expérimentation et de développement se doit d'accompagner les équipes travaillant dans ces thématiques de recherche.

Bien impliqué dans les développements de la pile logicielle de la thématique Modélisation, calcul intensif et architectures parallèles, le service tient à poursuivre et finaliser les travaux déjà bien engagés. Consolidés (déploiement-empaquetage, maillage, partitionnement, algèbre linéaire), il serait intéressant de poursuivre et d'intégrer ces

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

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

44. <https://hal.inria.fr/hal-03936963/>



travaux plus largement auprès d'autres équipes Inria ainsi qu'auprès de partenaires institutionnels. C'est ce que permettrait le PC5 du PEPR NumPEX auquel des ingénieurs du SED devraient participer. C'est aussi le cas du DEFI Inria-ATOS dans lequel la définition d'un HPL ouvert et portable mettra à l'épreuve les savoir-faires et les méthodes (Solverstack) développées depuis de nombreuses années, permettant d'atteindre les objectifs avec un niveau de maturité très élevé.

Il est également prévu en 2023 de réunir l'ensemble des ingénieurs travaillant dans le domaine du calcul Haute Performance à Bordeaux, afin de partager les pratiques, les méthodologies, les savoir-faires.

Il faudra aussi être attentif à la mise à disposition de moyens d'expérimentation, continuant de participer si possible aux orientations des Moyens de Calcul, qui devraient toujours être factorisés pour tout Inria lors des prochaines années.

Dans la thématique Modélisation et simulation pour la santé, le service va travailler, avec les équipes impliquées, à construire une structure commune de besoins, éclairant les priorités logicielles. Acteurs de la mise en place comme de la réalisation du réseau des ingénieurs en santé numérique, à Rennes, fin décembre, une opportunité pour l'institut sera de participer aux développements permettant l'interopérabilité des outils pour la santé. Idéalement, à travers le DEFI Santé, cela permettrait également de participer à l'émergence d'une suite logicielle pour le domaine hospitalier. Pour ne pas rester Inria centré, il faut réfléchir la mise en oeuvre d'une collaboration renforcée entre l'Inria et ses partenaires institutionnels et en premier lieu le liryc pour l'écosystème néo-aquitain. Cela permettra de coordonner les développements et de rendre lisibles et cohérentes les feuilles de route technologiques.

Le service a toujours le souhait, de se rapprocher des ingénieurs des différents partenaires, construisant un réseau accompagnant plus largement les équipes de recherche de l'écosystème de recherche d'Aquitaine. Il en existe de nombreux, et l'expérience de rapprochement avec le SIN cette année, en est un exemple. À poursuivre dans l'intérêt des équipes de recherche et l'écosystème de recherche dans son ensemble.

Et pour réaliser cet objectif, le service peut s'appuyer sur les compétences de chacun.e évidemment, en élargissant la vision d'une pile structurée autour des besoins du domaine historique du centre Inria Bordeaux Sud-Ouest décrite dans la section [Axe 1 : simulation numérique, HPC, Megadonnées](#); cette vision élargie peut se résumer sur la figure 4.

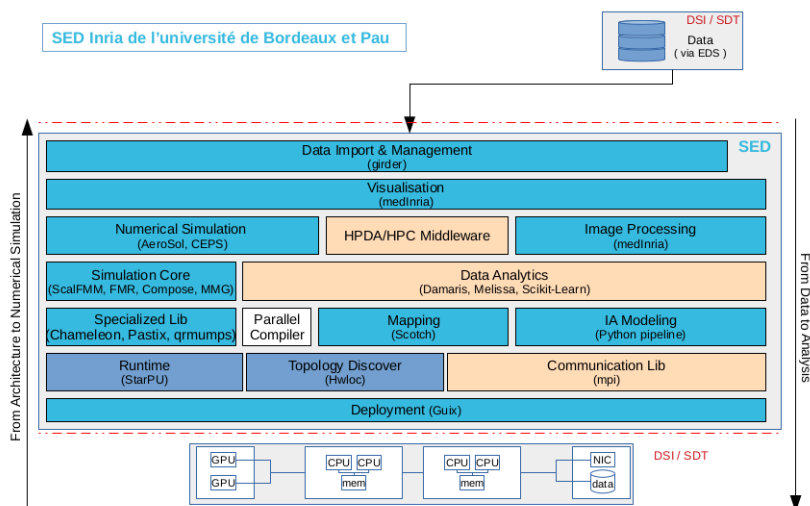


Figure 4 – Structuration élargie du soutien des ingénieurs du SED aux équipes Inria

Cette vision cohérente des accompagnements des projets de recherche par le développement logiciel, montre les perspectives ouvertes par les travaux effectués. Elle offre une vue élargie de la réponse aux équipes de recherche du centre, de l'université et plus généralement de l'institut.