

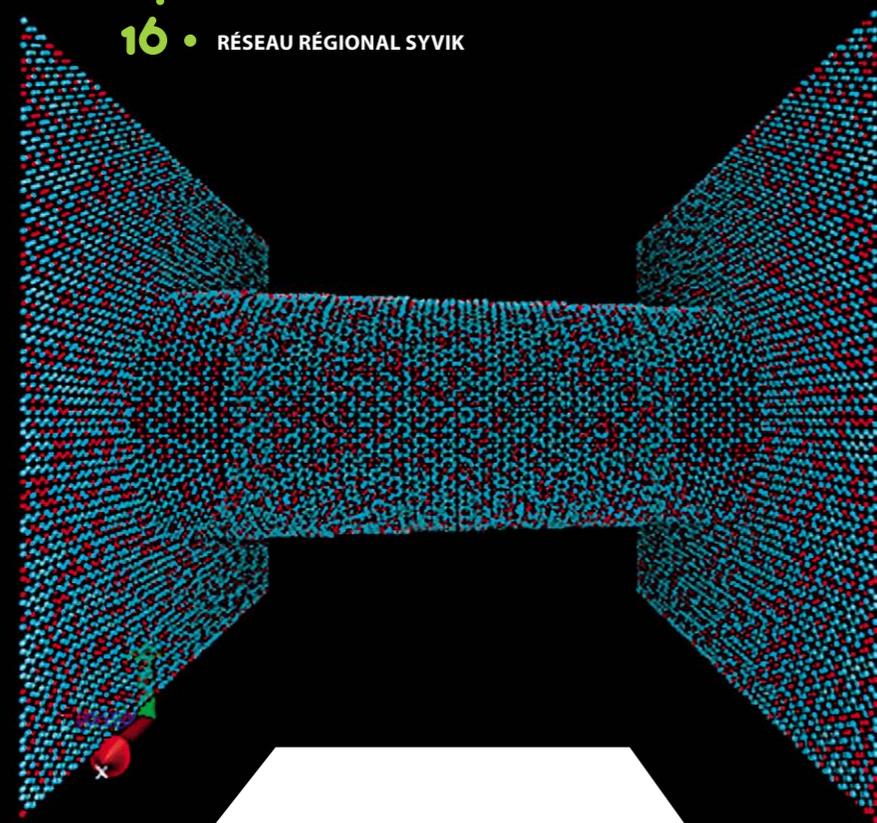
**CRIANN**

**RAPPORT  
D'ACTIVITÉS 2019**

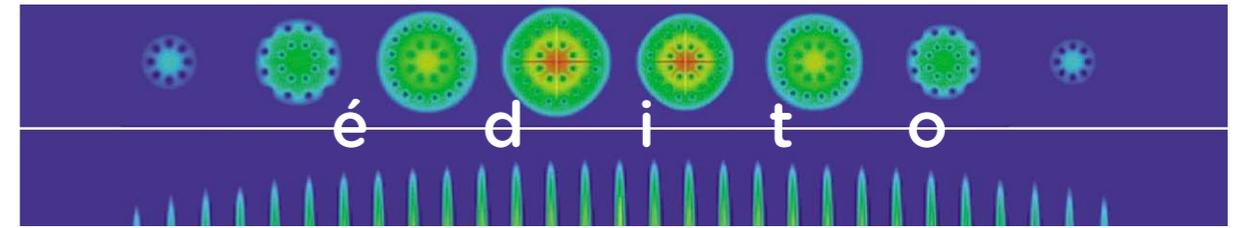


# s o m m a i r e

- 4 • CALCUL INTENSIF #1 : L'ANNÉE DU BILAN POUR EQUI@MESO
- 10 • CALCUL INTENSIF #2 : CALCUL INTENSIF POUR L'IA
- 12 • CALCUL INTENSIF #3 : COMMUNAUTÉ NORMANDE DU HPC
- 14 • CALCUL INTENSIF #4 : CALCUL ENTREPRISES ET SIMSEO
- 16 • RÉSEAU RÉGIONAL SYVIK



Ci-dessus : optimisation de nanopores coniques fonctionnalisés, ANR NanoOligo. F. Picaud - Laboratoire de Nanomédecine Imagerie Thérapeutique - Université de Bourgogne Franche-Comté. Page suivante : condensat de Bose-Einstein en rotation dans un réseau optique 1D, représentation des vortex quantiques en configuration stationnaire. P. Parnaudeau, Université Pierre-et-Marie-Curie et I. Danaïla, LMRS UMR 6085 - CNRS et Université de Rouen Normandie.



**D**epuis sa création en 1991, le Criann joue le rôle de méso-centre de calcul intensif et pilote le réseau régional pour l'éducation et la recherche, plaque régionale de Renater. Si le Criann a toujours été le centre de calcul pour les deux régions normandes, son périmètre d'action s'est officiellement étendu en 2016 avec leur fusion administrative. C'est ainsi que le réseau régional Syvik résulte de l'intégration de Syrhan et de Vikman et propose aujourd'hui un catalogue de service unique sur l'ensemble du territoire normand. Enfin, le Criann exploite depuis 2012 le centre de données régional (CDR).

**L'**hébergement informatique, les services réseau et les moyens de calcul lourds sont intimement liés : le réseau permet l'ubiquité d'accès aux services hébergés et le plateau de calcul intensif et de traitement des données représente une part importante de la consommation énergétique des moyens informatiques installés dans le centre de données. Dans un contexte de rationalisation et d'optimisation des infrastructures, des services et des moyens, ces trois piliers sont essentiels. Qui plus est, la mobilité et l'évolution des services informatiques vers des solutions en nuage accentuent la nécessité de les consolider. Enfin, les actions de l'État, engagées ou à venir (labellisation de centres de données régionaux, labellisation des méso-centres et qualification des réseaux d'accès à Renater), vont garantir un niveau de service minimal identique partout en France et permettre à terme des secours interrégionaux, y compris pour ce qui concerne les services de calcul.

**S**i la Normandie souhaite garder sa visibilité, il lui faut donc consolider ces trois piliers et assurer une bonne articulation avec les services proposés par les établissements normands :

- 1 - L'évolution de Syvik vers une infrastructure optique maîtrisée doit être poursuivie. Unicité du catalogue de service ne veut pas dire aujourd'hui équité, du fait d'une certaine hétérogénéité territoriale.
- 2 - L'évolution des moyens de calcul doit être envisagée en tenant compte de l'évolution rapide des technologies (processeurs, accélérateurs, réseaux d'interconnexion, mémoires et stockage, etc.) et de l'augmentation des besoins en simulation numérique et traitement de données, en lien avec les établissements.
- 3 - Les capacités d'hébergement doivent être augmentées progressivement, en fonction des besoins, et permettre un hébergement sécurisé et écoresponsable qui offrira un niveau de service de haut niveau tout en garantissant des coûts de fonctionnement maîtrisés.

**E**nfin, alors que deux chaires de recherche et d'enseignement en intelligence artificielle ont été acceptées (DeepVision et Raimo) et que le Datalab Normandie entre dans sa phase opérationnelle, il serait souhaitable que l'année 2020 marque l'importance des sciences du numériques, notamment par la concrétisation de la MNSN.

**DANIEL PUECHBERTY**  
PRÉSIDENT DU DIRECTOIRE DU CRIANN

Le rapport d'activités du Criann est présenté sous une forme synthétique afin de mettre en valeur les indicateurs retenus par thématique et pour évoquer les événements marquants de l'année écoulée. Ce document est également disponible sous forme électronique sur son site Web. Il est complété par un recueil des publications scientifiques des travaux exécutés sur les calculateurs du Criann.

# calcul intensif #1 L'ANNÉE DU BILAN POUR EQUIP@MESO

LE CRIANN FAIT PARTIE DES 10 CENTRES DE CALCUL RÉGIONAUX SÉLECTIONNÉS PAR GENCI EN 2010 POUR CONSTITUER EQUIP@MESO, QUI FUT LAURÉAT DE LA PREMIÈRE VAGUE EQUIPEX DES INVESTISSEMENTS D'AVENIR. 2019 A PERMIS DE DRESSER UN BILAN TRÈS POSITIF DU PROJET ET DE PRÉPARER SA SUITE.

**D**oté d'un budget de 10,5 M€ sur 10 ans, Equip@meso avait trois objectifs : renforcer l'équipement en moyens de calcul intensif des centres régionaux<sup>1</sup>, offrir un service d'excellence et de proximité aux chercheurs (formation, calcul) complémentaire des moyens nationaux et proposer localement une animation scientifique, ainsi que relayer en région l'initiative SiMSEO à destination des PME/ETI. Sur tous ces aspects, les objectifs ont été pleinement remplis, grâce au dynamisme des mésocentres et au pilotage efficace du projet par Genci. Afin de mesurer l'impact de l'Equipex sur la production scientifique, une analyse bibliométrique<sup>2</sup> a été menée en 2019 au niveau national. Le corpus des publications parues dans des

revues internationales sur la période et mentionnant l'un des 10 centres bénéficiaires d'Equip@meso s'élève à près de 3 000 articles, et le quart d'entre eux sont parmi les articles les plus cités (Top 10%) de leur discipline et de l'année. Une analyse plus fine des données montre un bon positionnement des utilisateurs du Criann, dans la moyenne des 10 mésocentres (voir le graphe ci-dessous).

## BILAN ANNUEL DE PRODUCTION DU CRIANN

La production d'heures de l'année 2019 sur le calculateur Myria s'élève à 57,5 millions d'heures cœur comptabilisées par le système sur la totalité de la machine.

Avec 356 jours de production, la disponibilité de la machine reste très élevée. Deux opérations de maintenance programmée ont eu lieu en 2019. La mise à jour majeure effectuée en août (évolution du système d'exploitation) s'est parfaitement déroulée et la machine a été rendue aux utilisateurs plus tôt

<sup>1</sup> Au Criann, le budget d'investissement d'Equip@meso avait permis de doubler la capacité du calculateur Antares en 2012. Sur l'ensemble des partenaires et en intégrant les différentes jouvences de machines effectuées, la puissance cumulée a été décuplée en 10 ans et s'élève en 2019 à plus de 10 pétaflops crête.

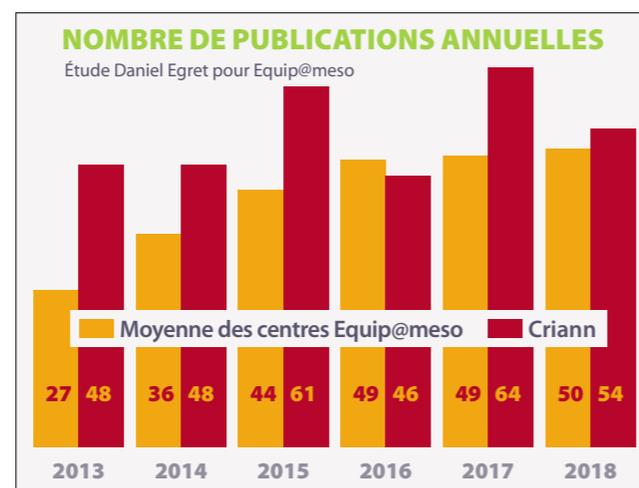
<sup>2</sup> Il est demandé, lors de l'attribution des heures de calcul, de citer explicitement le mésocentre lorsque les travaux s'appuient en tout ou partie sur l'utilisation des ressources régionales.

**COMPTES UTILISATEURS** académiques & industriels **268**

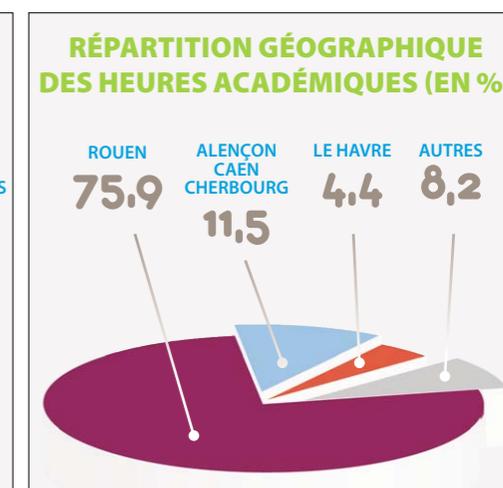
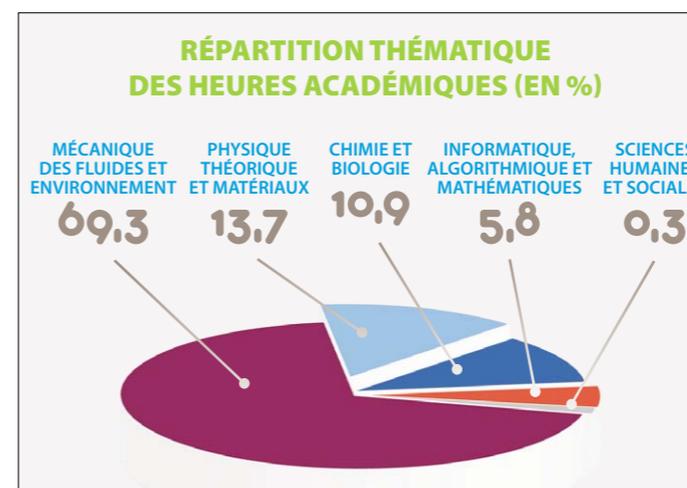
**NOMBRE D'HEURES DE CALCUL CONSOMMÉES SUR L'ANNÉE** **57,5 Mh**

**NOMBRE DE PROJETS SCIENTIFIQUES** académiques & industriels **98**

**HEURES DE CALCUL ACADÉMIQUES** % du total d'heures **80%**



Le supercalculateur Myria dans le Centre de données régional.

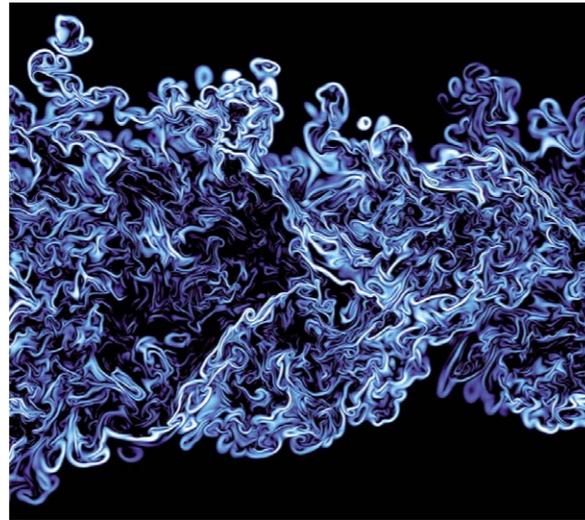


••• que prévu. Par ailleurs, la production a été arrêtée sur moins de 24 heures lors du pic de canicule de fin juillet. Cet arrêt, réalisé à titre préventif alors que le système de climatisation arrivait en limite de capacité, a permis de préserver l'électronique et les systèmes hébergés dans le Centre de données régional. La charge du calculateur reste élevée sur la partie massivement parallèle (supérieure à 80% hormis en août). Elle est en revanche globalement moins élevée et moins régulière sur les serveurs spécialisés, qui sont plus difficilement mutualisables. En 2019, les ressources de Myria ont été utilisées par des chercheurs issus de 34 laboratoires publics, dont la plupart associent le CNRS. Parmi les nouvelles communautés utilisatrices, la thématique biologie et santé compte maintenant une équipe du GRAM (Groupe de recherche sur l'adaptation microbienne) de l'Université de Caen. Dans le domaine des sciences humaines et sociales (SHS), on note l'arrivée de chercheurs du CREM – Centre de recherche en économie et management – également basé à Caen.

#### NOUVELLE TRANCHE V100

Grâce à un financement régional RIN plateforme 2019, le calculateur Myria a été doté fin 2019 d'une extension constituée de cinq serveurs, comprenant chacun quatre accélérateurs GPU de dernière génération (Nvidia V100) et interconnectés par un réseau rapide dédié (NVLink à 300 Go/s). Cette extension permet aux chercheurs en intelligence artificielle et deep learning (IA/DL) d'accéder aux dernières technologies d'accélérateurs GPU. Ces matériels sont aussi utiles à d'autres communautés, en particulier la chimie, comme l'avaient montré les tests réalisés en amont sur une architecture similaire (au centre de calcul Calmip à Toulouse).

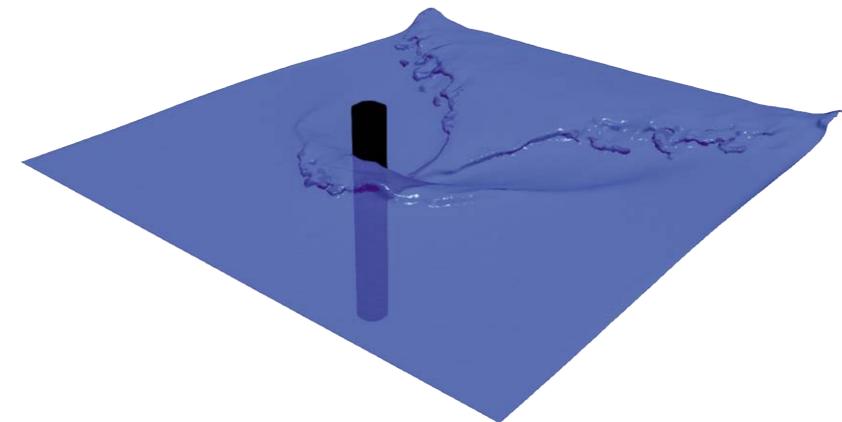
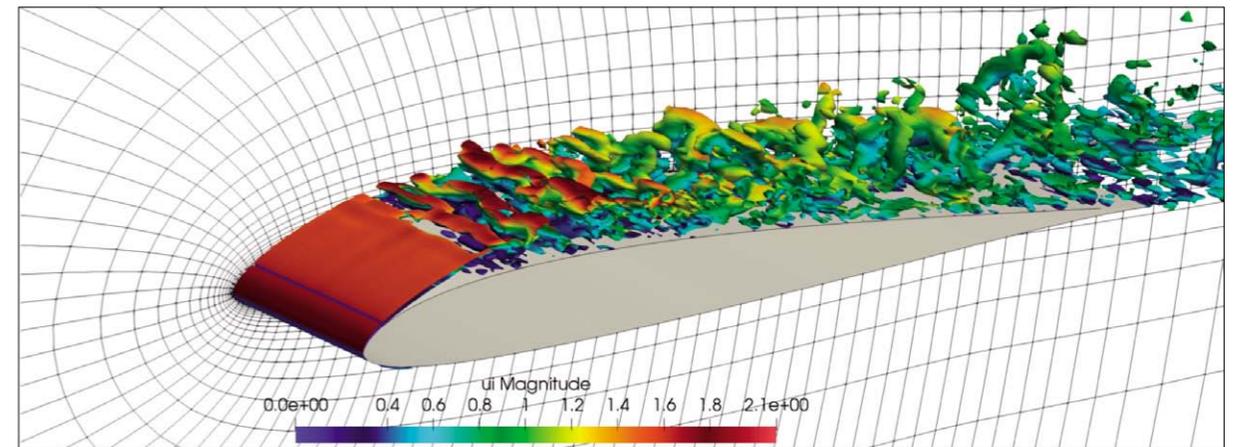
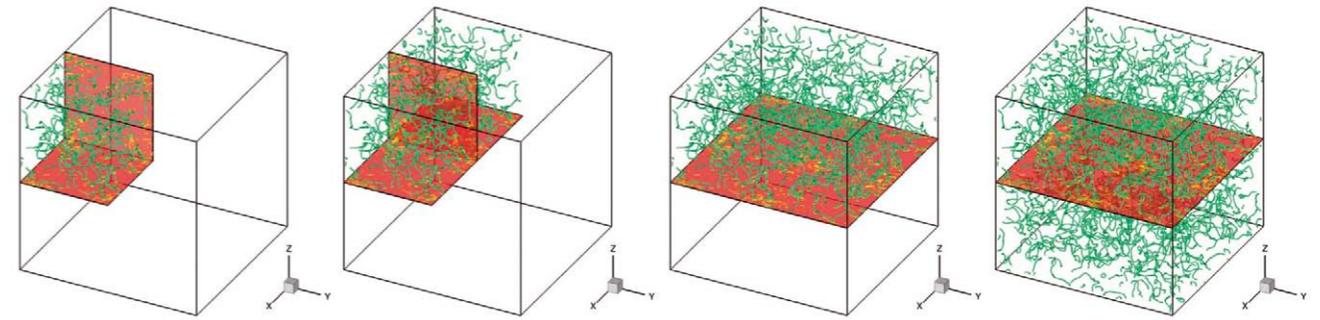
Après la livraison fin octobre, la mise au point des différentes couches logicielles s'est avérée particulièrement délicate pour obtenir la pleine performance sur des travaux multi-nœuds mettant en jeu l'intercommunication GPUDirect. Cette mise au point a mobilisé l'équipe du Criann avec de nombreux tests, qui ont finalement permis au constructeur Intel de diagnostiquer le problème et au Criann d'ouvrir une configuration stabilisée à l'ensemble des utilisateurs.



Structures dissipatives en turbulence homogène isotrope. Ces résultats d'expériences numériques (calculs DNS sur une grille de 280 milliards de points effectués sur Prace et Genci) sont post-traités sur le calculateur Myria. *M. Gauding, E. Varea et L. Danaila - CORIA UMR 6614 - CNRS, INSA et Université de Rouen Normandie.*

<b>766 TFlop/s crête</b> <b>Plus de 10 000 cœurs de calcul</b>	
<b>Nœuds de calcul</b>	<b>366 nœuds Broadwell</b> 28 cœurs@2.4 GHz - 128 GB RAM Sous-ensemble spécialisé GPU (48 GPU K80 & 17 GPU P100)
	<b>5 nœuds à 4 GPU V100 SXM2</b>
	<b>Nœud SMP Haswell</b> 256 cœurs@2.2 GHz <b>4 To RAM DDR4</b>
<b>10 nœuds Xeon Phi KNL</b>	
<b>Interconnect 100 Gbit/s (Intel OPA)</b>	
<b>Stockage rapide 2,5 Po (DDN)</b>	
<b>Accès 4x10Gbit/s &amp; 1x40Gbit/s</b> 5 frontales & 2 nœuds visualisation	
<b>Cent OS - Slurm - GPFS</b>	

Caractéristiques du supercalculateur Myria fin 2019.



Simulations de turbulence quantique basées sur la résolution de l'équation de Gross-Pitaevskii par méthode pseudo-spectrale. Visualisation de vortex superfluides (discrétisation  $256^3$ ). *M. Kobayashi, P. Parnaudeau, F. Luddens, C. Lothodé, L. Danaila, M. Brachet, I. Danaila - LMRS UMR 6085 - CNRS et Université de Rouen Normandie.* Simulation avec une méthode d'ordre élevé et une modélisation avancée de la turbulence de l'écoulement autour du profil d'aile RAE 2822 : structures turbulentes (critère  $Q=200$ ) colorées par la vitesse instantanée. *N. Tonicello, G. Lodato et L. Vervisch - CORIA UMR 6614 - CNRS, INSA et Université de Rouen Normandie.* Écoulement et entraînement d'air autour d'un cylindre vertical partiellement immergé, *V. Ageorges (thèse de doctorat de Normandie Université 2019), G. Perret et J. Peixinho - LOMC UMR 6294 - CNRS et Université Le Havre Normandie.*

# LES MÉSO-CENTRES CONFORTÉS DANS LEURS MISSIONS

À une échelle intermédiaire entre les moyens des laboratoires et ceux des supercalculateurs nationaux ou européens, les méso-centres constituent aussi des moyens de production significatifs pour la recherche. Ils accompagnent la prise en main du calcul intensif, en particulier pour les doctorants et pour les nouvelles communautés scientifiques en phase d'appropriation du HPC, comme les sciences humaines et sociales ou la biologie/santé, ou encore pour le tissu d'entreprises régionales, PME et ETI de services ou industrielles. Par leur positionnement proche des chercheurs, les méso-centres se montrent aussi précurseurs dans la mise à disposition de nouvelles technologies (ce fut le cas avec les GPU pour le calcul et pour l'intelligence artificielle). Il reste à pérenniser et à formaliser le réseau que constitue Genci et les partenaires d'Equip@meso. L'appel à manifestation d'intérêt « Équipements structurants pour la recherche », dont un des objectifs est de consolider un socle de services ouverts aux chercheurs français et articulés autour de certains méso-centres, constitue le cadre pour un projet de coordination nationale auquel le Criann pourra s'associer.

RA  
2018

## laboratoires

### UTILISATEURS DU SERVICE DE CALCUL INTENSIF DU CRIANN

LABORATOIRES	HEURES CONSOMMÉES	NOMBRE DE COMPTES	NOMBRE DE PROJETS SCIENTIFIQUES
LUSAC - Cherbourg	868 948	7	1
CIMAP - Alençon - UMR 6252	2 569 192	6	3
CIMAP - Caen - UMR 6252	479 421	5	3
BOREA - Caen - UMR 7208	19 317	1	1
CERMN - Caen	328 559	6	2
CREM - Caen - UMR 6211	8 347	1	1
CRISMAT - Caen - UMR 6508	333 467	6	1
GIP CYCERON - Caen	1 583	2	1
GRAM 2.0 - Caen	4 145	3	1
GREYC - Caen - UMR 6072	29 130	1	1
LMNO - Caen - UMR 6139	94 683	8	2
M2C - Caen - UMR 6143	500 593	4	2
LOMC - Le Havre - UMR 6294	2 032 782	8	3
COBRA - Rouen - UMR 6014	2 287 106	13	9
CORIA - Rouen - UMR 6614	27 543 761	54	13
GPM - Rouen - UMR 6634	1 840 598	17	4
IDEES - Rouen - UMR 6266	128 661	14	2
IRSEEM - Rouen - Esigelec	10 107	6	3
LITIS - Rouen	344 402	19	5
LMI - Rouen - FR 3335	509 025	1	1
LMRS - Rouen - UMR 6085	1 735 851	6	2
M2C - Rouen - UMR 6143	254 752	3	2
GSMa - Reims - UMR 7331	136 499	3	1
ICMN - Orléans - UMR 7374	664 372	2	2
ICMR - Reims - UMR 7312	418 528	3	1
Institut Le Bel - Strasbourg	17 490	1	1
Institut Pprime - Poitiers - UPR 3346	360 500	2	1
LASIR - Lille - UMR 8516	246 249	1	1
LCPQ - Toulouse - UMR 5626	3 753	1	1
LCT - Paris - UMR 7616	1 354 713	4	1
LIMSI - Orsay - UPR 3251	93 083	3	1
Biogéosciences CRC - Dijon - UMR 6282	277	1	1
NIT - Besançon	355 363	1	1
PC2A - Lille - UMR 8522	116 012	2	1

## logiciels

### EXPLOITÉS PAR LE CRIANN POUR LE COMPTE DE SES UTILISATEURS

THÉMATIQUE SCIENTIFIQUE	NOM DU LOGICIEL	NOMBRE DE VERSIONS INSTALLÉES	LOGICIEL LIBRE	LICENCE UTILISATEUR	USAGE RESTREINT	THÉMATIQUE SCIENTIFIQUE	NOM DU LOGICIEL	NOMBRE DE VERSIONS INSTALLÉES	LOGICIEL LIBRE	LICENCE UTILISATEUR	USAGE RESTREINT	
CHIMIE QUANTIQUE, DYNAMIQUE MOLÉCULAIRE	JAGUAR (*)	2				MATHÉMATIQUES, STATISTIQUES	MATLAB	1				
	GAUSSIAN (*)	1					FREEFEM ++	3				
	AMBER	2					OCTAVE	2				
	CHARMM	2					SCILAB	2				
	MMTSB	1					R	4				
	GAMESS	2				Caffe	4					
	GROMACS	6				PyTorch	2					
	NAMD	8				Theano	2					
	MOLCAS	1				TensorFlow	4					
	MOLPRO	2				Keras	2					
	SIESTA	1				Horovod	2					
	VASP	6				Scikit-learn	2					
	DL_POLY	1				OpenCV	3					
	POLYRATE	2				MAILLAGES	SALOME	2				
	DESMOND	1					NEPER	1				
	CFOUR	1					GMSH	2				
	PSI4	1				TRIANGLE	1					
	DALTON	1				VISUALISATION	Paraview	6				
	TERACHEM	1					Visit	2				
	ADF	3				Blender	2					
MÉCANIQUE DES FLUIDES	Ansys FLUENT / CFX	4				MODÉLISATION MOLÉCULAIRE	MAESTRO (*)					
	STAR CCM+	3					MASCOT (*)					
	TELEMAC-MASCARET	1					MATERIAL STUDIO (*)					
	OPENFOAM	19					DISCOVERY STUDIO (*)					
	ISIS-CFD	2										
	FDS	1										
MODÉLISATION ATMOSPHÉRIQUE, CLIMATOLOGIE	MARS3D-OASIS	1										
	CODE_SATURNE	1										
MÉCANIQUE	WRF - WPS	2										
	SIRANE	2										
	CHIMERE	2										
	ASTER	3										
	CAST3M	2										
HYPERWORKS	1											
LS-DYNA	1											
LMGC90	1											
SALOME-MECA	1											

(\*) LOGICIELS GÉRÉS PAR LE CRIANN POUR LE RÉSEAU NORMAND DE MODÉLISATION MOLÉCULAIRE

RA  
2019

# calcul intensif #2

## ATELIER LOGICIEL POUR L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

**MYRIA OFFRE AUX CHERCHEURS NORMANDS DES RESSOURCES GPU À HAUT NIVEAU DE PERFORMANCE ET L'ACCÈS À UNE PILE LOGICIELLE INSTALLÉE PAR LE CRIANN.**

**L**e calcul intensif (supercalculateurs) et le « big data » façonnent aujourd'hui des pans entiers de l'économie mondiale et sont au cœur de tous les enjeux scientifiques et sociétaux majeurs. L'intelligence artificielle (IA) et le traitement de données massives, y compris computationnelles, ont démontré à l'échelle mondiale leur efficacité dans le domaine scientifique et dans l'organisation des échanges à tous les niveaux des sociétés modernes. La maîtrise de ces technologies et de leur convergence est devenue un élément déterminant pour l'avenir de quasiment tous les secteurs d'activité en France et plus généralement en Europe. Les techniques de l'intelligence artificielle sont mises en œuvre dans les secteurs de l'industrie et des services

- comme en témoignent des thèses Cifre - pour des applications sur des enjeux liés à la sécurité (industrielle, routière, etc.) ou à la santé grâce notamment au traitement d'images. Plus largement, le champ est ouvert à l'optimisation de processus de toute nature, sur des sources de données variées (signaux, textes, etc.).

L'intelligence artificielle est aussi de plus en plus directement intégrée à la simulation numérique, pour aider à l'optimisation de modélisations multi-physiques, associées à la mise en œuvre d'algorithmes de résolution de très haute performance.

Au niveau régional, ces évolutions se traduisent par une augmentation significative de l'utilisation de l'atelier logiciel installé sur Myria, comme en témoignent les indicateurs sur la page suivante.

### RÉPONSE AU BESOIN D'INTERACTIVITÉ

La principale demande des chercheurs du Litis et du Greyc après leur arrivée sur le calculateur était de pouvoir y travailler en mode interactif pour mettre au point leurs modèles sur des données de grande taille. C'est maintenant possible, avec l'installation des outils TensorBoard, Jupyter Notebook et de son successeur Jupyter Lab. Pour un usage rationnel des ressources, les utilisateurs sont cependant invités à utiliser leur poste de travail local pour les travaux de petite taille, et à privilégier le mode de traitement par lots (batch) du supercalculateur pour les travaux de production. Ce dernier a d'ailleurs été reconfiguré pour permettre un meilleur équilibrage de la machine et une réduction des temps de restitution pour les utilisateurs de l'atelier IA/DL.

### VEILLE TECHNOLOGIQUE

Les outils de deep learning évoluent très vite, mais ne sont généralement pas adaptés nativement au HPC – en particulier aux travaux multi-nœuds ou multi-GPU. L'équipe du Criann effectue donc une veille technologique régulière sur cette articulation ; en 2019, cela a permis de mettre l'outil Horovod en production sur Myria, devançant ainsi la demande des chercheurs.

La communauté de l'IA a maintenant accès, au travers de Genci, à la nouvelle machine « Jean Zay » de l'Ildris mise en service en fin d'été 2019. La synergie entre centres nationaux et centres régionaux est essentielle pour faciliter le passage vers les moyens de plus grande taille. Le Criann a ainsi participé au groupe de travail Tier 1 – Tier 2 du projet Equip@meso, et s'est impliqué dans l'évaluation d'environnements interactifs pour l'IA, en vue de leur potentiel déploiement sur la machine nationale.

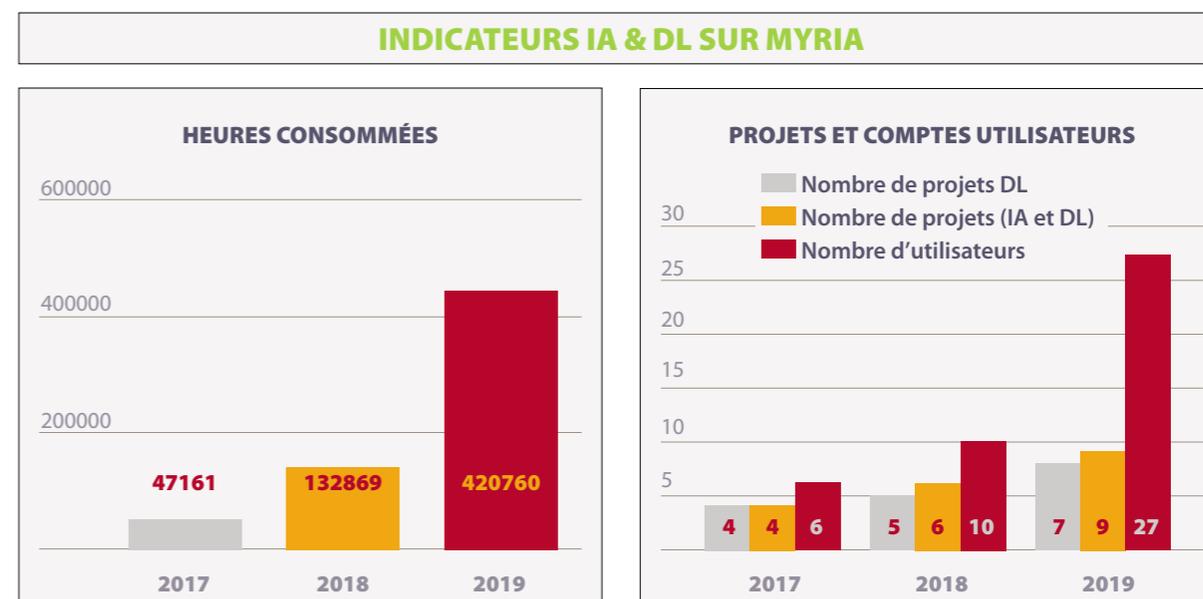
L'arrivée de l'IA (du deep learning) au Criann remonte à l'installation de Myria en 2017. La croissance de cette activité laisse augurer que lors du prochain renouvellement de ressources, un benchmark « IA » devra être ajouté au jeu de codes de test. Ce point fait également l'objet d'un travail spécifique, en lien avec un chercheur du Litis.

Plus généralement, c'est également dans ce contexte de convergence grandissante entre les usages du calcul intensif, du big data et de l'intelligence artificielle que le plateau de calcul intensif du Criann se prépare à évoluer à l'horizon 2021. Les ressources matérielles et logicielles devront ainsi pouvoir être utilisées de manière optimale selon des modalités quelque peu différentes (traitement par lot, interactif) et bénéficier des ressources transversales au calculateur (réseau d'interconnexion, stockage, environnement logiciel).



OUTIL	PYTHON 3.6 (CUDA 9.0)	PYTHON 3.6 (CUDA 10.0)
<b>BIBLIOTHÈQUE NVIDIA</b>		
CuDNN	7.1	7.2
<b>ENVIRONNEMENTS DE DEEP LEARNING</b>		
CAFFE	1.0.0	Cf. pyTorch 1.2.0
pyTorch	1.0.1	1.2.0
Keras	2.2.4	2.2.5
TensorFlow	1.8.0	1.14
<b>ENVIRONNEMENTS DE MACHINE LEARNING</b>		
Scikit-learn	0.20	0.21
<b>BIBLIOTHÈQUE DE CALCUL PARALLÈLE MPI POUR LE DL</b>		
Horovod	0.16.1	0.18.0
<b>BIBLIOTHÈQUE POUR LE TRAITEMENT D'IMAGES</b>		
opencv	3.4.0	4.1.0

Logithèque de Myria pour l'IA (fin 2019).



# calcul intensif #3 COMMUNAUTÉ NORMANDE DU HPC

**PAR SES ACTIONS DE SUPPORT AVANCÉ, DE FORMATIONS ET DE SÉMINAIRES SPÉCIALISÉS, LE CRIANN RÉPOND AUX DEMANDES DES CHERCHEURS ET CONTRIBUE À FÉDÉRER UNE COMMUNAUTÉ NORMANDE DU HPC. CES ACTIVITÉS SONT POUR PARTIE SOUTENUES DANS LE CADRE DU PROJET DE MAISON NORMANDE DES SCIENCES DU NUMÉRIQUE.**

## JOURNÉE SCIENTIFIQUE

La journée scientifique des utilisateurs du Criann s'est tenue le 4 juin, dans les locaux du Coria à Rouen. Cette année, le fil conducteur était le couplage d'applications : entre deep learning et simulation des écoulements turbulents (Coria), entre vagues et courant pour l'estimation du productible hydrolien (M2C), entre fluide et déformation d'un hydrofoil en mouvement de tangage (Lusac). Des travaux d'optimisation ont également été présentés par les équipes LMI-Criann (application de traitement d'images) et Coria (code Yales2). Enfin, l'intervention du Centre d'excellence en programmation parallèle (CEPP) d'Atos portait sur le futur processeur européen (European Processor Initiative, EPI). Le programme et les contenus sont disponibles sur le site <https://hpc-2019-prmn.sciencesconf.org>

Cette journée était associée à l'un des trois comités techniques HPC de l'année 2019. Ces comités, d'une durée d'une à deux heures, sont le lieu privilégié d'échanges avec les utilisateurs, sur tous les aspects liés à l'exploitation du calculateur.

## HACKATHON DU HPC

L'événement « hackathon » proposé par le Criann permet aux équipes participantes de s'isoler quelques jours pour travailler intensément sur le portage ou sur l'optimisation de leur code avec l'appui du Criann. Le format ayant été apprécié l'année précédente, le Criann l'a reconduit en 2019, sans notion de concours puisqu'il n'y avait pas d'édition nationale

Deux équipes participantes (LMRS et LOMC) au hackathon et (page suivante) le poster restituant leur travail.

cette année. Quatre équipes ont ainsi participé au hackathon 2019 : celle du LOMC dans ses locaux de l'Université du Havre, celle du LMRS et les deux équipes du Coria dans les locaux du Criann. La restitution des travaux a fait l'objet de posters (cf. page suivante et page 22).

## FORMATION

Les ingénieurs du Criann ont dispensé plusieurs sessions de formations sur l'utilisation du calculateur ainsi que sur la programmation parallèle (tableau page suivante). Ce programme a été complété par deux sessions dispensées par le CEPP d'Atos, sur la programmation des GPU et sur la vectorisation.



# LA MAISON NORMANDE DES SCIENCES DU NUMÉRIQUE (MNSN)

L'action de préfiguration du projet MNSN avait permis au Criann d'ouvrir ses moyens de calcul intensif aux besoins de la communauté de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage profond. En 2019, la MNSN a reçu le soutien de l'association du campus Sciences et Ingénierie Rouen Normandie : conforter un ensemble de compétences reconnues dans les domaines de l'IA et du calcul numérique intensif constitue un axe prioritaire pour les établissements du Madrillet.

**Code DOROTHY**

Le Laboratoire Ondes et Milieux Complexes (LOMC) développe le code DOROTHY en collaboration avec IFREMER. DOROTHY permet la simulation numérique d'une ou plusieurs turbines hydrolennes et de leurs interactions avec l'écoulement environnant, en tenant compte de l'intensité de turbulence ambiante.

Le code, fondé sur une méthode Vortex, est écrit en Fortran 90 et parallélisé avec la librairie MPI. La décomposition de domaine pour partager les particules entre les processeurs peut être effectuée via plusieurs techniques, la plus efficace étant la méthode K-means. Les calculs particule-particule sont ensuite accélérés par un algorithme de type Tree-code.

L'objectif du Hackathon est d'optimiser le code afin de permettre son passage à l'échelle. Les travaux visent l'optimisation des performances des principaux noyaux de calcul et la réduction des goulets d'étranglement. Un profilage régulier des versions produites est effectué sur plusieurs configurations typiquement simulées par le code DOROTHY.

**Résultat : un temps de calcul réduit et de nouvelles perspectives d'optimisation**

Optimisation des noyaux de calcul	Réduction des goulets d'étranglement	Pistes d'amélioration
La fusion et la réécriture des boucles de calcul, en adéquation avec les structures de données utilisées, a permis la vectorisation automatique par le compilateur Intel.	L'implémentation de l'algorithme de tri a été revue pour minimiser les rotations et mémoire des structures de données bouclées. Mais, le problème venait d'un déséquilibre de charge sur le traitement fluide-paroi.	Le profilage Scalasca a mis en évidence que les interactions fluide-paroi représentaient 30% du temps de calcul, et que l'équilibrage des charges, conçu pour la configuration fluide seul, est inadéquat au cas fluide-paroi. Un prototype avec un nouveau partitionnement basé sur un gain significatif est proposé (optimisation fluide-paroi).

## JCAD 2019 - JOURNÉES CALCUL ET DONNÉES

Le Criann participe aux rencontres scientifiques et techniques du calcul et des données. Organisées au niveau national par différentes entités (GIS France Grilles et Grid'5000, GDR CNRS Groupe Calcul et Réseaux et Systèmes distribués, Genci et les partenaires d'Equip@meso), ces journées sont dédiées à la fois aux utilisateurs et aux experts techniques des infrastructures et des services associés, avec des présentations de travaux scientifiques d'utilisateurs, des présentations de travaux des administrateurs sur des évolutions techniques, et des présentations de travaux de recherche en informatique associée à ces infrastructures distribuées.

Au cours de l'édition 2019, du 9 au 11 octobre à l'Université fédérale de Toulouse, une session dédiée aux SHS était organisée. Les géographes de l'UMR Idées sont intervenus au cours de la table ronde sur les besoins de cette communauté après avoir présenté leurs travaux de recherche et leur collaboration avec le Criann. Des calculs de chimie quantique, distribués entre les deux centres Calmip et Criann, ont aussi fait l'objet d'une présentation.

FORMATIONS CALCUL DISPENSÉES PAR LE CRIANN	DURÉE	NOMBRE DE SESSIONS	NOMBRE DE STAGIAIRES FORMÉS
Utilisation du calculateur Myria	1/2 journée	5	25
Deep learning sur Myria	1/2 journée	1	7
Initiation à Python	1/2 journée	1	9
Calcul parallèle Open MP et MPI	4 demi-journées	1	17
Programmation parallèle MPI	1,5 jours	2	9
Linux	1, 2 ou 3 jours	1	7

FORMATIONS CALCUL ORGANISÉES PAR LE CRIANN	DURÉE	NOMBRE DE SESSIONS	NOMBRE DE STAGIAIRES FORMÉS
Initiation au deep learning (Litis INSA Rouen)	1 jour	1	14
Programmation GPU (CEPP Atos)	3 jours	1	6
Vectorisation (CEPP Atos)	1 jour	1	7
Salome_meca et Aster_study (Cevaa)	2 jours	1	1

# calcul intensif #4

## CALCUL ENTREPRISES ET SIMSEO

LE SOUTIEN À L'INNOVATION EST INSCRIT DANS LES MISSIONS DU CRIANN DEPUIS SA CRÉATION EN 1992 : SES MOYENS DE CALCUL INTENSIF, SES FORMATIONS SPÉCIALISÉES ET SON EXPERTISE SONT ACCESSIBLES AUX ENTREPRISES. LE CRIANN PARTICIPE AUSSI À DIFFÉRENTES ACTIONS, NATIONALES ET RÉGIONALES, VISANT À DIFFUSER PLUS LARGEMENT LES BÉNÉFICES DU HPC DANS LES ENTREPRISES.

### SIMSEO AU CŒUR DES PROGRAMMES

Lancé dans le cadre des Programmes d'investissement d'avenir (PIA 2) et piloté par Genci et Teratec, le projet SiMSEO 2015-2020 a pour objectif d'accompagner les PME et les ETI françaises vers l'utilisation de la simulation numérique, à travers quatre actions principales : sensibilisation, formation, offres de services sectorielles et accompagnement de proximité des PME. Le Criann est l'un des six centres régionaux participant au programme « Accompagnement de proximité des PME » piloté par Genci. L'objectif est d'accompagner les entreprises par une offre sur mesure incluant du conseil, de la formation, de l'expertise et de l'accès à des moyens de calcul.

Depuis le début du programme, plus de 1 800 PME ont été sensibilisées à l'échelle nationale, une centaine de projets d'accompagnement ont été discutés dont une cinquantaine ont été effectivement lancés. Le Criann participe à cette dynamique avec des projets normands ainsi que des projets issus d'autres régions, redirigés par Genci.

Dans le courant de l'année 2019, SiMSEO a été intégré à la réponse française de l'appel à projet d'Euro-HPC sur les « HPC Competence Centers ». Dans ce contexte, il a été

demandé que le programme soit prolongé d'une année pour s'achever fin septembre 2021.

Par ailleurs, le Criann a participé aux premières réunions pour l'élaboration du projet de Digital Innovation Hub (ou DIH) piloté par les pôles TES et Mov'eo, en vue d'une réponse normande à un appel à projets européen fin 2020. En effet, le HPC fait partie des technologies clés (avec l'intelligence artificielle et la cybersécurité) promues par le programme européen Digital Europe, les DIH ayant un rôle de diffusion des technologies dans l'économie et dans la société.

### DATALAB NORMANDIE

Le Criann participe à la dynamique régionale autour du Datalab Normandie, projet qui rassemble entreprises, collectivités et laboratoires de recherche. « Véritable laboratoire de la donnée, le Datalab Normandie rassemble un écosystème d'acteurs qui souhaitent expérimenter ou utiliser de la donnée à travers une plateforme d'échange et de partage. » (<https://www.datalab-normandie.fr>)

Le Criann a contribué aux différents groupes de travail sur l'accord de consortium, la définition de la plateforme d'expérimentation et l'élaboration d'éléments de communication. Il est prévu que le projet rentre dans sa phase opérationnelle en 2020.

### PRODUCTION 2019 DES ENTREPRISES UTILISATRICES

En 2019, la demande des entreprises en moyens de calcul intensif a été particulièrement importante, surtout en fin d'année. Cette demande forte et imprévue vient d'un surcroît d'activité de R&D de l'un des industriels utilisateurs du Criann.

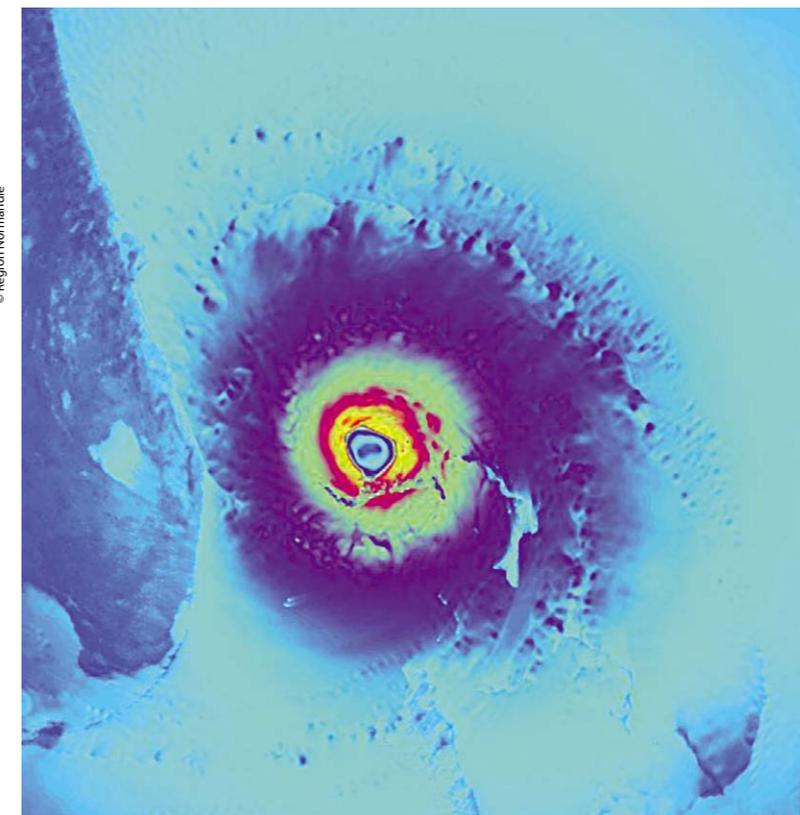
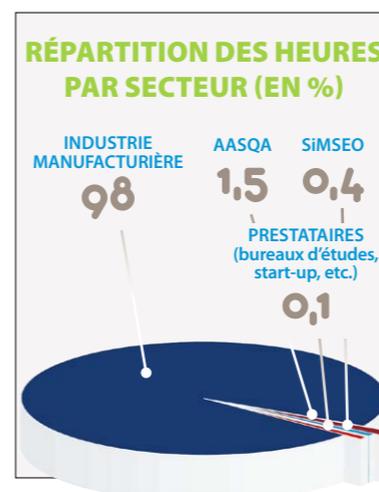
MILLIONS D'HEURES DE CALCUL **11,7 Mh**

ENTREPRISES UTILISATRICES **15**

COMPTES UTILISATEURS **44**



Le Criann a participé à la première édition du Fêno à Caen, du 12 au 14 avril.



Simulation du cyclone Dorian qui a frappé les Antilles et les Bahamas en septembre 2019. B. Lhedever, RiskWeatherTech.

### PROJETS SIMSEO 2019

Cinq nouveaux projets SiMSEO ont démarré au Criann en 2019. Trois d'entre eux, non achevés, se poursuivent sur 2020. Chaque nouveau projet bénéficie d'un accompagnement individualisé, et les besoins sont variés : accès à une version parallèle de Code\_Aster, ressources pour la production de séquences vidéo à haute définition, accès aux outils d'IA installés sur le calculateur, aux diverses formations organisées ou au calculateur pour des simulations de grande taille.

### BÉNÉFICE DE SIMSEO POUR LES ENTREPRISES

Outre le financement des projets (une subvention à hauteur de 50% des heures de calcul) et de l'expertise (du méso-centre ou des laboratoires de recherche), les entreprises

aidées par SiMSEO bénéficient aussi d'une valorisation de leurs travaux en matière de communication.

En 2019, Metigate, première bénéficiaire du programme, a ainsi présenté ses travaux au salon de l'intelligence artificielle « AI Paris » le 12 juin, au cours d'une session avec Genci et le Criann.

De son côté, le Cevaa a bénéficié d'un article dans le magazine *Essais et Simulations* (voir document en page 23), ainsi que d'une intervention avec Genci lors des Rendez-vous Carnot, à Paris le 16 octobre.

## SYVIK : FIN DES TRAVAUX SUR LA BOUCLE OPTIQUE INTERURBAINE CAEN / LE HAVRE / ROUEN

### STRUCTURATION INTERURBAINE

Après plusieurs mois de retard sur les chantiers de construction des liaisons, la boucle optique qui dessert les trois principales agglomérations universitaires de Normandie est enfin opérationnelle. Chacune de ces trois agglomérations dispose maintenant de deux points de présence Syvik qui vont donc permettre aux établissements qui le souhaitent de mettre en œuvre deux adductions disjointes et de bénéficier ainsi d'une meilleure sécurisation de leur raccordement, que ce soit pour l'accès au service IP généraliste de Syvik et de Renater ou pour des projets spécifiques.

Jusqu'alors, les liaisons étaient louées aux opérateurs. Contractuellement, une bande passante garantie (entre 10 Mbit/s à 10 Gbit/s) était fournie entre les points de présence et mutualisée pour tous les usages. Les liaisons optiques construites pour Syvik à la demande de la Région Normandie sont maintenant livrées sous la forme de « fibres noires », c'est-à-dire d'une infrastructure inerte sur laquelle nous branchons des équipements de transmission pour activer des services de télécommunication. Nous disposons maintenant d'équipements de commutation optique sur chacun des points de présence Syvik, qui permet-

tent de construire des liaisons point-à-point de 10 Gbit/s, avec toutefois une limitation puisque la somme des débits de ces liaisons ne peut pas dépasser la capacité du support qui est actuellement de 100 Gbit/s (débit de la longueur d'onde déployée sur la boucle, qui pourra ultérieurement passer à plusieurs fois 100 Gbit/s par l'ajout de cartes de transmission).

La possibilité de construire « à la demande » des liaisons point-à-point va permettre d'isoler des trafics particuliers et de leur garantir la totalité de la bande passante d'une longueur d'onde de 10 Gbit/s. Ce sera par exemple le cas pour le service « cloud »

de Normandie Université ou pour des besoins propres à certains établissements qui souhaitent avoir leur propre réseau interurbain, sans passer par les équipements mutualisés Ethernet et/ou IP.

Enfin, la protection des longueurs d'onde est possible, c'est-à-dire qu'en parallèle à celle construite sur un chemin nominal, une longueur d'onde de secours peut être réservée sur un chemin alternatif, de telle sorte qu'elle soit activée automatiquement (et quasiment instantanément) en cas d'incident.

Cette boucle optique interurbaine a vocation à constituer l'épine dorsale de Syvik et à être complétée par des boucles secondaires vers d'autres agglomérations (Alençon, Saint-Lô, Évreux, etc.).

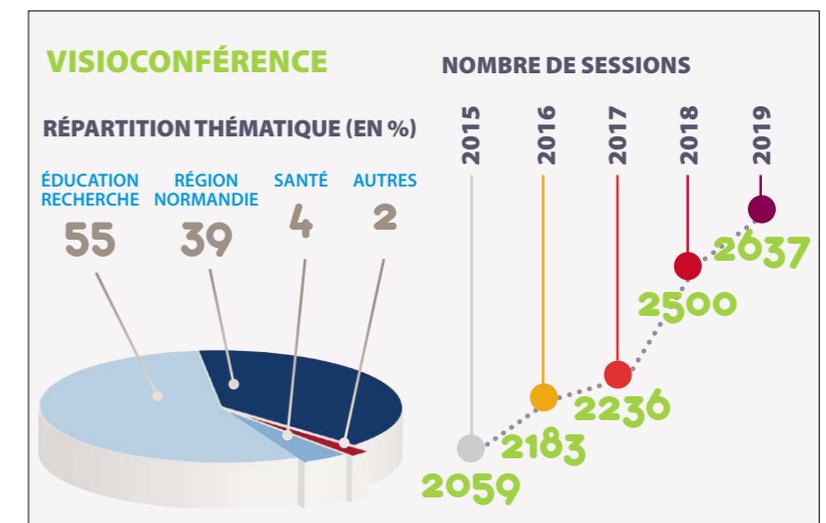
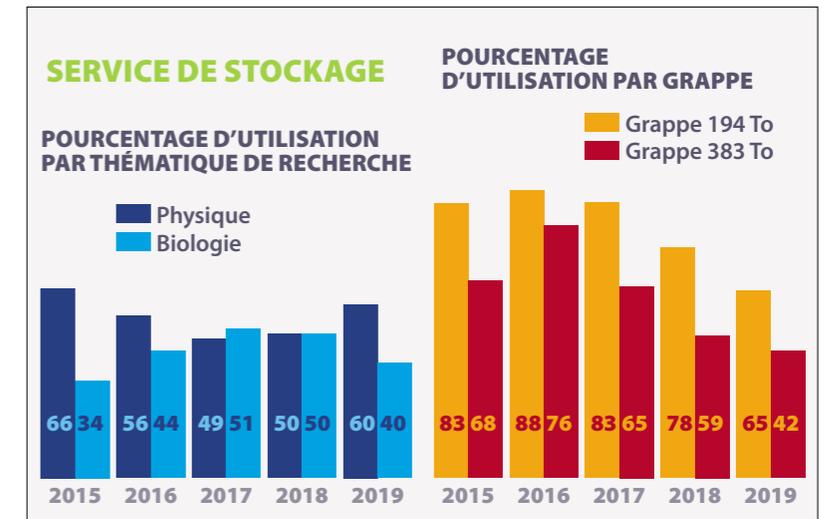
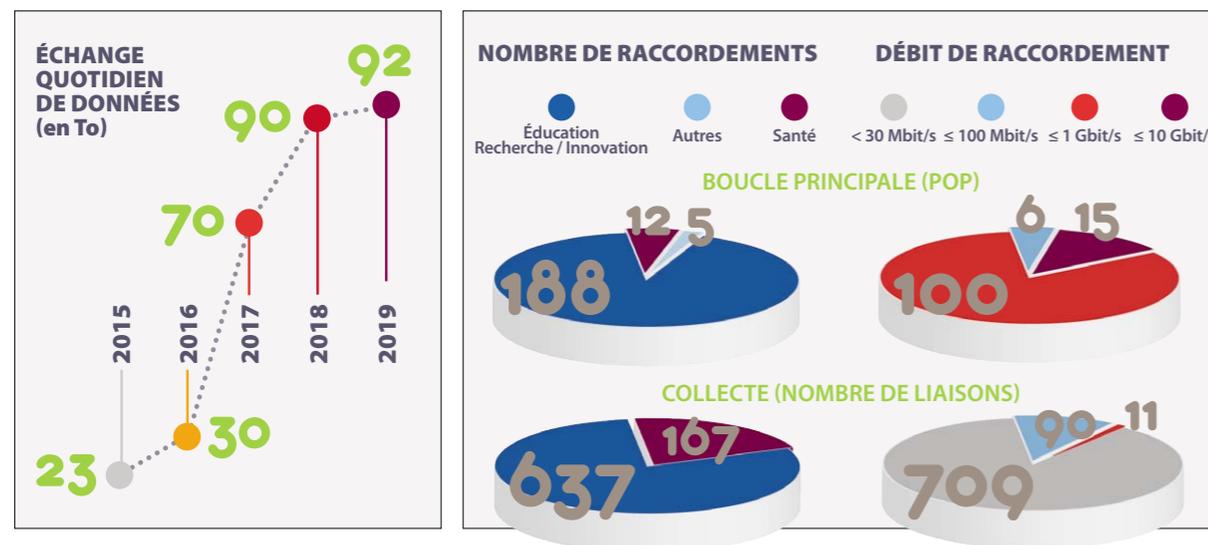
Les travaux se sont achevés en toute fin d'année 2019 avec plusieurs mois de retard sur le calendrier prévisionnel, pour des causes diverses. La plupart des problèmes qui ont été rencontrés sont liés au délai d'obtention des autorisations de passage sur la voie publique ainsi qu'à des difficultés de réalisation du génie civil, voire aux deux. À plusieurs reprises, les travaux ont ainsi été retardés sur de longs mois parce que les interactions avec les opérateurs (eau, gaz) étaient complexes, ou que la période envisagée pour les travaux devait être décalée, certaines communes interdisant les interventions en période estivale par exemple.

Dans certains cas, le génie civil souterrain n'a pu se faire dans les temps impartis et quelques tronçons ont dû être construits en aérien. La pérennité de ce mode de construction n'étant pas garantie, les opérateurs vont chercher au plus vite des solutions de contournement et des travaux correctifs seront réalisés dans les prochains mois.

### CONSULTATION POUR DES SERVICES ACTIVÉS SUR SYVIK

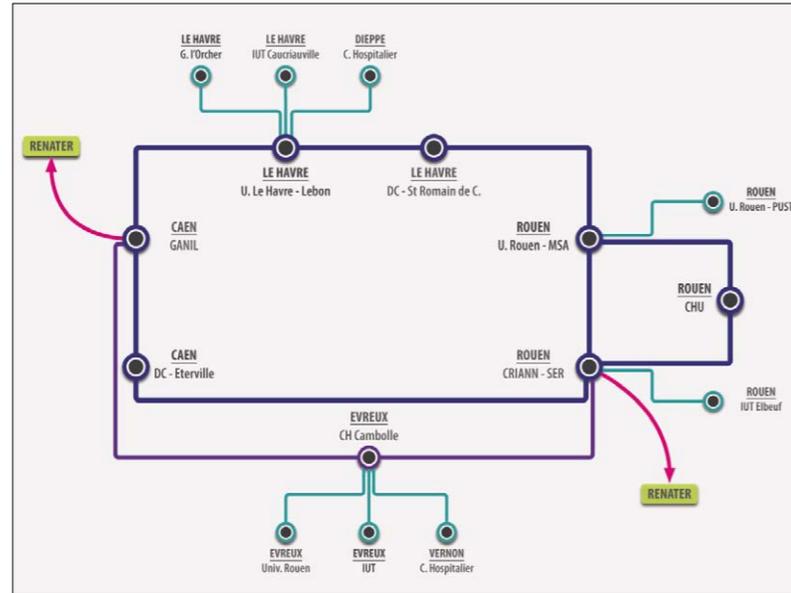
L'autre action d'envergure engagée en 2019 a été la constitution d'un groupement de commandes de 17 membres puis la réalisation d'une consultation pour la fourniture de services pour Syvik. Le nouveau marché porte sur renouvellement du marché ●●●

### VOLUMÉTRIE DU RÉSEAU



●●● d'exploitation du réseau régional et prend la suite des marchés de collecte existants sur le territoire de chacune des deux anciennes régions administratives, afin de proposer aux usagers une homogénéité de service et un guichet « support » unique. Les lignes directrices de cette consultation ont été l'amélioration de la qualité de service de bout en bout, c'est-à-dire entre un usager de Syvik et l'épine dorsale ou entre deux usagers du réseau régional, tout en maîtrisant les coûts par une mutualisation de moyens. Un autre objectif, tout aussi important, a été de consolider un savoir-faire régional en conservant au Criann la maîtrise d'œuvre des opérations.

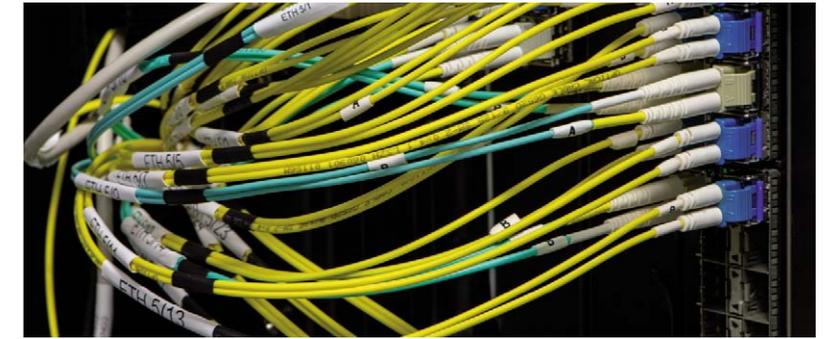
Le « service de collecte » sur Syvik consiste à intégrer dans un catalogue de prestations l'éventail le plus large possible des offres des opérateurs, au meilleur prix. La précision « sur Syvik » est importante : ce ne sont pas des offres d'accès à l'Internet, mais au réseau régional. La terminaison des liaisons venant des usagers est réalisée sur une porte mutualisée, construite par le titulaire du marché sur un ou plusieurs points de concentration dont la localisation est précisée dans le cahier des charges. L'avis de publicité de la consultation est paru le 26 juin et le marché a été attribué le 10 septembre 2019. Ce marché n'a pas été alloté, faute de pouvoir définir de façon claire une frontière entre les responsabilités de



L'architecture du réseau Syvik.

chaque intervenant, car les collectes territoriales sont basées sur des services d'opérateurs utilisés par tous les candidats sous la forme de « boîtes noires ». L'objectif étant de proposer aux usagers des services supervisés efficacement de bout en bout, c'est l'intégrateur qui est l'interlocuteur unique de Syvik, quels que soient l'opérateur et l'offre utilisés. L'offre de l'intégrateur retenu intègre un large catalogue d'opérateurs locaux (Covage, Tutor, SFR collectivités, Altitude infrastructure) et nationaux (Orange, SFR, Kosc). La gamme de liaisons proposée est également très large, que ce soit en termes de débit, de garantie ou de technologies utilisées, et couvre la totalité du territoire régional. Il est à noter que l'offre retenue pourra s'enrichir des catalogues

disponibles à l'avenir, notamment pour ce qui concerne les réseaux d'initiative publique. Autre point important, l'ingénierie technique offre une meilleure résilience que précédemment. Une attention particulière a notamment été portée aux sites de concentration des liaisons (portes) afin de limiter les points de faiblesse (SPOF). Enfin, une offre de secours 4G est proposée par le titulaire du marché sans surcoût. Les utilisateurs qui le souhaitent pourront s'équiper de routeurs compatibles 4G afin d'assurer une continuité de service en cas de dysfonctionnement de leur liaison principale. La migration administrative des liaisons existantes vers le nouveau marché se déroulera d'ici le printemps 2020, avec une migration technique prévue pour l'été.



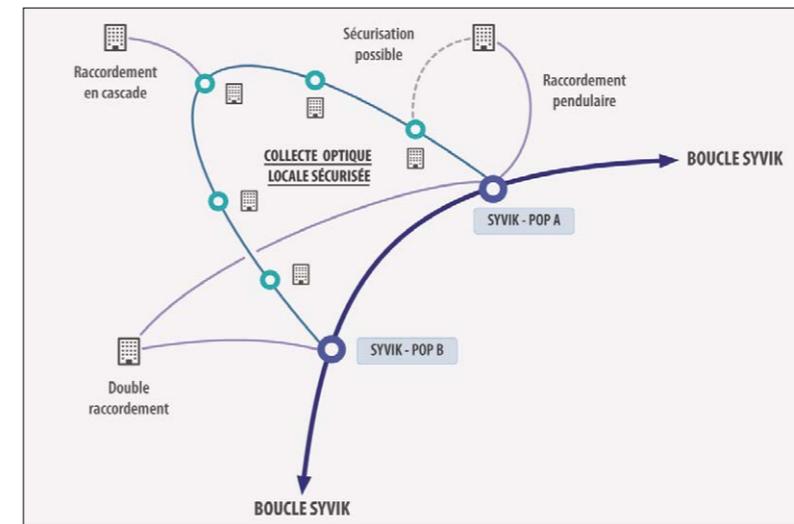
Le service d'exploitation de Syvik, sera basculé dans le nouveau marché au 1<sup>er</sup> janvier 2020. Des tableaux de bord dynamiques seront désormais systématiquement fournis et une nouvelle version du portail de supervision sera bientôt en ligne. Enfin, les prestations de supervision des liaisons de la collecte seront intégrées dans le même périmètre que celles de l'épine dorsale de Syvik.

**AUTRES ACTIONS 2019 :  
CAPILLARITÉ URBAINE**

En complément des travaux de restructuration de la boucle principale de Syvik, plusieurs initiatives ont vu le jour au niveau des agglomérations, de façon à disposer d'offres de fibres noires pour assurer la capillarité sur ces territoires denses et permettre, quand cela est possible, une double adduction physique de certains sites, et ainsi

assurer une meilleure continuité de service de bout en bout en Normandie. Ces travaux, qui permettent par exemple à la Région et au Département de Seine-Maritime de construire des boucles de raccordement des établissements du secondaire, sont menés dans le cadre d'un groupement de commandes entre collectivités, établissements publics et le Criann. Enfin, d'autres travaux de sécurisation ont été lancés ou amorcés. Ces opérations consistent généralement

à construire ou à étudier une boucle entre les deux points de présence Syvik. C'est ainsi qu'en 2019, à la demande du CHU de Caen qui engageait un long chantier de construction, des réseaux optiques ont été déviés afin de garantir une continuité de service pour l'hôpital, mais aussi pour l'université et ses différentes facultés et le centre Baclesse. Sur la même agglomération, la Région a fait l'acquisition d'une paire de fibres noires (IRU de 15 ans) pour raccorder les lycées sur Syvik. Sur cette infrastructure, une fibre optique monobrin sera mise à disposition du Criann pour les besoins de Syvik. Des travaux similaires se sont déroulés sur l'agglomération havraise et une boucle est opérationnelle depuis la fin 2019. Sur Rouen, le réseau Intercampus déployé depuis 2000 permet le raccordement de nombreux sites. Sa sécurisation passe par la suppression d'un SPOF au niveau du Théâtre des Arts. Une étude de recherche d'un chemin alternatif est lancée afin de disposer à terme d'une réelle boucle au centre-ville.



Sécurisation d'un raccordement sur le réseau Syvik.

# établissements

DIRECTEMENT CONNECTÉS SUR SYVIK

RA  
20  
19  
20

POINT DE PRÉSENCE	ORGANISATION	DÉBIT UNITAIRE PAR SITE	POINT DE PRÉSENCE	ORGANISATION	DÉBIT UNITAIRE PAR SITE	
<b>RACCORDEMENTS OPTIQUES CD27</b> (Acquigny, Bernay, Brionne, Pont-Audemer, Évreux, La Saussaye, La Heunière, Montfort-sur-Risle, Conches-en-Ouches, Val de Reuil)	CD 27 - Collecte optique des collèges de l'Eure (COP)	1 Gbit/s	<b>DIEPPE - CH</b>	Centre Hospitalier de Dieppe	100 Mbit/s	
				CD 76 - Collèges	100 Mbit/s	
Ville de Dieppe - Ecoles	10 Mbit/s					
<b>CAEN - GANIL</b>	Région académique Normandie - Site Caen Caponière	10 Gbit/s	<b>ELBEUF - IUT</b>	Univ. Rouen Normandie - IUT d'Elbeuf	1 Gbit/s	
	Région Normandie - Site de Caen	10 Gbit/s		Région Normandie - Lycées	1 Gbit/s	
	GCS Téléanté - PRATIC Santeos	Service		<b>ÉTERVILLE</b>	Univ. Caen Normandie - Sites de Cherbourg, Saint-Lô et campus 3	1 Gbit/s
	ATMO Normandie	100 Mbit/s			CNAM Intechmer	1 Gbit/s
	Univ. Caen Normandie - Sites des campus 1 et 4	10 Gbit/s	Région académique Normandie - Site Caen Caponière et DSDEN 14		10 Gbit/s	
	CNRS Délégation Régionale	100 Mbit/s	CD 50 - Collecte des collèges de la Manche	1 Gbit/s		
	Réseau Canopé Caen	100 Mbit/s	<b>ÉVREUX - SITE UNIVERSITAIRE TILLY</b>	Univ. Rouen Normandie - Site Tilly	1 Gbit/s	
	EnsiCaen site A	10 Gbit/s		CROUS - Restaurant Universitaire Tilly	10 Mbit/s	
	GIP Cycéron	10 Gbit/s	<b>ÉVREUX - CAMBOLLE</b>	Centre Hospitalier Intercommunal Eure-Seine	10 Gbit/s	
	Collecte multi-opérateurs (CMO)	1 Gbit/s		Collecte multi-opérateurs (CMO)	1 Gbit/s	
CD 14 - Collecte des collèges du Calvados	1 Gbit/s	GCS Téléanté - PRATIC		1 Gbit/s		
<b>CAEN - OPTIMIA</b>	CLCC Baclesse	100 Mbit/s	<b>ÉVREUX - IUT</b>	Univ. Rouen Normandie - IUT d'Evreux	10 Gbit/s	
	CROUS - Sites Lebisey et Hérouville	100 Mbit/s		CROUS - Brasserie IUT Evreux	10 Gbit/s	
	CHU de Caen Normandie	10 Gbit/s		CD 27 - Collèges et Hôtel du Département	1 Gbit/s	
	Univ. Caen Normandie - Sites des campus 1 et 4	10 Gbit/s		<b>GONFREVILLE-L'ORCHER</b>	Univ. Le Havre Normandie - Site d'étude Cématerra	1 Gbit/s
	CNRS Délégation Régionale	100 Mbit/s	CD 76 - Collèges		1 Gbit/s	
	Région Normandie - Site de Caen	10 Gbit/s	<b>LE HAVRE - SITE UNIVERSITAIRE LEBON</b>	Écoles de la ville et médiathèque	100 Mbit/s	
	EnsiCaen site A	10 Gbit/s		Univ. Le Havre Normandie - Site Lebon	10 Gbit/s	
	GIP Cycéron	10 Gbit/s		Univ. Le Havre Normandie - Site Prony	1 Gbit/s	
	École de Management de Normandie (2 sites)	10 Gbit/s		INSA Rouen Normandie - Campus du Havre	1 Gbit/s	
	Collecte multi-opérateurs (CMO)	1 Gbit/s		CROUS - Restaurant Universitaire Le Havre	10 Mbit/s	
	CD 61 - Serveurs pour les collèges de l'Orne	1 Gbit/s		Sciences Po. Le Havre	100 Mbit/s	
	CD 14 - Collecte des collèges du Calvados	1 Gbit/s				

POINT DE PRÉSENCE	ORGANISATION	DÉBIT UNITAIRE PAR SITE	POINT DE PRÉSENCE	ORGANISATION	DÉBIT UNITAIRE PAR SITE	
<b>LE HAVRE - SITE UNIVERSITAIRE LEBON</b>	Groupe Hospitalier du Havre - Site Monod	20 < d < 100 Mbit/s	<b>ROUEN - CHU</b>	Région académique Normandie - Lycées (COP)	1 Gbit/s	
	GCS Téléanté - PRATIC	1 Gbit/s		CROUS (sites brasserie Lavoisier et RU Martainville)	10 Mbit/s	
	CD 76 - Collèges (COP)	1 Gbit/s		CHU de Rouen	1 Gbit/s	
	ATMO Normandie - Site du Havre	100 Mbit/s		Opéra de Rouen Normandie	10 Mbit/s	
<b>LE HAVRE - IUT SCHUMAN</b>	Univ. le Havre Normandie - IUT Schuman	1 Gbit/s		Centre Hospitalier du Rouvray	10 Mbit/s	
	Région Normandie - Lycées	1 Gbit/s		Centre Henri Becquerel	10 Mbit/s	
	CROUS - Cafétéria IUT Caucriauville	10 Mbit/s		École Nationale Supérieure d'Architecture de Normandie	20 < d < 100 Mbit/s	
<b>MONT-SAINT-AIGNAN - CAMPUS</b>	Univ. Rouen Normandie - ESPE	1 Gbit/s		<b>SAINT-ÉTIENNE-DU-ROUVRAY - CRIANN</b>	Univ. Rouen Normandie - Site Madrillet	10 Gbit/s
	Univ. Rouen Normandie - Campus MSA	10 Gbit/s			Univ. Rouen Normandie - CORIA	1 Gbit/s
	CRIANN	10 Gbit/s			Datacentre CDR (hébergements U. Rouen, rectorat, INSA, Crous)	Service
	Pôle Régional des Savoirs	1 Gbit/s			INSA Rouen Normandie - Campus Madrillet	10 Gbit/s
	Région académique Normandie - Site Rouen Fontenelle	10 Gbit/s			CRIANN	10 Gbit/s
	Région académique Normandie - Site Mont-Saint-Aignan	1 Gbit/s			Région Normandie - Site de Rouen et CDR	1 Gbit/s
	Région Normandie - Lycées	1 Gbit/s			Pôle Régional des Savoirs	1 Gbit/s
	CROUS - Brasserie Lavoisier	10 Mbit/s	Région académique Normandie - Site Rouen Fontenelle		10 Gbit/s	
	CROUS - Sites MSA	100 Mbit/s	Région académique Normandie - DSDEN 76		1 Gbit/s	
	CNED	20 < d < 100 Mbit/s	Région Normandie - Lycées (COP)		1 Gbit/s	
	NEOMA Business School	100 Mbit/s	CROUS - RU Madrillet et cafétérias INSA et Esigelec		10 Mbit/s	
	Réseau CANOPÉ	20 < d < 100 Mbit/s	CROUS - Services centraux		100 Mbit/s	
	UniLaSalle - Campus de Rouen	10 Mbit/s	ESIGELEC		100 Mbit/s	
	IFA Marcel Sauvage	20 < d < 100 Mbit/s	NEOMA Business School		100 Mbit/s	
Univ. Rouen Normandie - Site Pasteur	1 Gbit/s	DGA Th Val de Reuil	10 Mbit/s			
<b>ROUEN - CHU</b>	Univ. Rouen - Sites Martainville et MSA	10 Gbit/s	Métropole Rouen Normandie - Seine InnoPolis	1 Gbit/s		
	Université de Rouen - Campus MSA	10 Gbit/s	Collecte multi-opérateurs (CMO)	1 Gbit/s		
	Région Normandie - Site de Rouen	10 Gbit/s	ATMO Normandie	100 Mbit/s		
	Région Normandie - Site des Grosses Pierres	1 Gbit/s				
	Auditorium chapelle Corneille	1 Gbit/s				
<b>VERNON-CH</b>	CHI Eure Seine - Site de Vernon	1 Gbit/s				

RA  
20  
19  
21



Catégorie optimisation

## Vectorisation d'un code AMR

Méthode de raffinement de maillage adaptatif par blocs

### Code ARCHER

Le laboratoire CORIA développe ARCHER, un code CFD dédié à la simulation numérique des écoulements diphasiques avec interface, basé sur la résolution des équations de Navier-Stokes incompressibles et sur une méthode de capture d'interface de type VOF/Level Set, sur un maillage cartésien uniforme dans sa version initiale.

Depuis quelques années, une version avec raffinement de maillage adaptatif est développée avec une stratégie de type AMR-BLOCK, permettant un gain sur la consommation CPU d'un facteur 25 en moyenne (valeur pouvant fortement varier selon les cas). Ce code est parallélisé avec un équilibrage des charges, mais ses performances peuvent être, suivant les configurations, fortement contraintes par le solveur de Poisson. Une des pistes d'optimisation est de vectoriser le code à l'aide de directives de type OpenMP afin de profiter au mieux des performances des nœuds de calcul de MYRIA, notamment de l'architecture AVX-512.

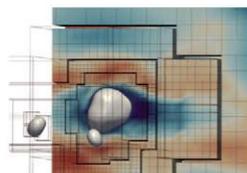


Illustration de l'AMR par blocs. Des sous-domaines avec des tailles de mailles différentes sont créés selon un critère prédéfini, ici la distance à l'interface liquide/gaz. Le solveur de Poisson associé naturellement à cette structure est de type multigrille.

Résultat : accélération de 40%

### Outils d'analyse

Avec l'aide d'un ingénieur du CEPP de ATOS et de l'équipe du CRIANN, la prise en main pour l'application des outils INTEL-ADVISOR, ITAC et VTUNE ont permis d'analyser le code dans sa version AMR.

### Vectorisation

La structure de données a dû être modifiée afin que la vectorisation puisse être efficace. Un gain de 40% en temps de calcul a été obtenu sur une configuration simple.

### Perspectives

Seule une petite partie du code a été vectorisée. Une généralisation sur la version complète est envisagée suite à ce travail. L'outil ITAC a mis en lumière la complexité des communications MPI sur ce code. Un travail sur l'architecture des données nous permettrait un gain.

<b>EQUIPE CORIA</b> A. Poux (IR), T. Ménard (MCF), J. B. De Motta (MCF), B. Duret (MCF)	<b>MESOCENTRE CRIANN</b> ATOS - CEPP : C. Berthelot CRIANN : P. Bousquet-Mélou, B. Gaston	<b>Calculateur MYRIA</b>
---	---	--------------------------



Catégorie portage

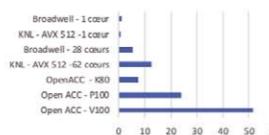
## Lattice-Boltzmann Method

appliquée aux matériaux à changement de phase et portée sur architecture parallèle

La méthode de Boltzmann sur réseau (ou LBM) s'appuie sur la physique statistique et l'équation de Boltzmann pour simuler le comportement des fluides, par un mécanisme de collision et de propagation appliqué à un ensemble de particules d'échelle intermédiaire. La méthode peut être étendue pour prendre en compte des phénomènes complexes, par un formalisme mathématique adapté. Le modèle LBM développé au laboratoire de Mathématiques Raphaël Salem (LMRS) vise à simuler le comportement des matériaux à changement de phase.

Simple à mettre en œuvre, LBM présente aussi l'avantage d'être intrinsèquement parallélisable.

Accélération obtenue par rapport à la version initiale



Partant d'un code mono-cœur CPU écrit en Fortran, l'objectif du hackathon est d'obtenir une première version pour architecture GPU



### Parallélisation par thread OpenMP

Vectorisation par écriture optimale des nœuds de boucles sur Xeon (Broadwell) puis sur KNL, ciblé pour la taille de ses unités vectorielles et sa bande passante mémoire élevée

**Accélération sur GPU**  
Gain d'un facteur 50 entre le code initial et le code final grâce aux directives OpenACC

**Méthode**  
Mise en œuvre des outils et des différentes étapes de développement HPC en un temps réduit : vectorisation, OpenMP et OpenACC

<b>EQUIPE LMRS</b> Corentin Lothodé (IR calcul scientifique) Cécile Legrand (doctorante) Franky Luddens (Maître de conférences)	<b>MESOCENTRE CRIANN</b> Patrick Bousquet-Mélou (expert HPC)	<b>CALCULATEUR MYRIA</b> Architectures Broadwell KNL et GPU V100
--	---	--



## Les supercalculateurs régionaux au service de la R&D des entreprises

PUBLI-COMMUNIQUÉ



Simulation d'une antenne de radionavigation sur avion avec le logiciel CAPITOLE-RF

**BOOSTER VOS SIMULATIONS NUMÉRIQUES AVEC SIMSEO**  
Sous l'égide de GENCI, opérateur public du calcul intensif, six centres sont structurés dans le programme SIMSEO pour offrir aux PME, startups et ETL, un accompagnement de proximité et sur mesure à la simulation numérique et au calcul parallèle.

Les centres de calcul régionaux du CRIANN en Normandie et de CALMIP en Occitanie font partie de ce dispositif. Leurs machines de Calcul Haute Performance (HPC) sont régulièrement renouvelées et voisinent actuellement le PFlop/s<sup>1</sup>. Même si leur vocation principale reste la recherche publique régionale, ces machines ultra performantes sont également ouvertes aux entreprises, en mode paiement à l'usage.

**Au cœur de la relation : confidentialité des projets, neutralité commerciale, et qualité de l'accompagnement scientifique.**

### TRAITER DES CAS D'ENVERGURE

Le passage sur un supercalculateur permet de changer de point de vue : ne plus limiter la taille de ses modèles en fonction de la mémoire de sa machine, mais adapter sa configuration de calcul au besoin de sa simulation. Martin Garot, Ingénieur au CEVAA, centre d'essais dédié aux vibrations et à l'acoustique basé à Rouen, témoigne : « *concrètement, au-delà de quelques millions de degrés de liberté, les modèles ne passent plus sur une station de travail. Je réalise alors toutes les étapes - maillage, calcul et post-traitement - sur le calculateur du Criann. La visualisation à distance m'apporte une grande fluidité dans la manipulation des modèles.* »

### ACCÉLÉRER LES SIMULATIONS

Accélérer les simulations permet de réduire les délais en phase de conception, y compris réaliser des plans d'expériences numériques avec des modèles conséquents. Par exemple, un calcul avec le logiciel libre d'EDF Code\_Aster qui prenait 30 heures sur la station de travail d'une entreprise s'exécute en 2 heures sur le calculateur. « *Code\_Aster exploite les solveurs d'algèbre linéaire MUMPS et PETSc, qui ont été compilés de manière optimale en fonction de l'architecture du calculateur Myria* », explique Patrick Bousquet-Mélou, responsable du support scientifique au Criann.

<sup>1</sup>PFlop/s : 10<sup>15</sup> opérations par seconde

**CONTACTS**  
CRIANN - marie-sophie.cabot@criann.fr  
CALMIP - nadine.marouze@inp-toulouse.fr  
GENCI / SIMSEO - elise.quentel@genci.fr

### BÉNÉFICIER D'UNE EXPERTISE EN CALCUL PARALLÈLE

« *Pour NEXIO, l'accompagnement des experts HPC du CALMIP et l'accès à son supercalculateur nous a permis de faire des simulations jusque-là inaccessibles et de décrocher des contrats à l'international. Aujourd'hui, NEXIO propose son expertise en simulation électromagnétique pour réaliser des études en CEM et RF avec tous les logiciels de référence du domaine. Par exemple : étude de conception d'antenne, de positionnement d'antenne sur avion, de rayonnement sur les personnes* », partage Pascal de Rességuier, responsable du département RF & Simulation de Nexio www.nexiogroup.com (présent dans les secteurs Aéronautique, Spatial, Automobile et Industrie électronique et dans plus de 25 pays).

### LES BÉNÉFICIAIRES DE SIMSEO

Les projets labellisés bénéficient d'une prise en charge à 50% par l'État (BPI France).



Les centres SIMSEO pour votre accompagnement de proximité

Hackathon du HPC (voir pages 12-13) : les posters restituant le travail des équipes du Coria et du LMRS.

Page suivante : article du magazine *Essais et Simulations*, n°137, sur le CEVAA (voir page 15).



# CRIANN

**CENTRE RÉGIONAL INFORMATIQUE  
ET D'APPLICATIONS NUMÉRIQUES  
DE NORMANDIE**

Technopôle du Madrillet 745 avenue de l'Université  
76800 Saint-Étienne-du-Rouvray [www.criann.fr](http://www.criann.fr)

Le Pôle Régional de Modélisation Numérique, le réseau régional SYVIK et la Maison Normande des Sciences du Numérique sont trois actions inscrites dans le Contrat de Plan État-Région et bénéficient d'un cofinancement de l'Union Européenne (fonds FEDER)



En couverture (au centre) : simulation aux grandes échelles d'un brûleur aéronautique avec chimie complexe.  
*P. Benard, G. Lartigue, V. Moureau - CORIA UMR 6614 - CNRS, INSA et Université de Rouen Normandie.* Ci-dessus (au centre) : photo © Thomas Boivin - NormandyInvest