

20^{ème} Rencontre SMAI Mathématiques - Industrie [ENERGIE]



RÉGION
NORMANDIE



La 20^{ème} Rencontre SMAI Mathématiques-Industrie a eu lieu le vendredi 17 Juin à l'INSA Rouen de 9h30 à 17h (Bâtiment Dumont d'Urville, Amphi Curie, B-RJ-02-CURIE).

À l'initiative de la SMAI et du CNRS, conjointement avec le Labex AMIES, avec le soutien de l'INRIA d'autres associations selon les thématiques, un cycle de demi-journées est organisé pour présenter les applications des mathématiques dans l'industrie et les services de façon à renforcer les liens entre mathématiciens et industriels et à les étendre à de nouveaux domaines. Ceci concerne les mathématiques « déjà » appliquées (aux premiers rangs desquelles le calcul scientifique, l'analyse numérique, les EDP, les probas-stats, la modélisation, l'optimisation, l'approximation...), mais aussi des mathématiques plus traditionnelles (géométrie, algèbre, analyse, logique, systèmes dynamiques...).



La 20ème Rencontre SMAI Mathématiques-Industrie a donc eu lieu le vendredi 17 Juin à l'INSA Rouen. S. Kokh (représentant de la SMAI) et les organisateurs locaux (C. Gout du LMI et V. Moureau du CORIA) ont tout d'abord souhaité la bienvenue aux participants.

Ils ont également remercié les partenaires et sponsors de la manifestation : la SMAI, le Labex AMIES, le CNRS, mais aussi la Région Normandie et l'Union Européenne (Feder) au travers du projet M2NUM (<http://lmi2.insarouen.fr/~m2num>), pierre angulaire de l'organisation de cette journée.

En dépit d'une concurrence assez forte (notamment l'AG de la SMAI à Paris), une cinquantaine de participants a pu échanger sur le thème de l'énergie, avec des interventions de nombreuses entreprises du domaine de l'énergie : de grands groupes tels **ADWEN, EDF, ENGIE La Compagnie du Vent**, des PME comme **AREELIS et EEL Energy**, ou encore le **CEA** et le **Centre Régional Informatique et d'Applications Numériques de Normandie (CRIANN)**, sans oublier la participation de certains laboratoires actifs sur des collaborations industrielles avec ces entreprises (citons les laboratoires de mathématique de l'INSA Rouen (**LMI**) et de l'Université de Rouen (**LMRS**), le laboratoire de mécanique de l'INSA Rouen (**LOFIMS**) et bien sûr l'UMR **CORIA** (membre du Labex EMC3 et aussi au cœur de l'Institut Carnot Energie Systèmes de Propulsion). Du coup, le format habituel (1/2 journée) a laissé place à une journée entière, bien remplie, vu le nombre important d'intervenants. Heureusement, le déjeuner, offert pour la totalité des participants, a permis d'échanger dans une ambiance conviviale.

Les résumés des interventions sont donnés ci-dessous. Les échanges, nombreux, ont permis de mettre en avant tout l'intérêt d'approches pointues en modélisation, des études théoriques, avec bien sûr la nécessité de mettre en place des algorithmes optimisés, souvent en lien avec le HPC.

Les intervenants:

 AN AREVA GAMESA COMPANY Paul Deglaire Norbert Warncke Vincent Moureau (CORIA)	 Philippe Alexandre Christian Gout (LMI)
 Ange Caruso	 DE LA RECHERCHE A L'INDUSTRIE Andrea Zoia Samuel Kokh
 Eric Rouland Ionut Danaila (LMRS)	 Sylvain Delacroix Arnaud Fur E. Rivoalen (LOFIMS)
 Marie Sophie Cabot Patrick Bousquet-Melou	

Programme

A partir de **9h30** : Accueil / Café-Viennoiseries

10h : P. Alexandre (ENGIE LCV), C. Gout (LMI)

10h45 : P. Deglaire ADWEN, N. Warncke ADWEN, V. Moureau (CORIA)

11h30 : A. Caruso, EDF.

12h15 - 13h45 :

Repas, Novotel Rouen sud

14h : A. Zoia, J. Segré, S. Kokh CEA

14h45 : S. Delacroix, A. Fur, IFREEMER - EEL ENERGY, E. Rivoalen (LOFIMS)

15h30 : E. Rouland AREELIS, I. Danaila (LMRS)

16h : Marie-Sophie Cabot et Patrick Bousquet-Melou (CRIANN)

Fin 17h

Projet M2NUM
<http://lmi2.insa-rouen.fr/~m2num>

Voici les résumés des interventions :

Development of a numerical wind tunnel for wind turbines under realistic conditions

par **Norbert Warncke et Paul Deglaire**

ADWEN

76800 Et Etienne du Rouvray



Abstract : The aim of the INWIT project partly funded by the Normandy region is the development of a toolbox for the simulation of a wind turbine under realistic, unsteady conditions. For the flow solver, we rely on the Boundary Element Method (BEM) as a compromise between simpler, steady-state models and the more accurate, but also computationally more costly CFD tools. Both detailed (CFD) and wind-turbine scale simulations (BEM) require a lot of computational power with different concurrency levels. Within the Large-Eddy Simulation framework, CFD necessitates to solve large linear systems using thousands of threads in parallel.

Parallel and sequential efficiency are equally important. Inversely, BEM methods require a high sequential computational efficiency, getting closer to real time, in order to enable the computation of thousands of operating conditions for the certification of wind turbines. For both approaches, it is important to leverage the computational power of future computing architectures (GPU, Many-core architectures). Furthermore, our presentation will address some of the issues that we have encountered in the development process in more details:

- Going beyond the collocation point method : fulfilling the boundary conditions pointwise only (at the collocation points) allows the use of fast analytical formulas for the surface integrals of the boundary element method, but does have disadvantages in terms of convergence and the numerical properties of the matrix of the LSE to solve. On the contrary, the Galerkin solution of the von Neumann problem provides a positive definite and symmetric matrix, but at the cost of more expensive numerical integration. We present the ideas that have been used in the literature and our tests and findings.

- Reducing the computational time of the simulations ie going below $O(N^2)$: to reduce the most computationally costly part of the flow solver, we work together with a group from Coria to implement a Fast Multipole Method for the self-induction of the wake. Our aim is to reduce the complexity, while preserving all properties of an incompressible fluid flow model

- Reduced order models, coupled structural mechanics and control : a positive definite and symmetric matrix allows to create a reduced order model of the flow solver, something that might further reduce the computational time needed. Deriving a LSE for the structural part, both can be solved simultaneously. Finally, linearising both the flow solver and the structural dynamics is required for the design and optimisation of the controller. These are three ideas for the future, but we would like to make use of the opportunity to discuss them with the audience.

Des mathématiques appliquées dans l'éolien et le solaire

par **Philippe Alexandre**

La Compagnie du Vent - Groupe ENGIE

Le Triade II - 215 rue Samuel Morse - CS 20756

34967 Montpellier cedex 2



Résumé : La loi sur la transition énergétique adoptée courant 2015 repose sur des objectifs ambitieux notamment sur la part des énergies renouvelables (32%) dans le mix énergétique d'ici à 2030. Elle prévoit en particulier un nouveau mécanisme de rémunération appelé à progressivement tendre vers la vente sur le marché, comme toute énergie conventionnelle et mature. Cette situation crée alors des exigences en terme de maîtrise du caractère intermittent et fatal de ces énergies, et accentue l'intérêt de creuser des problématiques liées à la prédiction court terme, au stockage de l'énergie, à l'évaluation de la performance des centrales, à la gestion SmartGrid de l'électricité ou encore à l'au-consommation... Autant de sujets annonçant un fort développement numérique et logiciel, reposant inévitablement sur des algorithmes complexes donc sur de la recherche en mathématiques. Petit tour d'horizon (non exhaustif) sur les maths appli dans les EnR.

Quelques défis de la simulation Monte Carlo pour la physique des réacteurs

par **Andrea Zoia**
CEA Saclay



Résumé : Nous allons détailler deux des défis des méthodes de Monte Carlo pour la simulation du transport des neutrons dans les cœurs des réacteurs nucléaires.

En conditions stationnaires, la simulation Monte Carlo des systèmes critiques se base sur le suivi des chaînes de fission, dans le cadre de l'algorithme de « l'itération de la puissance » (power iteration). La phase de convergence des neutrons vers l'équilibre (le mode fondamental) et ensuite les fluctuations de la population neutronique autour de l'équilibre sont affectées par l'effet des corrélations spatiales induites par les événements de fission, et des phénomènes parasites (« clustering ») viennent contaminer l'échantillonnage du mode fondamental et l'estimation de sa variance.

Pour les problèmes non-stationnaires, le suivi des trajectoires des neutrons dans l'espace des phases élargi, comprenant position, vitesse et temps, nécessite la prise en compte d'un deuxième type de particules (dites « précurseurs »), dont le temps de vie est largement supérieur (d'un facteur 10^5) à celui des neutrons : la simulation Monte Carlo de ces systèmes « à deux échelles de temps » demande donc le développement de techniques de biaisage adaptées au transport cinétique.

Applications des matériaux à changements de phase

par **Eric Rouland**
AREELIS
675 Rue Isaac Newton,
76800 St Etienne du Rouvray



Résumé : La présentation va démarrer avec une présentation de la société, et des liens avec l'Université de Rouen.

On focalisera ensuite sur l'utilisation des Matériaux à Changement de Phase (MCP) pour le refroidissement de composant/système électronique embarqué en insistant sur :

- la technologie,
- les applications,
- le développement des MCP et le besoin en modélisation, en lien avec le projet M2NUM (collaboration avec I. Danaïla).

Un intérêt particulier sera porté sur l'utilité pour l'entreprise de la modélisation des phénomènes mis en jeu (matériau, changement de phase, thermique, intégration industrielle,...).

Caractérisation du fonctionnement d'une hydrolienne à membrane ondulante

par **Sylvain Delacroix & Arnaud Fur**
Eel Energy
60 rue de Folkestone
62200 Boulogne sur Mer



Résumé : Une première partie sera constituée par une présentation des travaux de R&D (développements de modèles analytique/expérimentaux/numériques) liés à la technologie Eel Energy.

Un focus particulier concernera des travaux en cours de développement d'un code d'interaction fluide/structure dédié.

Enjeux de modélisation et de simulation à EDF pour la production d'électricité

par **Ange Caruso**

EDF R&D – EDF Lab Paris-Saclay

Délégation Technologies et Systèmes d'Information, Bur O3C.14A

7, Boulevard Gaspard Monge, 91120 Palaiseau



Résumé : Un industriel comme EDF a besoin de maîtriser le comportement de ses infrastructures de production d'énergie (nucléaire, thermique, ENR,...), des réseaux électriques, mais également le management de l'énergie. L'objectif est d'améliorer la sûreté, la performance, la durée de vie des systèmes, mais également d'optimiser les process. Pour atteindre ces objectifs, il est nécessaire de mieux comprendre les différents phénomènes physiques rencontrés dans les infrastructures, par exemple : les composants de production nucléaire (enceinte de confinement, cuve de réacteur, générateur de vapeur, assemblage combustible), les réseaux électriques (optimisation) ou management d'énergie (qualité de l'électricité). Il s'agit donc de gagner des marges (de sûreté, de fonctionnement, d'optimisation). Les études sont réalisées via différents codes de calcul développés en propre à EDF R&D. L'usage de la simulation, notamment intensive via le HPC, permet de nouvelles approches et de nouvelles perspectives. On montrera quelques exemples d'applications illustrant les enjeux liés à l'énergie.

Présentation du Centre Régional Informatique et d'Applications Numériques de Normandie

par **Marie Sophie Cabot**

CRIANN

St Etienne du Rouvray



Résumé : Mésocentre de calcul pour la Normandie, le CRIANN propose une plateforme de calcul intensif qui constitue un outil mutualisé pour les chercheurs des laboratoires publics de la ComUE Normandie Université. Il assure en outre la découverte, la formation et la prise en main du calcul intensif à l'échelle régionale et s'articule ainsi avec les moyens de calcul nationaux et européens.

L'ensemble des moyens pour le calcul intensif (matériels, logiciels, service d'assistance aux utilisateurs) constitue le Pôle Régional de Modélisation Numérique (PRMN) qui est cofinancé par la Région Normandie, l'État et l'Union Européenne. Le CRIANN est en particulier l'un des centres de calcul régionaux du projet Equip@meso (Investissements d'Avenir 2011) coordonné par GENCI.

La principale ressource de calcul du CRIANN est actuellement constituée d'un super-calculateur nommé 'Antares' de type grappe x86-64, de la gamme IBM iDataPlex. Sa mise en production a commencé en fin d'année 2010, et elle comporte actuellement 3048 coeurs de calcul, auxquels s'ajoutent 624 coeurs appartenant à l'Ecole Centrale de Nantes. Son renouvellement est prévu prochainement.

Le service d'assistance scientifique forme et accompagne les chercheurs pour une utilisation optimale des ressources de calcul, en particulier dans l'optimisation de leurs codes sur architecture parallèle.

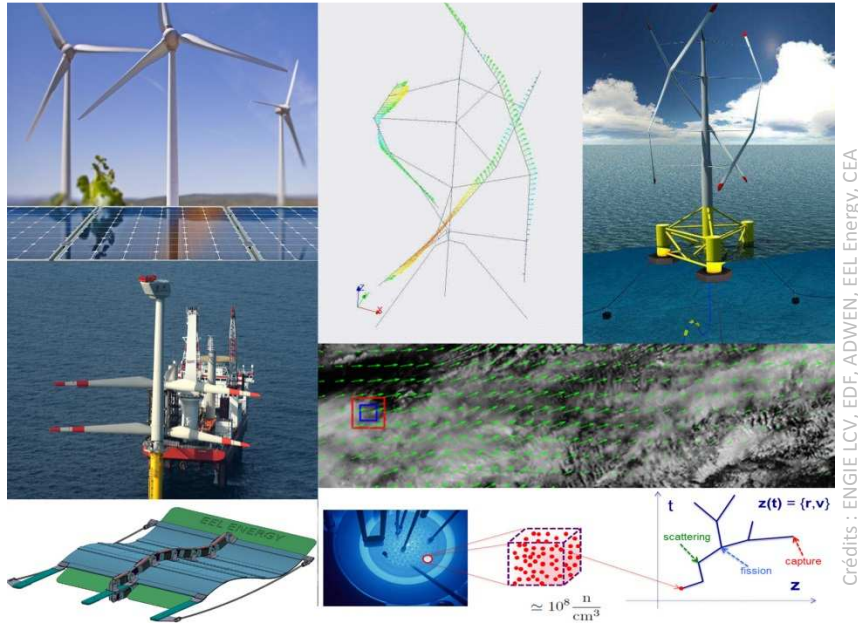
L'accès aux ressources est gratuit pour les laboratoires académiques français sous condition de déposer un dossier à l'appel à projet scientifique réalisé deux fois par an. Un service payant est accessible aux industriels.

Sur les 17 M.heures de calcul produites annuellement sur le calculateur Antares, une bonne part concerne des applications qui peuvent être directement reliées à l'énergie, puisque la mécanique des fluides (écoulements réactifs ou non) constitue généralement de l'ordre de 70-80% de ce volume. En matériaux, certaines applications sont également liées à l'énergie, comme par exemple mise au point de nouveaux matériaux conducteurs d'électricité (laboratoire GPM).

Enfin, le CRIANN est le porteur de l'une des 7 plateformes régionales retenues pour le volet «Accompagnement de proximité et sur mesure» du projet SiMSEO, coordonné au plan national par Teratec et GENCI. SiMSEO a pour objectif de faciliter l'accès des PME/TPE/ETI françaises à la simulation numérique et au calcul intensif.

La journée en photos...





Crédits : ENGIE LCV, EDF, ADWEN, EEL Energy, CEA

Un grand merci aux intervenants et participants pour cette journée !...

Org. : C. Gout (LMI, Rouen) et V. Moureau (CORIA, Rouen),
avec le soutien d'Annalisa Ambroso (SMAI),
Stéphane Cordier et Richard Fontanges (Labex AMIES),

This workshop is supported by
SMAI (Société des Mathématiques Appliquées et Industrielles),
Labex **AMIES**,
FR CNRS 3335 Normandie Mathématique,
& le projet **M2NUM** (GRR LMN - Normandie, FEDER).

