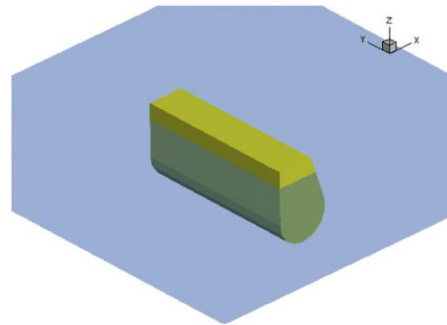


Contribution à la récupération de l'énergie des vagues

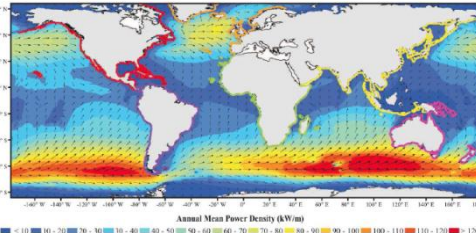
Soutenance HDR – Aurélien Babarit

Vendredi 2 décembre 2016



Plan de l'exposé

Contexte



Éléments de C.V.

JOHN ANTHEBY
 107 N. MAIN ST., SUITE 100, NANTUCKET, MA 01906
 Telephone: 508-548-1111 • Mobile: 508-548-1111 • Email: john.antheby@nantes.fr

EDUCATION
 B.S. in Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 1998

PROFESSIONAL EXPERIENCE
 Developmental Administration Manager, regional airport ports in a strong team leader who values a collaborative approach with staff at all levels to exceed customer expectations. Recently improved customer satisfaction scores in regional health centers having also provided a host of services and process improvements. Gained an appreciation as to the importance of discipline and accountability, underscored by the need for equal opportunities and anti-discrimination practices during early career in recruitment, legal, retail and health care settings. Core competencies include:

- Client Liaison
- Relationship building
- Customer Service
- Workload Planning
- Teamwork
- Microsoft Office suite

PERSONAL STATEMENTS AND ACHIEVEMENTS

2007 - Present AIR TRAVEL PROGRAM
 Administration Manager

Leading and developing the administration team, recruiting and creating staff to achieve key performance indicators (KPI) while ensuring consistency in all aspects of administrative services.

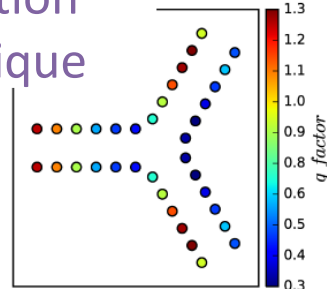
Key achievements

- Improved efficiency through the creation and implementation of some key systems.

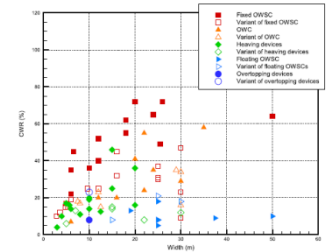
Contrôle



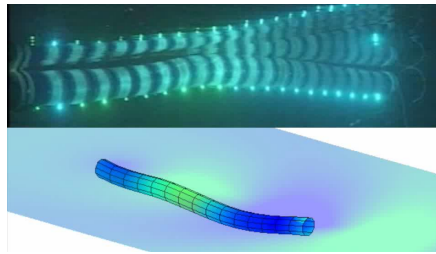
Simulation numérique



Performance

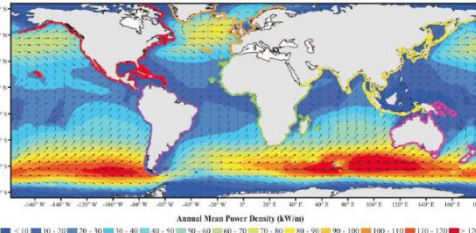


Bilan & perspectives



Plan de l'exposé

Contexte



Éléments de C.V.

JOHN ANTHEBY
 101 N. Main Street, Suite 101
 01901-0001
 401-853-1234

EDUCATION
 B.S. in Mechanical Engineering, University of Massachusetts Lowell, 1998

PROFESSIONAL EXPERIENCE
 Senior Mechanical Engineer, University of Massachusetts Lowell, 2000-2005
 Mechanical Engineer, University of Massachusetts Lowell, 1998-2000

TECHNICAL SKILLS
 - SolidWorks
 - MATLAB
 - ANSYS
 - AutoCAD
 - Microsoft Office Suite

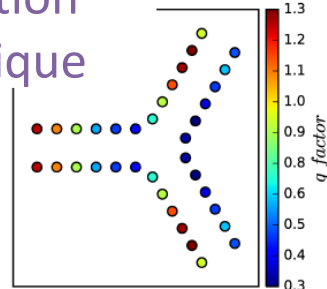
PERSONAL STATEMENTS AND ACHIEVEMENTS
 2003 - Present: Mechanical Engineer, University of Massachusetts Lowell
 - Led the design and development of a new turbine system, resulting in a 15% increase in efficiency.
 - Developed a new control system for a wind turbine, resulting in a 10% increase in power output.
 - Designed and built a prototype of a new turbine system, which was successfully tested and demonstrated.

Key achievements
 - Improved efficiency through the creation and implementation of a new flow system.

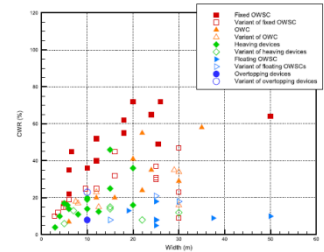
Contrôle



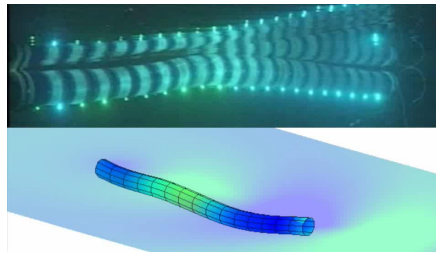
Simulation numérique



Performance



Bilan & perspectives



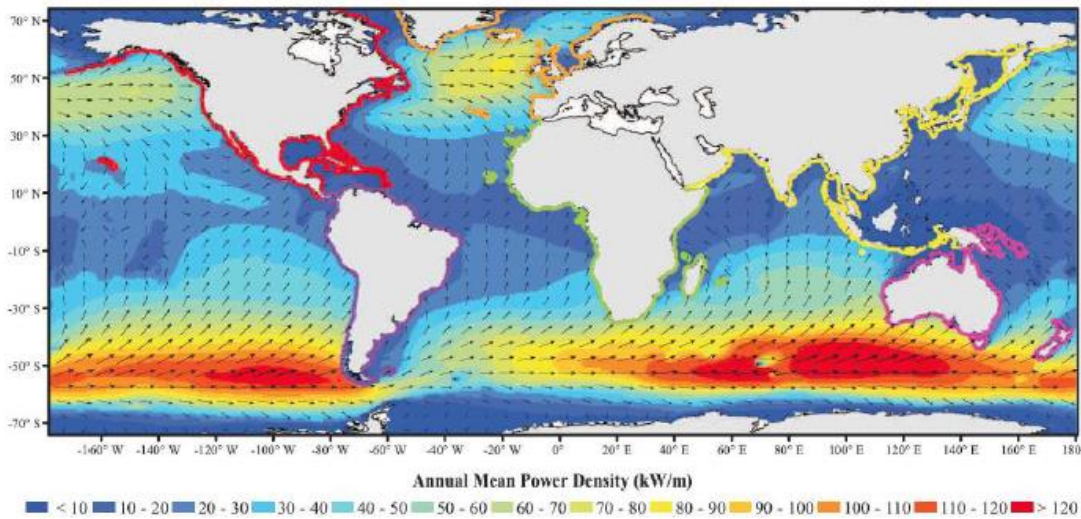
Contexte: le gisement énergie des vagues

- Un potentiel significatif ... mais pas une solution globale

- Gisement global: 18 500 TWh/an

Consommation mondiale d'énergie en 2011: 200 000 TWh/an

Prévision consommation mondiale d'énergie en 2050: [193 000-244 000] TWh/an

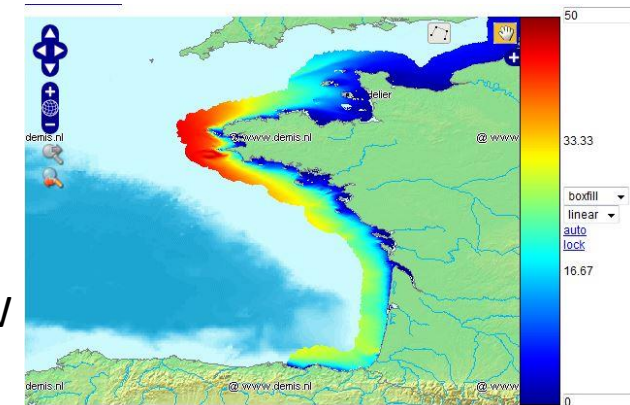


Cartographie mondiale de la ressource énergie des vagues. Source: [Gunn et al., 2012, RENE]

- Gisement sur la façade Atlantique française: ~18 GW

Consommation moyenne nationale en 2014: 50 GW

Production éolienne en 2014: 2GW



Cartographie de la ressource sur la côte Atlantique française. Données de la base de données HOMERE. Extraction via plateforme IREMARE par A.H. Clément

Contexte: les technologies

• Une faisabilité technique qui n'est plus à démontrer



- Une histoire de plus de 200 ans
- Des prototypes en mer à grande échelle dès la fin des années 1980
Et des systèmes commerciaux à petites échelle dès 1960
- Des échecs mais aussi des succès
Exemples: LIMPET, Mighty Whale, Wavestar, LifeSaver, Mutriku...
- Un essor spectaculaire depuis le début des années 2000
- Une crise de confiance depuis 2013
Faillites Pelamis Wave en 2014, Aquamarine Power en 2015

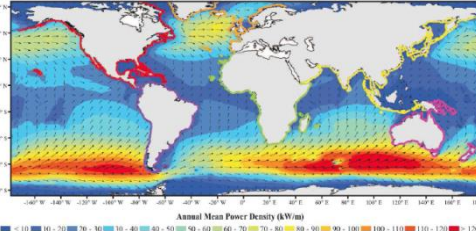
Contexte: la contrainte du marché

- Des technologies aujourd'hui très chères par rapport au marché continental de l'électricité
 - Fermes pré-commerciales: ~400€/MWh
IEA: [330-630] €/MWh; Cordonnier et al.: 420€/MWh; ETI: [470-540] €/MWh
 - Marché continental de l'électricité: ~100€/MWh
 - Concurrence des autres renouvelables, plus matures, moins chers
*Eolien en mer à Vesterhav (DK): 350 MW @ 64c€/kWh; Ferme **solaire PV** à Cestas: 300 MW @ 100 €/MWh, **au Mexique: 30c€/kWh***
- Problématique: réduire le coût de l'énergie
 - Améliorer la performance énergétique pour les procédés existants
→ **Contrôle et optimisation**
 - Réduire les incertitudes pour réduire les coûts
→ **simulation numérique de WECs en grands mouvements**
→ **interactions de vagues dans les parcs**
 - Imaginer des procédés de récupération plus performants
→ **Etude des performances énergétiques et technico-économiques**

$$COE = \frac{\text{Lifecycle costs}}{\text{Energy}}$$

Plan de l'exposé

Contexte



Éléments de C.V.

JOHN ANTHEBY
 107 N. MAIN ST., SUITE 101, NANTUCKET, MA 01905
 Telephone: 508-548-1111 • Mobile: 508-548-1111 • Email: john.antheby@nantes.fr

EDUCATION
 B.S. in Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 1998
 Ph.D. in Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 2002

PROFESSIONAL EXPERIENCE
 Senior Research Scientist, MIT, 2002-2008
 Senior Research Scientist, MIT, 2008-2012
 Senior Research Scientist, MIT, 2012-2015
 Senior Research Scientist, MIT, 2015-2018
 Senior Research Scientist, MIT, 2018-2021
 Senior Research Scientist, MIT, 2021-Present

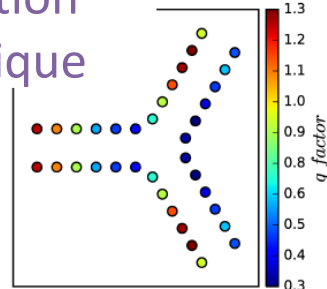
TECHNICAL SKILLS
 ✓ Fluid Dynamics ✓ Numerical Modeling ✓ Data Analysis
 ✓ Project Management ✓ Team Leadership ✓ Communication

PERSONAL STATEMENTS AND ACHIEVEMENTS
 2007 - Present: MIT Research Professor, Mechanical Engineering, Administration Manager
 Leading and developing the Administration team, recruiting and creating staff to achieve key performance indicators (KPI) while ensuring consistency in all aspects of administrative services.
 Key achievements:
 • Improved efficiency through the creation and implementation of some key systems.

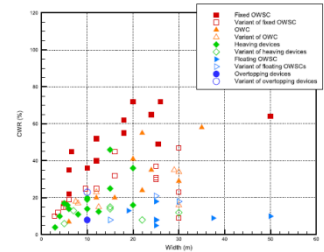
Contrôle



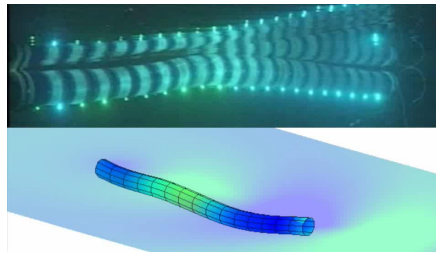
Simulation numérique



Performance

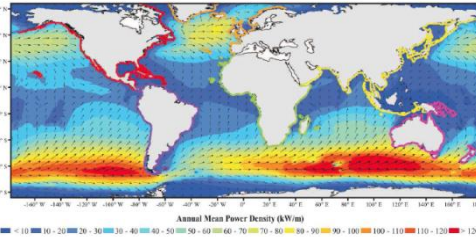


Bilan & perspectives



Plan de l'exposé

Contexte



Éléments de C.V.

JOHN ANTHEBY
 107 N. MAIN ST., SUITE 101
 107 N. MAIN ST., SUITE 101
 107 N. MAIN ST., SUITE 101

EDUCATION
 B.S. IN MECHANICAL ENGINEERING, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY, CALIFORNIA, 1988

PROFESSIONAL EXPERIENCE
 Director, Renewable Energy Research Center, University of California, Berkeley, CA, 1998-2001
 Director, Renewable Energy Research Center, University of California, Berkeley, CA, 2001-2004
 Director, Renewable Energy Research Center, University of California, Berkeley, CA, 2004-2007

TECHNICAL AND PROFESSIONAL SKILLS
 Development of administrative, managerial, and organizational skills in a strong team leader who values a collaborative approach with staff at all levels to meet customer expectations. Recently improved customer satisfaction within a research facility complex having also provided a high level of service and process focus. Gained an appreciation as to the importance of discipline and accountability, underscored by the need for equal opportunities and anti-discrimination practices during early career in recruitment, legal, moral and health care settings. Capabilities include:

- ✓ Client Liaison
- ✓ Relationship building
- ✓ Customer Service
- ✓ Workload Planning
- ✓ Teamwork
- ✓ Microsoft Office suite

PERSONAL STATEMENTS AND ACHIEVEMENTS

2007 - Present: DIRECTOR, RESEARCH CENTER
Administrative Manager
 Leading and directing the administrative team, recruiting and creating staff to achieve key performance indicators (KPI) while ensuring compliance in all aspects of administrative services.

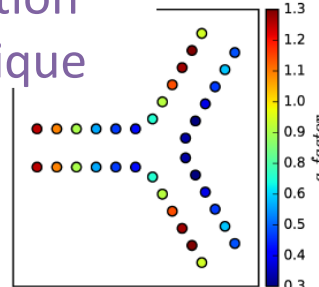
Key achievements

- Improved efficiency through the creation and implementation of a new filing system.

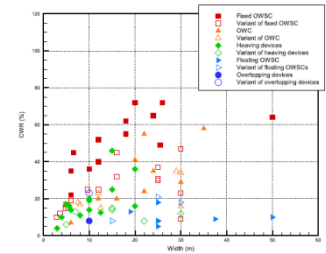
Contrôle



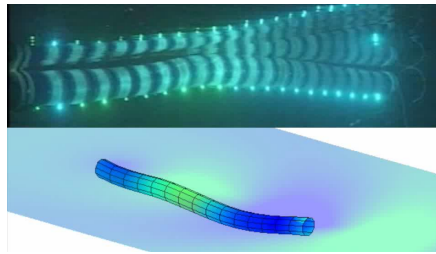
Simulation numérique



Performance



Bilan & perspectives



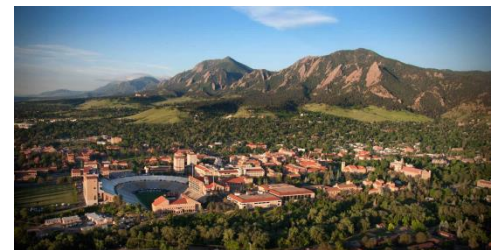
Éléments de C.V.

• Parcours

- 2002: Ingénieur Centrale Nantes
- 2002: DEA @ LMF Centrale Nantes
- **2005: Doctorat @ LMF Centrale Nantes**
- 2005 – 2008: Ingénieur projet SEAREV @ LMF Centrale Nantes
- 2008 – 2010: IR sous contrat @ LMF Centrale Nantes
- **2010 – 2011: Chercheur invité @ NTNU, Norvège**
- 2012 – 2015: IR2 titulaire @ LHEEA Centrale Nantes
- **2016 : Chercheur invité @ NREL, USA**

• Aujourd'hui

- IR1 titulaire @ LHEEA Centrale Nantes
- **Responsable Equipe Energies Marines et Océan @ LHEEA Centrale Nantes depuis 2012**
- Directeur du GDR Energies Marines Renouvelables @ CNRS depuis 2016



Marié, 37 ans, 2 enfants

Éléments de C.V.

- **Thèmes de recherche**

- Performance énergétique et technico-économiques des systèmes houlomoteurs
- Simulation numérique de la réponse dynamique des systèmes houlomoteurs
Mouvements de grande amplitude; interactions de vagues dans les parcs houlomoteurs
- Contrôle des systèmes houlomoteurs

- **Publications**

- **27 articles en journaux** (+ 6 soumis)
Renewable Energy, Applied Ocean Research, Ocean Engineering, ...
- 71 articles en conférences internationales
120 co-auteurs, 28 institutions, 12 pays
- 4 chapitres d'ouvrage
- 28 autres communications écrites et orales & séminaires invités

Éléments de C.V.

• Co-encadrement de doctorants

1. B. Borgarino (2008-2011) Résolution accélérée du problème de tenue à la mer appliquée à l'étude paramétrique de fermes de récupérateurs de l'énergie des vagues. Encadrants: A. Babarit, P. Ferrant
2. M. Philippe (2009-2012) Couplages aéro - hydrodynamique dans la tenue à la mer d'éoliennes offshore. Encadrants: A. Babarit, P. Ferrant
3. M. Bhinder (2009-2013) Simulation numérique en hydrodynamique de récupérateurs de l'énergie des vagues. Encadrants: A. Babarit, L. Gentaz, P. Ferrant
4. R. Genest (2011-2014) Développement et validation expérimentale de stratégies de contrôle de récupérateurs de l'énergie des vagues. Encadrants: A. Babarit, F. Bonnefoy, A.H. Clément
5. L. Letourneil (2012-2015) Développement d'un outil de simulation numérique basé sur l'approche weak-scatterer pour l'étude des systèmes houlomoteurs. Encadrants: A. Babarit, G. Ducrozet, P. Ferrant
6. C. Chauvigné (2013-2016) Modélisation de systèmes houlomoteurs animés de grands mouvements et perçant la surface libre. Encadrants: A. Babarit, G. Ducrozet, J-C. Gilloteaux, G. Vinay, P. Bozonnet, P. Ferrant
7. B. Gendron (2013-...) Modélisation et optimisation hydrodynamique d'un récupérateur de l'énergie des vagues déformable. Encadrants: A. Babarit, P. Ferrant
8. H. Clémot (2014-...) Développement d'un émulateur réseau pour les essais en mer de systèmes houlomoteurs. Encadrants: A. Babarit, F. Dupriez-Robin, T-Q. Tran
9. F. Fabregas (2014-...) Optimisation of offshore renewable energy farms. Encadrants: A. Babarit, F. Rongère, A.H. Clément
10. P.-Y. Wuillaume (2015-...) Modélisation des opérations d'installation pour les fermes d'éoliennes offshore. Encadrants: A. Babarit, M. Philippe, P. Ferrant
11. V. Leroy (2015-...) Modélisation aérodynamique instationnaire pour la simulation du contrôle et comportement des éoliennes flottantes. Encadrants: J-C. Gilloteaux, M. Philippe, A. Babarit, P. Ferrant
12. C. Xie (2016-...) Accélération du calcul et de l'identification des efforts hydrodynamiques par utilisation des propriétés différentielles des fonctions de Green à surface libre. Encadrants: F. Rongère, A. Babarit, A.H. Clément
13. J. Ercolanelli (2016-...) Etude numérique et expérimentale d'un système couplé stabilisateur et récupérateur de l'énergie des vagues. Encadrants: M. Le Boulluec, P. Magaldi, A. Babarit, Y-M. Scolan
14. Y. Poirier (2016-...) Accélération du calcul par la théorie potentielle instationnaire des écoulements à surface libre des interactions vagues/structures par la méthode multipolaire rapide. Encadrants: P. Ferrant, G. Ducrozet, A. Babarit

Eléments de C.V.

- **Innovation, projets de recherche & activités contractuelles**

- 4 brevets déposés
- **29 projets** de recherche & prestations de recherche
3,2 M€ environ de budget opéré (montants facturés et subventions depuis 2009)

Partenaires & clients:



- **Participation à l'enseignement**

- **Cours** « Introduction à la récupération de l'énergie des vagues »
Module de 20h - depuis 2010 à l'Ecole Centrale de Nantes
- **Ecole thématique** « Numerical and experimental modelling of wave energy converters »
5 à 8 jours - 4 éditions depuis 2011 – en collaboration avec AAU (Danemark) depuis 2013 – prochaine édition en 2017 en marge de la conférence EWTEC à Cork (Irlande)
- Ecole thématique « Panorama des technologies de récupération des énergies marines renouvelables » *19 & 20 octobre 2016, Nantes*

Éléments de C.V.

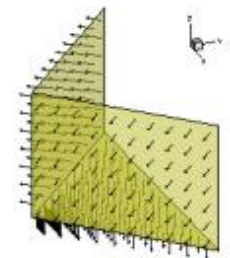
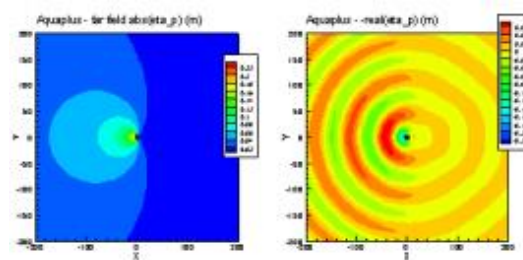
- **Actions de diffusion de la culture scientifique**

- 4 chapitres d'ouvrage et articles de vulgarisation
- 7 conférences et interventions pédagogiques
Scolaires & grands public
- Exposition « Energies marines renouvelables émergentes »
Nantes, septembre & octobre 2015



- **Valorisation sous logiciel libre de production scientifique**

- Code de diffraction-radiation NEMOH développé depuis 40 ans à l'ECN.
- Sous licence open source depuis janvier 2014
- Communauté utilisateur (inscrits) > 4500 en 2016
Universités; PME: GEPS Techno, Eolink, Innosea; Intégration dans des projets internationaux: DTOcean, ...
- Communauté développeur depuis 2015



Éléments de C.V.

- **Activités d'expertise**

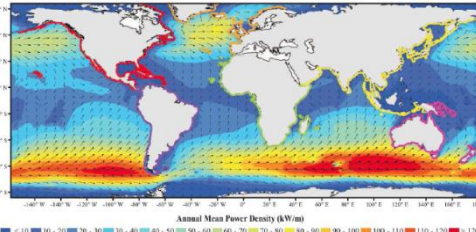
- ITTC (International Towing Tank Conference) Specialist Committee on Marine Renewable Energies ; GT5 Cellule Energie CNRS; Comité R&D France Energies Marines
- Relecteur pour Applied Ocean Research, Energies, Marine Structures, Ocean Engineering, Renewable Energy, Proceedings of the Royal Society of London – A, Journal of Fluid and Structures, ...
- Jurys de thèse: Ling Wan (2016, **rapporteur**), James C. McNatt (2015, **rapporteur**), François Charrayre (2015), Thibaut Kovaltchouk (2015), Yifan Xia (2015)

- **Prix & distinctions**

- **Best paper presentation award** at 2011 European Wave and Tidal Energy Conference (EWTEC2011) for the paper *On the maximum and actual capture width ratio of wave energy converters*
- **Best paper award** in recognition for acting as first authors on a top cited paper contributing to the *Renewable Energy's* 2014 Impact Factor for the paper *Numerical benchmarking study of a selection of wave energy converters*.

Plan de l'exposé

Contexte



Éléments de C.V.

JOHN ANTHEBY
 107 N. MAIN ST., SUITE 101
 44000 NANTES, FRANCE
 Mobile: 0622 40 796 - Email: john.antheby@lhea.fr

EDUCATION
 B.S. IN MECHANICAL ENGINEERING, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY, CALIFORNIA, U.S.A. (1988)
 M.S. IN MECHANICAL ENGINEERING, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY, CALIFORNIA, U.S.A. (1990)

PROFESSIONAL EXPERIENCE
 Director, Mechanical Engineering Department, University of California, Berkeley, CA, U.S.A. (1990-1995)
 Director, Mechanical Engineering Department, University of California, Berkeley, CA, U.S.A. (1995-2000)
 Director, Mechanical Engineering Department, University of California, Berkeley, CA, U.S.A. (2000-2005)
 Director, Mechanical Engineering Department, University of California, Berkeley, CA, U.S.A. (2005-2010)

TECHNICAL EXPERTISE
 • Development of advanced mechanical systems for a variety of applications
 • Collaborative approach with staff at all levels to meet customer expectations
 • Recently improved customer satisfaction scores in a research facility serving a broad range of services and process lines
 • Gained an appreciation as to the importance of discipline and accountability, underscored by the need for equal opportunities and anti-discrimination practices during early career in recruitment, legal, moral and health care settings

PERSONAL STATEMENTS AND ACHIEVEMENTS

2007 - Present
 Director, Mechanical Engineering Department
 • Leading and directing the Mechanical Engineering Department staff to achieve key performance indicators (KPI) while ensuring compliance in all aspects of administrative matters.

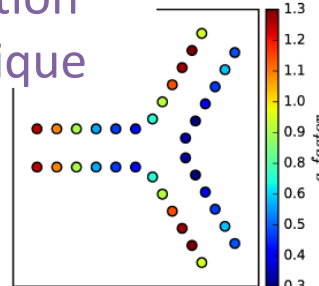
Key achievements

- Improved efficiency through the creation and implementation of a new filing system.

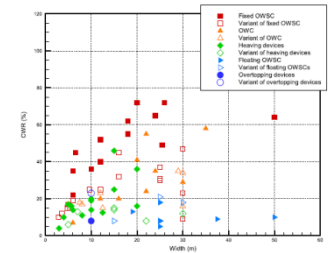
Contrôle



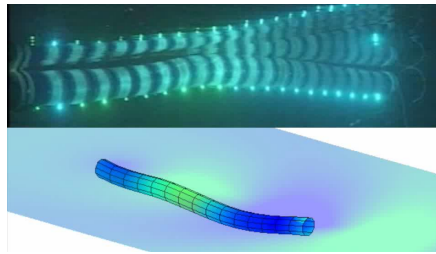
Simulation numérique



Performance

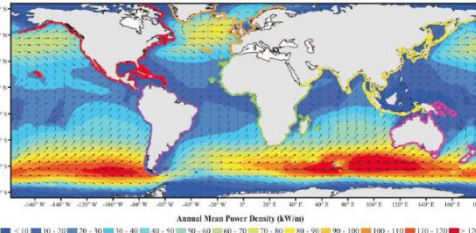


Bilan & perspectives



Plan de l'exposé

Contexte



Éléments de C.V.

JOHN ANTHEBY
 107 N. COLLEGE, COLLEGE, MAINE 04710
 Telephone: 603.253.4176 - Mobile: 603.253.4176 - Email: john.antheby@unh.edu

EDUCATIONAL EXPERIENCE / EDUCATIONAL ADMINISTRATIVE EXPERIENCE
 SENIOR TECHNICAL AND ADMINISTRATIVE MANAGER

Developmental Administration Manager, regional airport ports as a strong team leader who values a collaborative approach with staff at all levels to exceed customer expectations. Recently improved customer satisfaction scores in regional health centers having also provided a host of services and process improvements. Gained an appreciation as to the importance of discipline and accountability, underscored by the need for equal opportunities and anti-discrimination practices during early career in recruitment, legal, retail and health care settings. Components include:

- ✓ Client Liaison
- ✓ Relationship building
- ✓ Customer Service
- ✓ Workload Planning
- ✓ Transition
- ✓ Microsoft Office suite

PERSONAL STATEMENTS AND ACHIEVEMENTS

2007 - Present AIR TRAVEL PROGRAM
Administration Manager

Leading and developing the administration team, recruiting and creating staff to achieve key performance indicators (KPI) while ensuring consistency in all aspects of administrative services.

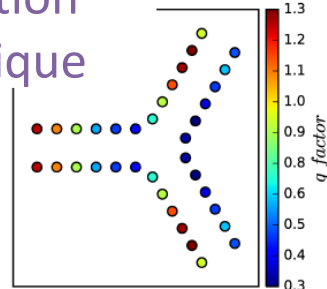
Key achievements

- Improved efficiency through the creation and implementation of some key systems.

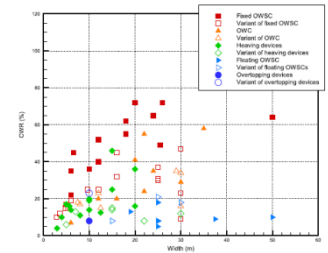
Contrôle



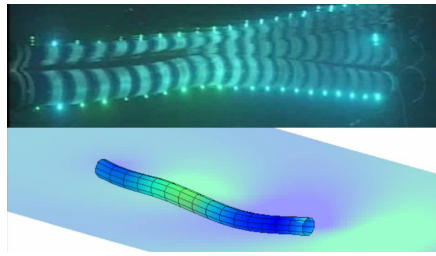
Simulation numérique



Performance



Bilan & perspectives



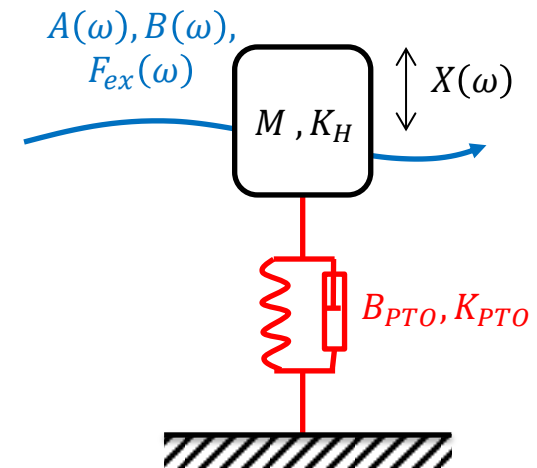
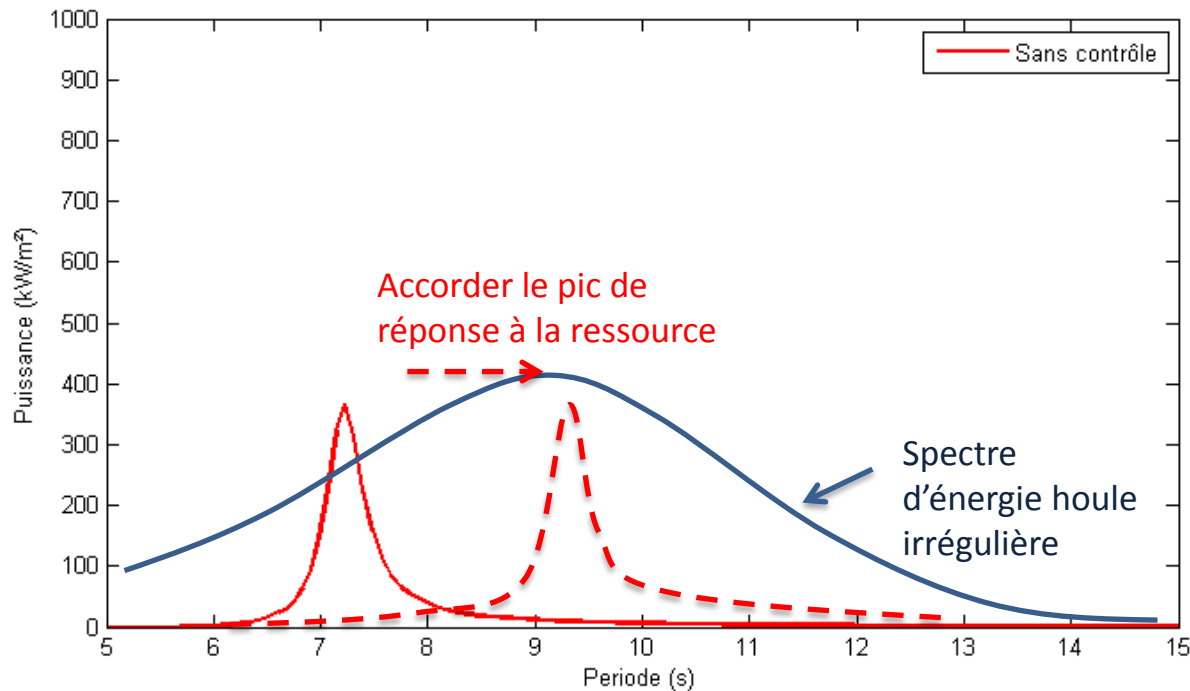
Contrôle des systèmes houlomoteurs

- Pourquoi?
 - Une immense majorité d'oscillateurs mécaniques, dont bouées pilonnantes
145/156 oscillateurs mécaniques dans [Babarit 2015 RENE] dont 56/156 bouées pilonnantes

Contrôle des systèmes houlomoteurs

- Pourquoi?

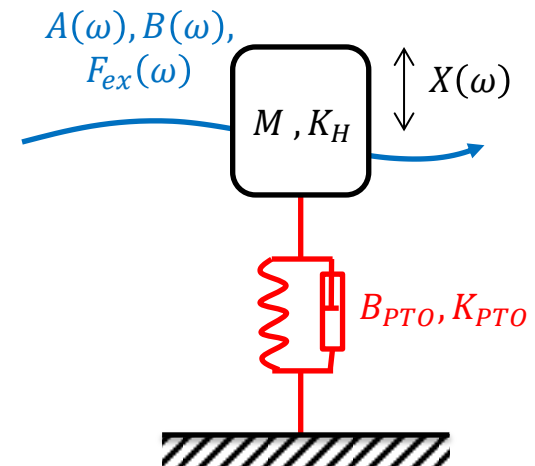
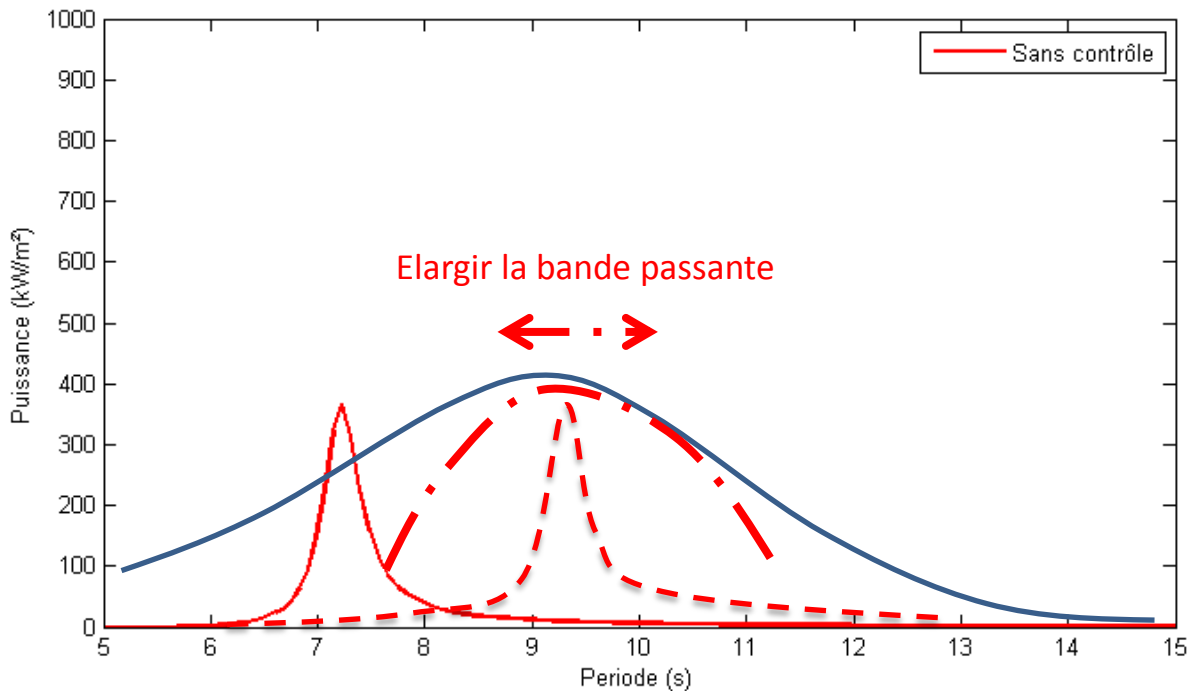
- Une immense majorité d'oscillateurs mécaniques, dont bouées pilonnantes
145/156 oscillateurs mécaniques dans [Babarit 2015 RENE] dont 56/156 bouées pilonnantes
- Puissance moyenne absorbée sans contrôle limitée
- Contrôler la dynamique pour augmenter la performance énergétique et au final baisser le coût de l'énergie



Contrôle des systèmes houlomoteurs

- Pourquoi?

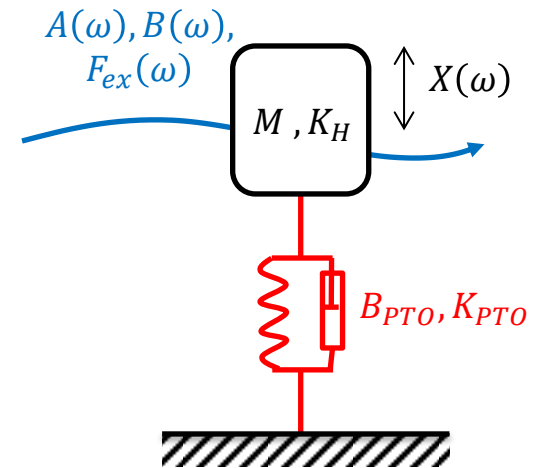
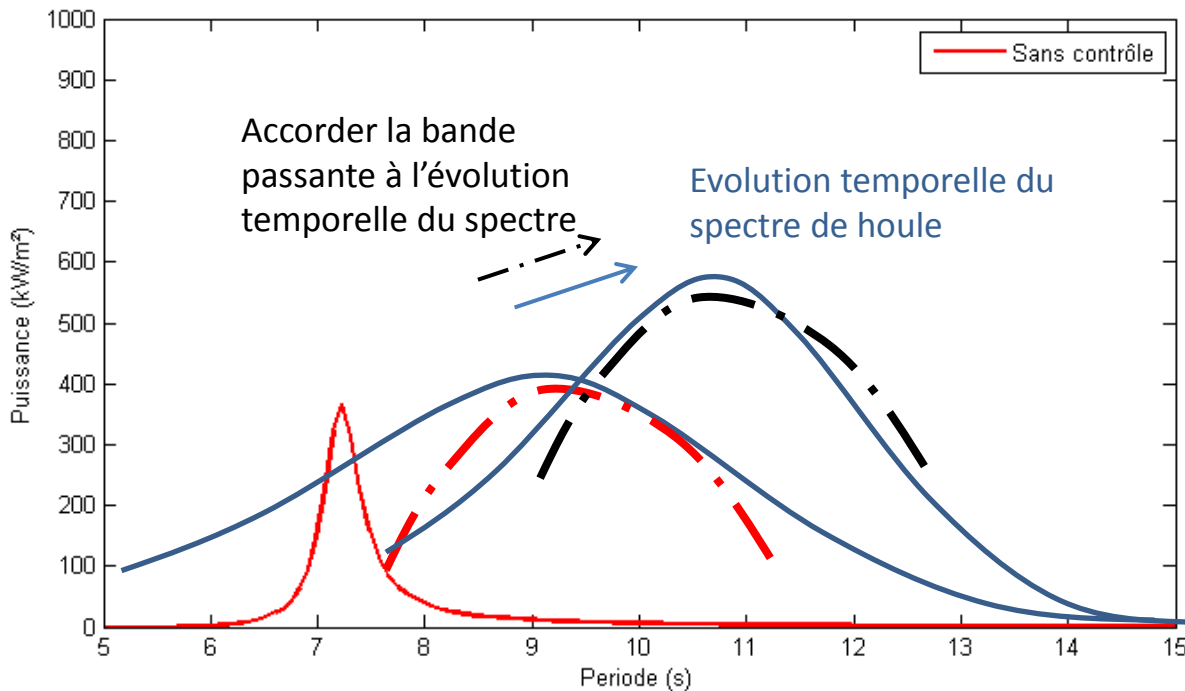
- Une immense majorité d'oscillateurs mécaniques, dont bouées pilonnantes
145/156 oscillateurs mécaniques dans [Babarit 2015 RENE] dont 56/156 bouées pilonnantes
- Puissance moyenne absorbée sans contrôle limitée
- Contrôler la dynamique pour augmenter la performance énergétique et au final baisser le coût de l'énergie



























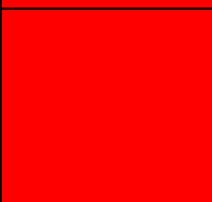





Contrôle des systèmes houlomoteurs

- Pourquoi?

- Une immense majorité d'oscillateurs mécaniques, dont bouées pilonnantes
145/156 oscillateurs mécaniques dans [Babarit 2015 RENE] dont 56/156 bouées pilonnantes
- Puissance moyenne absorbée sans contrôle limitée
- Contrôler la dynamique pour augmenter la performance énergétique et au final baisser le coût de l'énergie



Contrôle des systèmes houlomoteurs

Contrôle	Principe	Puissance réactive	Causalité	Performance bouée pilonnante	Performance SEAREV	Application pratique
Optimal¹	Adaptation d'impédance					
Latching² par commande optimale³ [Babarit & Clément (2006)]	Résonance paramétrique					
Latching sans commande optimale [Babarit & Clément (2003)]	Résonance paramétrique					
Declutching par commande optimale [Babarit et al. (2009)]	Résonance paramétrique					
Latching Or Declutching par commande optimale [Clément & Babarit (2012)]	Résonance paramétrique					
Partial Reactive Control [Genest et al. (2014)]	Adaptation partielle d'impédance					

¹ [Budal & Falnes (1974)]

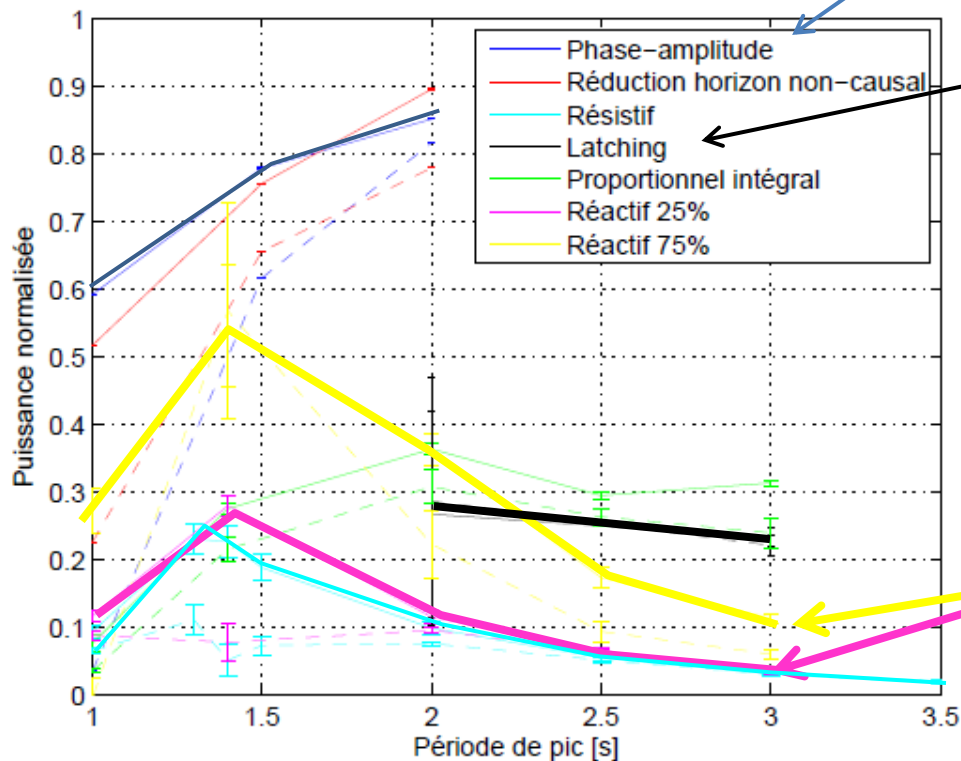
² [Budal & Falnes (1980)]

³ [Hoskin & Nichols (1986)]

Contrôle des systèmes houlomoteurs



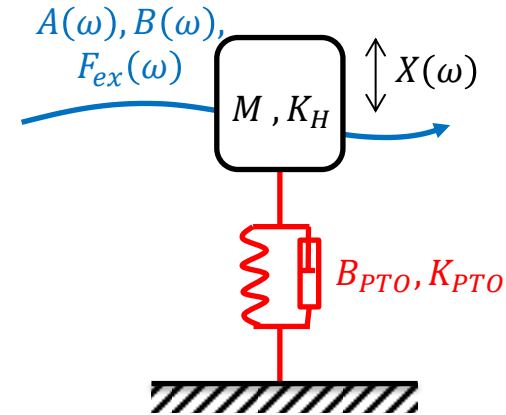
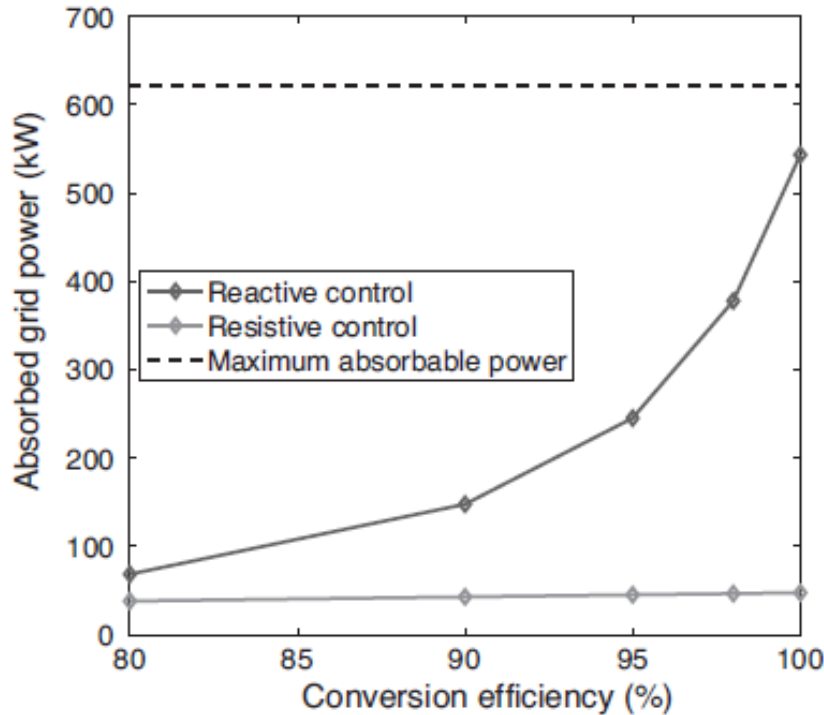
Source: [Genest (2014)
thèse de doctorat]



Contrôle	Application pratique
Optimal¹	Red
Latching² par commande optimale³ [Babarit & Clément (2006)]	Red
Latching sans commande optimale [Babarit & Clément (2003)]	Yellow
Declutching par commande optimale [Babarit et al. (2009)]	Red
Latching Or Declutching par commande optimale [Clément & Babarit (2012)]	Red
Partial Reactive Control [Genest et al. (2014)]	Green

FIGURE 7.33 – Puissance normalisée

Contrôle des systèmes houlomoteurs



Puissance absorbée en moyenne annuelle par un système de type bouée pilonnante avec contrôle réactif partiel en fonction du rendement de la chaîne de conversion. Source: [Genest et al., 2014, APOR]

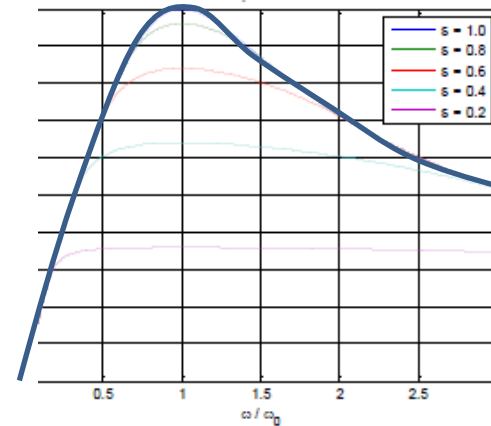
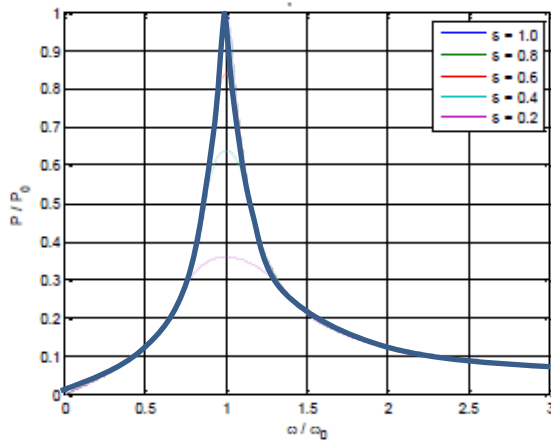
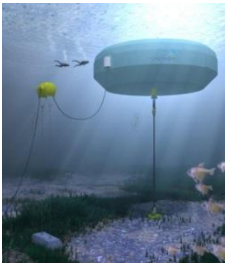
• Quelques conclusions

- En pratique: la stratégie de contrôle réactif partiel apparaît comme la plus prometteuse
- Pour aller plus loin, la prédiction de houle est nécessaire pour lever le verrou de l'acausalité
Démarrage d'une thèse en collaboration avec MIO & URI

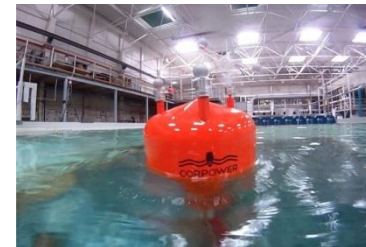
Contrôle des systèmes houlomoteurs

- Quelques perspectives & réflexions

- Mise en œuvre de contrôle actif par des développeurs: Wavestar, Aquaharmonics
- Travaux académiques: MPC & prédiction de houle
- Danger: le contrôle n'est pas une fin en soi.
 - La bande passante des systèmes houlomoteurs n'est pas nécessairement étroite.
 - Dépend des principes de fonctionnement: Aquamarine Oyster; Corpower; M3Wave

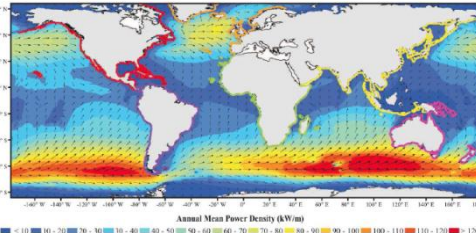


Puissance absorbée en fonction de la pulsation pour: à gauche; à droite un batteur inversé. Source: [Folley (2015) EWTEC]



Plan de l'exposé

Contexte



Éléments de C.V.

JOHN ANTHEBY
 107 N. MAIN ST., SUITE 101, NANTUCKET, MA 01905
 Telephone: 508-548-1111 • Mobile: 508-548-1111 • Email: john.antheby@nantes.fr

EDUCATION
 B.S. in Mechanical Engineering, University of Massachusetts Lowell, Lowell, MA, 1998
 M.S. in Mechanical Engineering, University of Massachusetts Lowell, Lowell, MA, 2000

PROFESSIONAL EXPERIENCE
 Development of substation design, electrical storage systems in a strong team leader who values a collaborative approach with staff at all levels to exceed customer expectations. Recently improved customer satisfaction scores in a regional health center having also provided a best price for all services and process issues. Gained an appreciation as to the importance of discipline and accountability, underscored by the need for equal opportunities and anti-discrimination practices during early career in recruitment, legal, retail and health care settings. Components include:

- ✓ Client Liaison
- ✓ Relationship building
- ✓ Customer Service
- ✓ Workflow Planning
- ✓ Teamwork
- ✓ Microsoft Office suite

PERSONAL STATEMENTS AND ACHIEVEMENTS

2007 - Present **UMC NANTUCKET REGIONAL**
Substation Manager

Leading and developing the substation team, recruiting and creating staff to achieve key performance indicators (KPI) while ensuring compliance in all aspects of substation work.

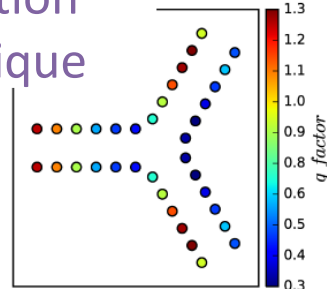
Key achievements

- Improved efficiency through the creation and implementation of some key systems.

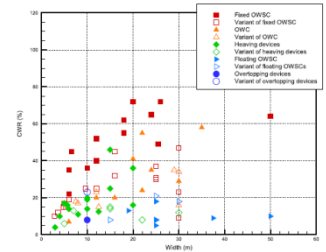
Contrôle



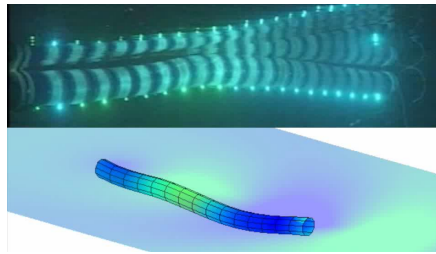
Simulation numérique



Performance

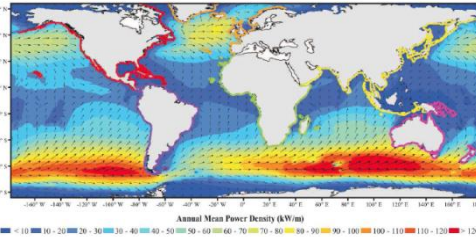


Bilan & perspectives



Plan de l'exposé

Contexte



Éléments de C.V.

JOHN ANTHEBY
 101 N. Main Street, Suite 101
 01901-0001
 413-753-1234 | john@anthemby.com

PROFESSIONAL EXPERIENCE / EDUCATION / ADMINISTRATIVE / PROFESSIONAL
 Energy Technical and Environmental Consultant

Developmental Administration Manager, regional airport ports as a strong team leader who values a collaborative approach with staff at all levels to exceed customer expectations. Recently improved customer satisfaction scores in regional health centers having also provided a host of services and process improvements. Gained an appreciation as to the importance of discipline and accountability, underscored by the need for equal opportunities and anti-discrimination practices during early career in recruitment, legal, retail and health care settings. Core competencies include:

- Client Liaison
- Relationship building
- Customer Service
- Workload Planning
- Teamwork
- Microsoft Office suite

PERSONAL STATEMENTS AND ACHIEVEMENTS

2007 - Present AIRC TRAVEL PROGRAM
 Administration Manager

Leading and developing the administration team, recruiting and creating staff to achieve key performance indicators (KPI) while ensuring consistency in all aspects of administrative services.

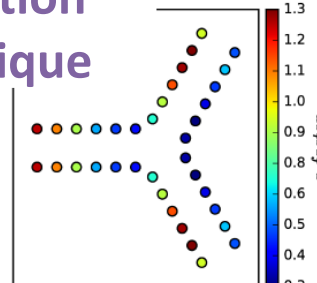
Key achievements

- Improved efficiency through the creation and implementation of some key systems.

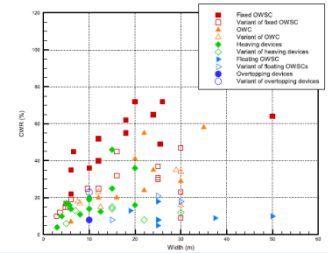
Contrôle



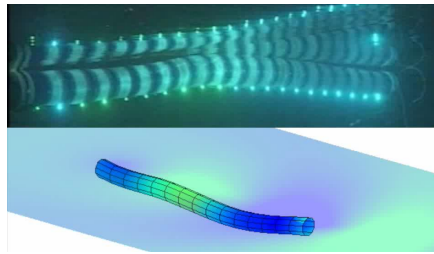
Simulation numérique



Performance

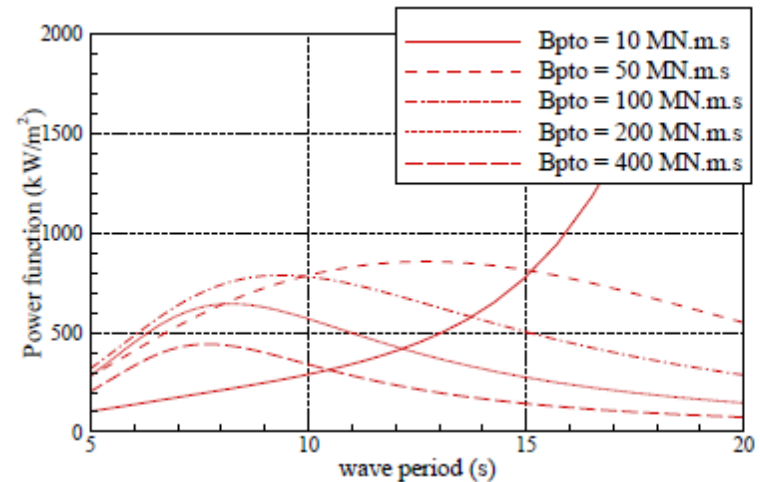
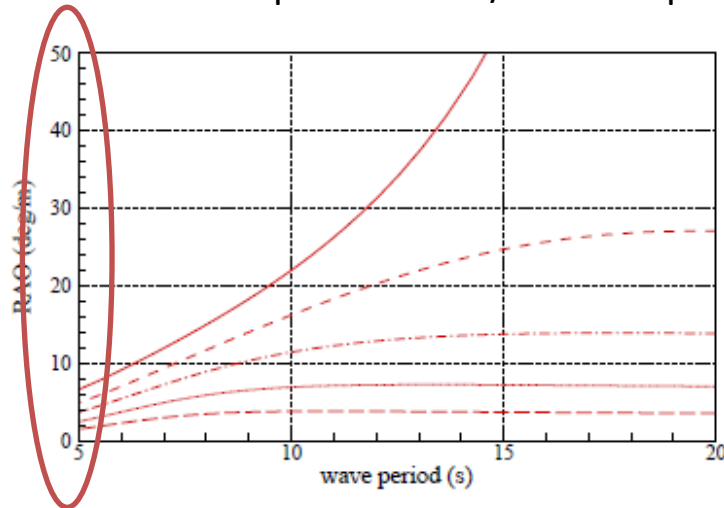


Bilan & perspectives



Mouvements de grande amplitude

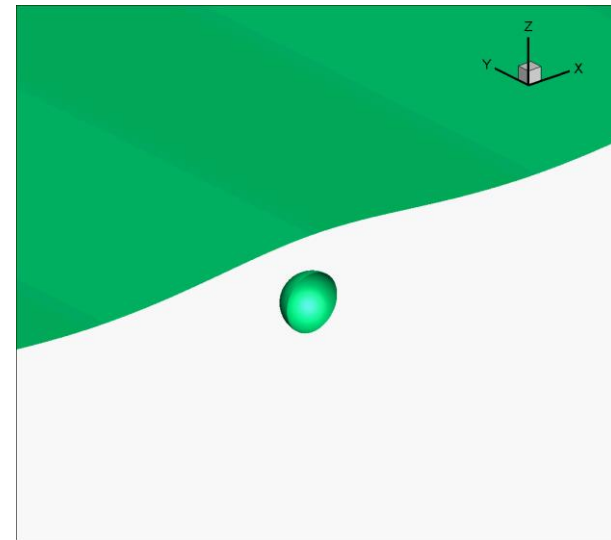
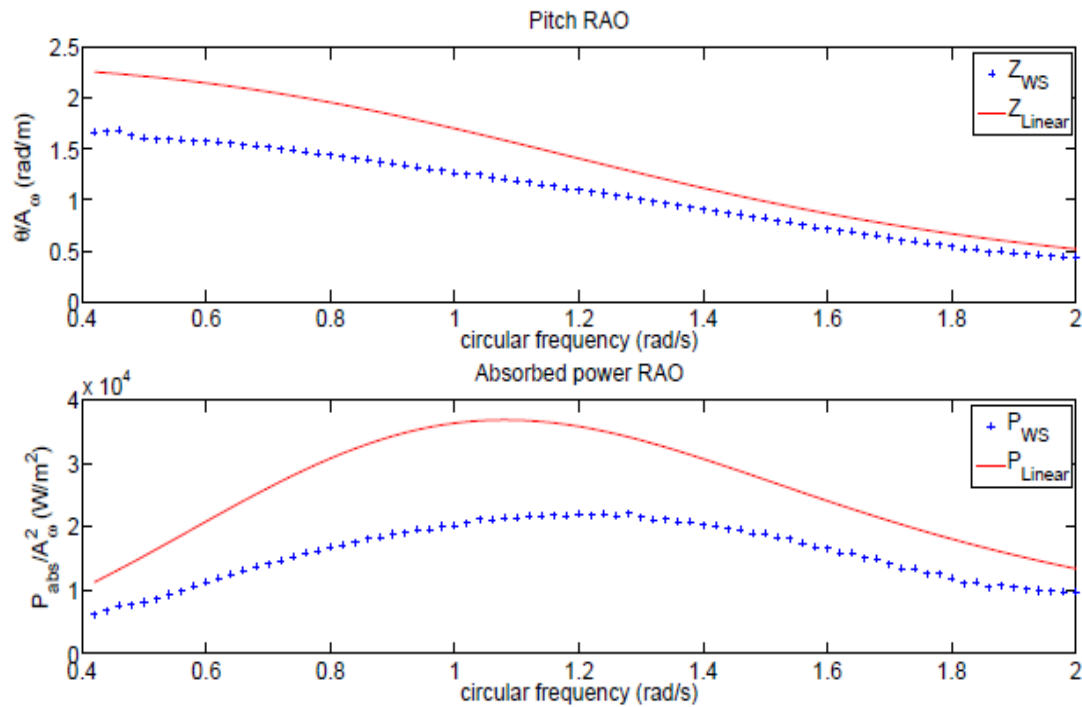
- Des systèmes oscillants accordés aux fréquences de houle
 - Maximisation de la puissance absorbée
 - Meilleur compromis force/vitesse à puissance égale



Fonction de transfert et fonction puissance pour un batteur inversé. Source: [Babarit et al. (2012) NumWEC final report]

- Défi pour la simulation numérique en hydrodynamique
 - Simulation numérique précise aux **grandes échelles de temps** (10^4 h) de la réponse dynamique des systèmes houlomoteurs
 - Prise en compte des **grands mouvements** (variations importantes de géométrie; effets de dissipation visqueuse)

Mouvements de grande amplitude



Comparaison de la réponse dynamique et puissance absorbée avec une approche potentielle et faiblement non-linéaire [Letournel et al., Submitted]

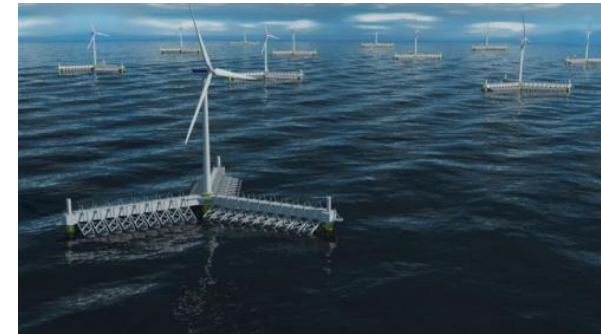
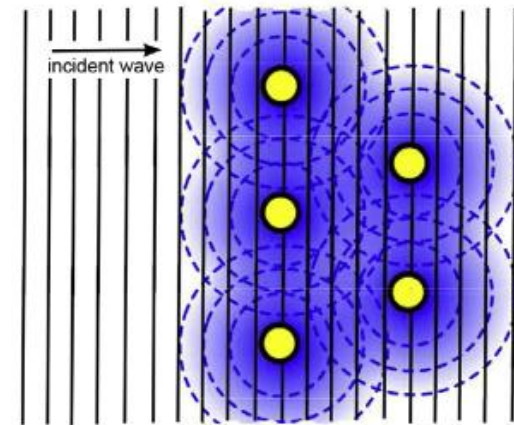
Exploration de l'intérêt d'une approche potentielle instationnaire sous-hypothèses de faibles non-linéarités de surface libre

- Mise en évidence d'un effet significatif des non-linéarités de position sur la puissance absorbée
- Temps de calcul faible: $\sim 10^{2-3}$ s CPU/s physique

Interactions de vagues

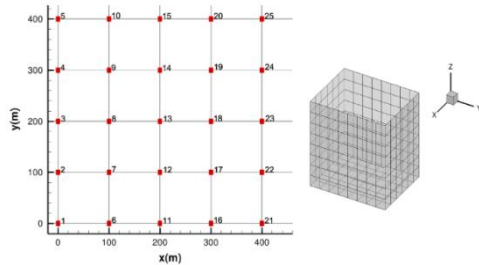
- Pourquoi?

- Des projets de parcs composées de 10^2 machines
- Des systèmes houlomoteurs eux-mêmes composées de nombreux flotteurs en interactions
- Effet destructif ou constructif sur la puissance absorbée selon les configurations de parcs ou de machines
[Thomas & Evans (1981) JFM] montre un effet constructif ou destructif en fonction de la période, distance, direction de la houle.

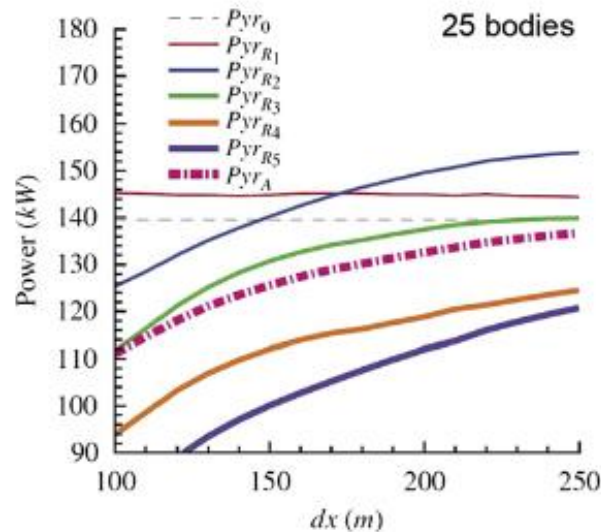


- Défi: étudier et prédire l'effet des interactions de vagues dans les parcs houlomoteurs ($>10^2$ machines)
 - Nécessité **d'accélérer les temps de calcul** des codes de diffraction-radiation

Interactions de vagues

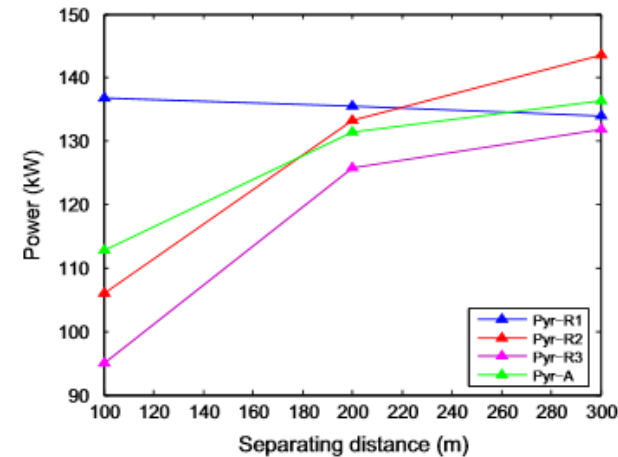
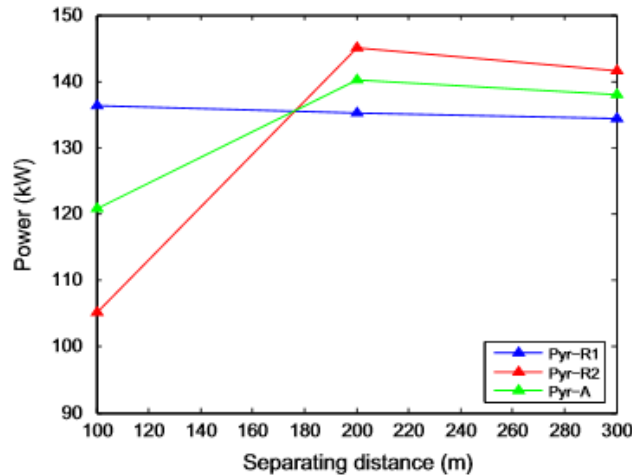


Effet de parcs sur la production d'énergie annuelle en fonction de la distance entre machines pour un parc de 25 machines [Borgarino et al. (2012) OENG]



- Accélération d'un code de diffraction radiation par **FMM** [Rokhlin & Greengard (1988) JCP]
- Parc de 25 (5x5) systèmes houlomoteurs ($\sim 10^5$ inconnues)
- Mais **convergence difficile** pour les grands nombres d'onde

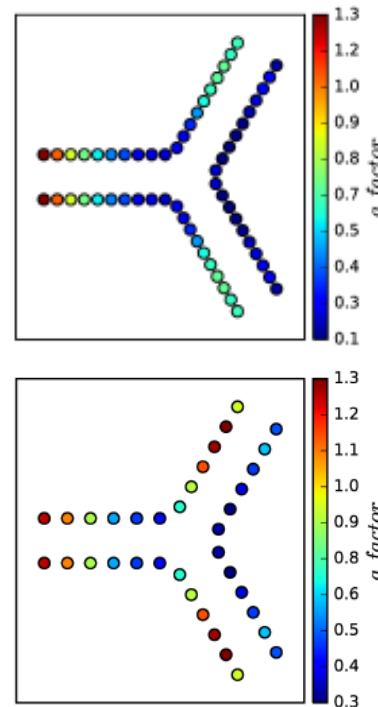
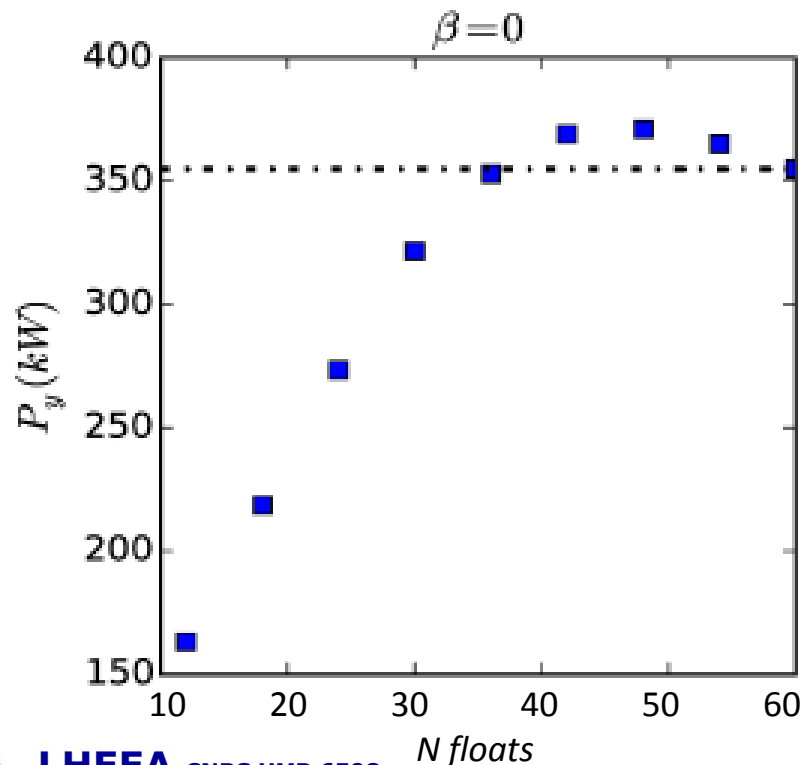
- Accélération par **plane wave approximation** [Simon (1982) JFM]
- Parc de 50 systèmes houlomoteurs
- **Limitée** aux parcs dont les systèmes sont suffisamment éloignés



Effet des parcs sur la production d'énergie annuelle en fonction de la distance entre machines pour un parc de 50 houlomoteurs. A gauche, 2 rangées, à droite 3 rangées. On illustre ici l'intérêt de minimiser le nombre de rangées. [Singh et al. (2014) OENG]

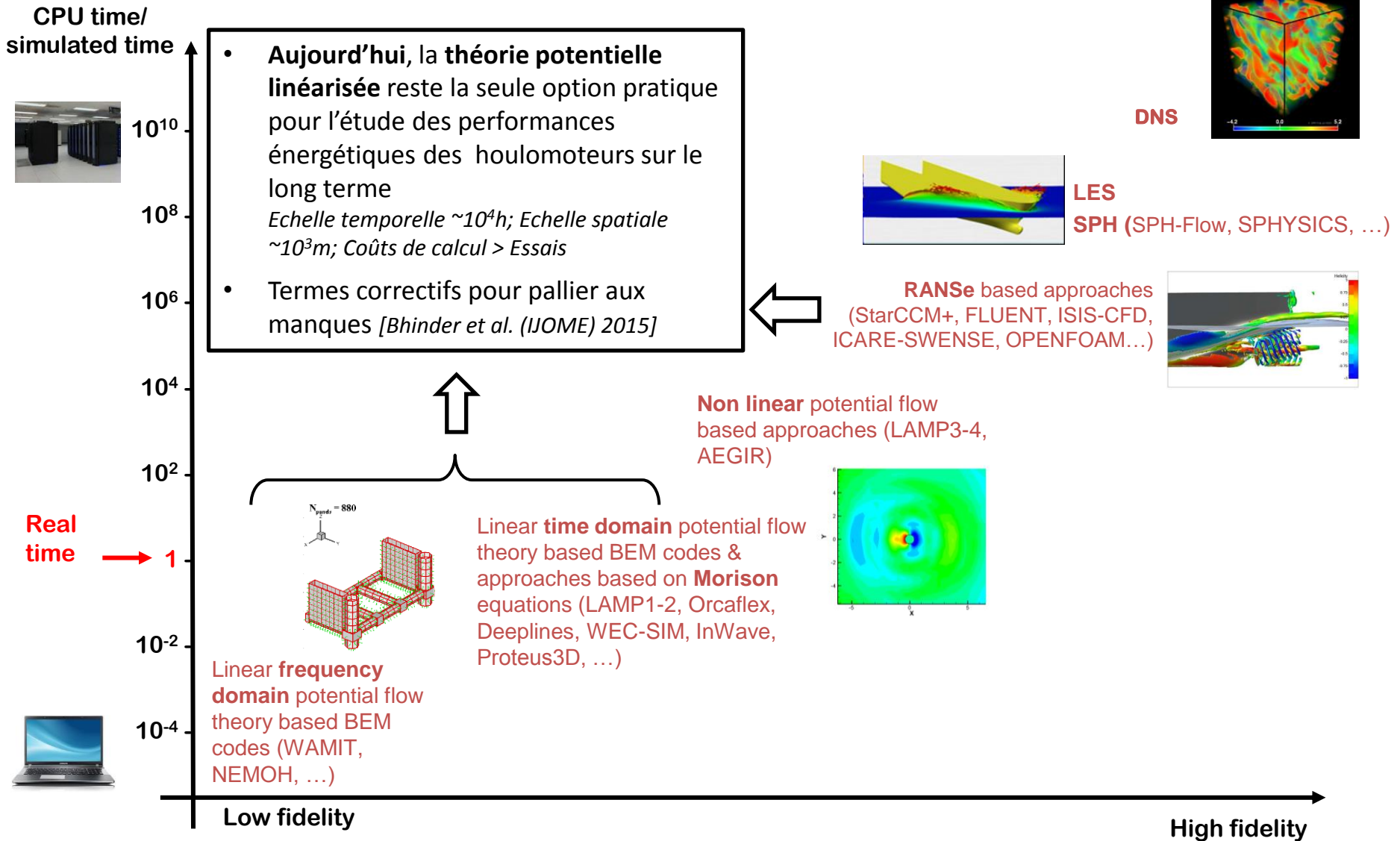
Interactions de vagues

- Effet de parc et impact environnemental minime dans le cas de parcs clairsemés [Babarit (2013) RENE]
 - **Non déterminant** pour l'arrangement des parcs → non prioritaire
- Effet de parc très important dans le cas de systèmes multi-flotteurs denses
 - Accélération par **Multiple scattering method** [Kagemoto & Yue (1986) JFM]

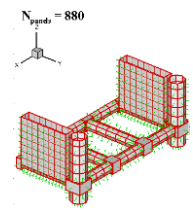
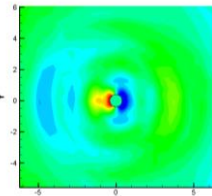
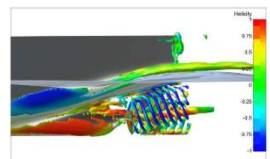
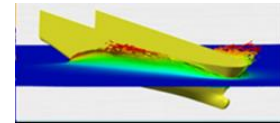
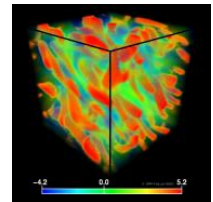
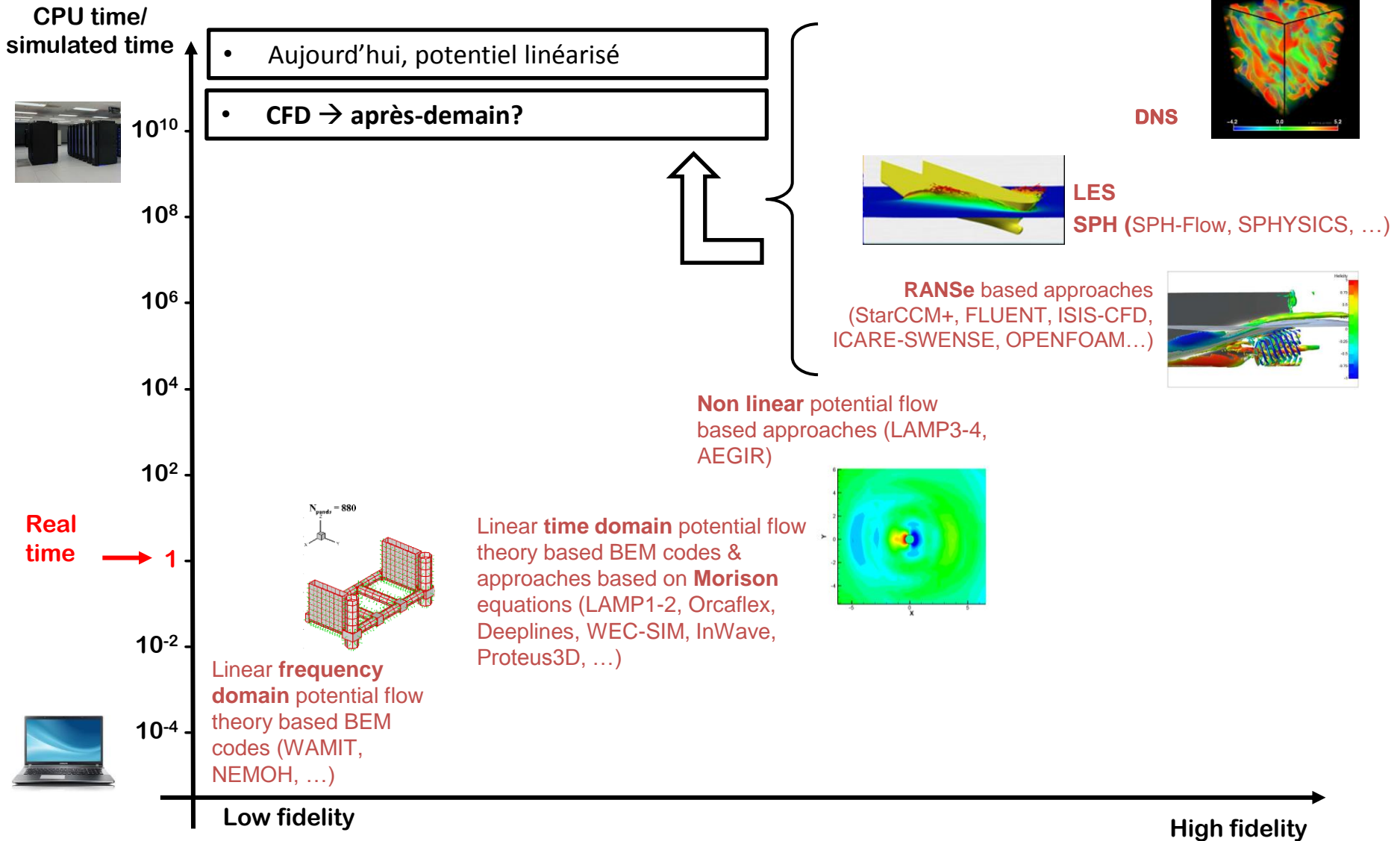


Puissance absorbée en moyenne annuelle d'un *bottom-fixed heave buoy array* en fonction du nombre de flotteurs. Source: [Fabregas et al. (Submitted)]

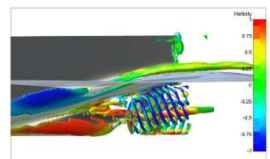
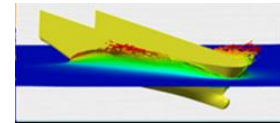
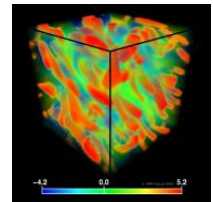
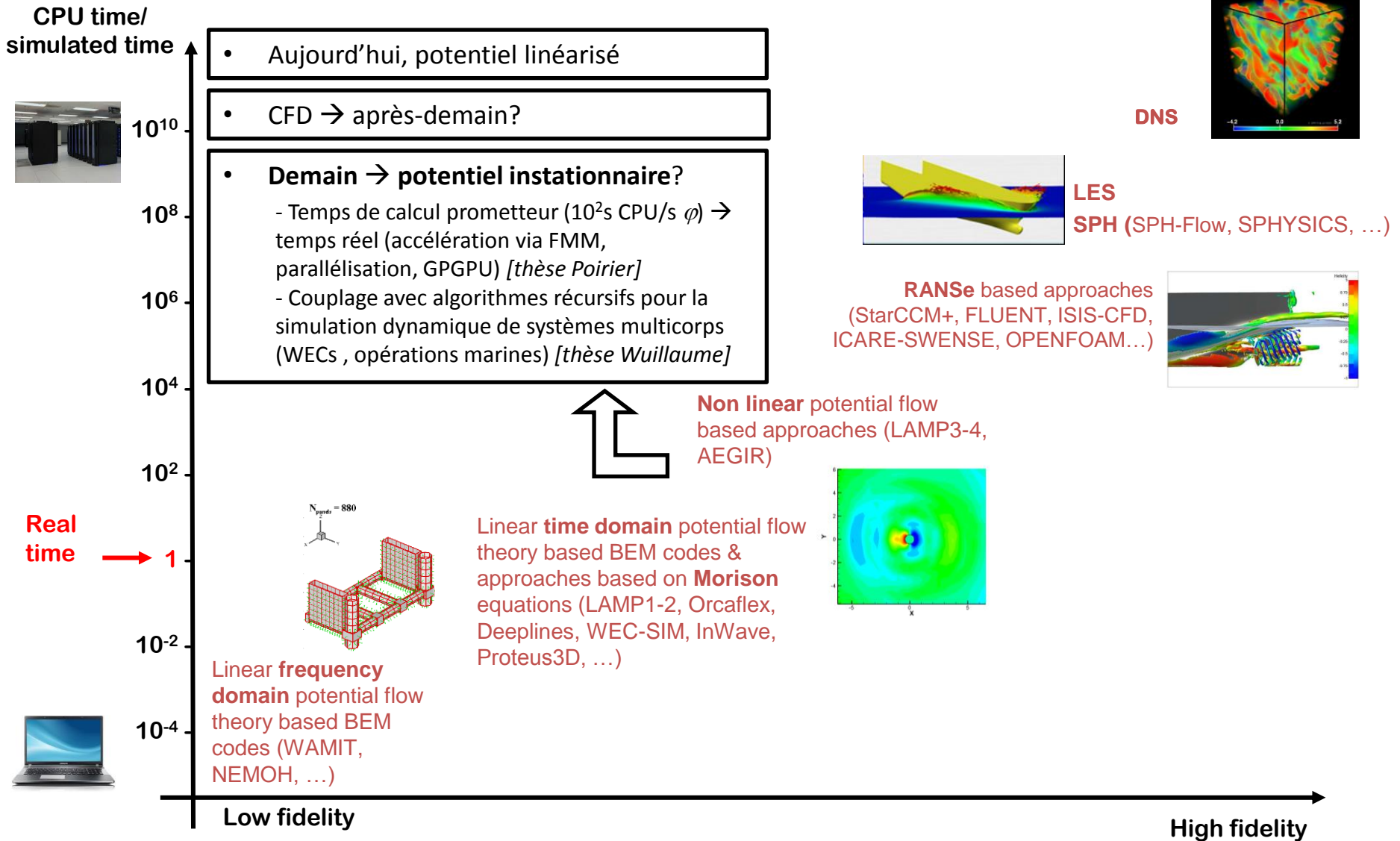
Simulation numérique - perspectives



Simulation numérique - perspectives

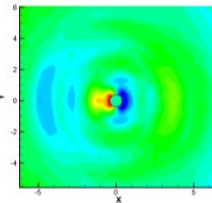


Simulation numérique - perspectives

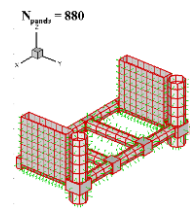


RANSe based approaches
(StarCCM+, FLUENT, ISIS-CFD, ICARE-SWENSE, OPENFOAM...)

Non linear potential flow based approaches (LAMP3-4, AEGIR)



Linear time domain potential flow theory based BEM codes & approaches based on Morison equations (LAMP1-2, Orcaflex, Deeplines, WEC-SIM, InWave, Proteus3D, ...)

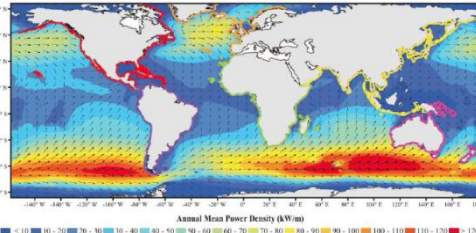


Linear frequency domain potential flow theory based BEM codes (WAMIT, NEMOH, ...)



Plan de l'exposé

Contexte



Éléments de C.V.

JOHN ANTHEBY
 101 N. Main Street, Suite 101
 01901-0101 - Mobile: 0115 457 100 - Email: john.antheby@unh.edu

EDUCATION
 B.S. in Mechanical Engineering, University of New Hampshire
 Ph.D. in Mechanical Engineering, University of New Hampshire

PROFESSIONAL EXPERIENCE
 Senior Research Engineer, University of New Hampshire
 Director, Mechanical and Environmental Engineering

RESEARCH INTERESTS
 Development of innovative marine energy systems, including wave energy converters, tidal energy converters, and offshore wind energy converters. Research interests include the development of innovative marine energy systems, including wave energy converters, tidal energy converters, and offshore wind energy converters.

TEACHING EXPERIENCE
 Professor, University of New Hampshire
 Director, Mechanical and Environmental Engineering

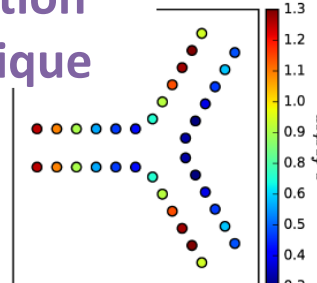
AWARDS AND HONORS
 2007 - Present: Distinguished Professor
 2005 - Present: Distinguished Professor

Key publications
 • Improved efficiency through the creation and implementation of wave energy systems.

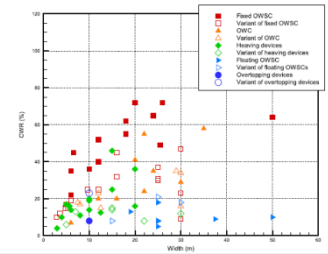
Contrôle



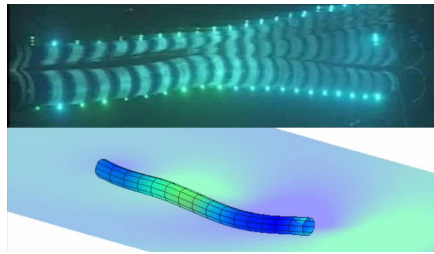
Simulation numérique



Performance

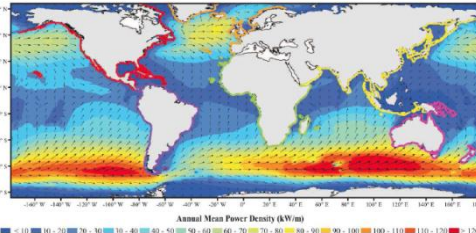


Bilan & perspectives



Plan de l'exposé

Contexte



Éléments de C.V.

JOHN ANTHEBY
 107 N. COLLEGE, SUITE 101
 107 N. COLLEGE SUITE 101 - MOBILE, AL 36688 - PHONE 251.336.2111

EDUCATION
 B.S. IN MECHANICAL ENGINEERING, UNIVERSITY OF ALABAMA
 M.S. IN MECHANICAL ENGINEERING, UNIVERSITY OF ALABAMA

PROFESSIONAL EXPERIENCE
 Director, Mechanical and Environmental Engineering
 Developmental Administrator, Manager, regional airport ports as a strong team leader who values a collaborative approach with staff at all levels to exceed customer expectations. Recently improved customer satisfaction scores in regional health centers having also provided a four-point star of service and process focus. Gained an appreciation as to the importance of discipline and accountability, underscored by the need for equal opportunities and anti-discrimination practices during early career in recruitment, legal, retail and health care settings. Core competencies include:

- Client Liaison
- Relationship building
- Customer Service
- Workload Planning
- Teamwork
- Microsoft Office suite

PERSONAL STATEMENTS AND ACHIEVEMENTS

2007 - Present
 AIR TRAVEL PROGRAM
 Administration Manager
 Leading and directing the administration team, recruiting and creating staff to achieve key performance indicators (KPI) while ensuring consistency in all aspects of administrative services.

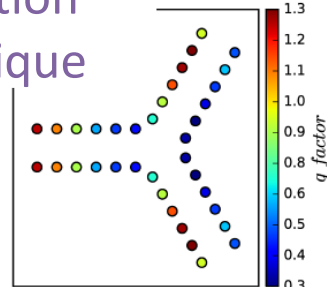
Key achievements

- Improved efficiency through the creation and implementation of some filing system.

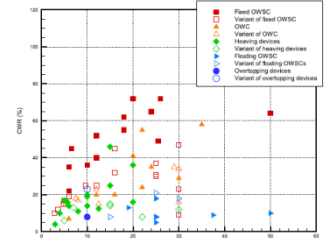
Contrôle



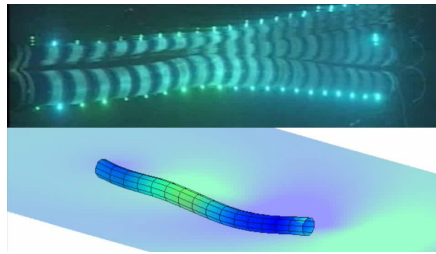
Simulation numérique



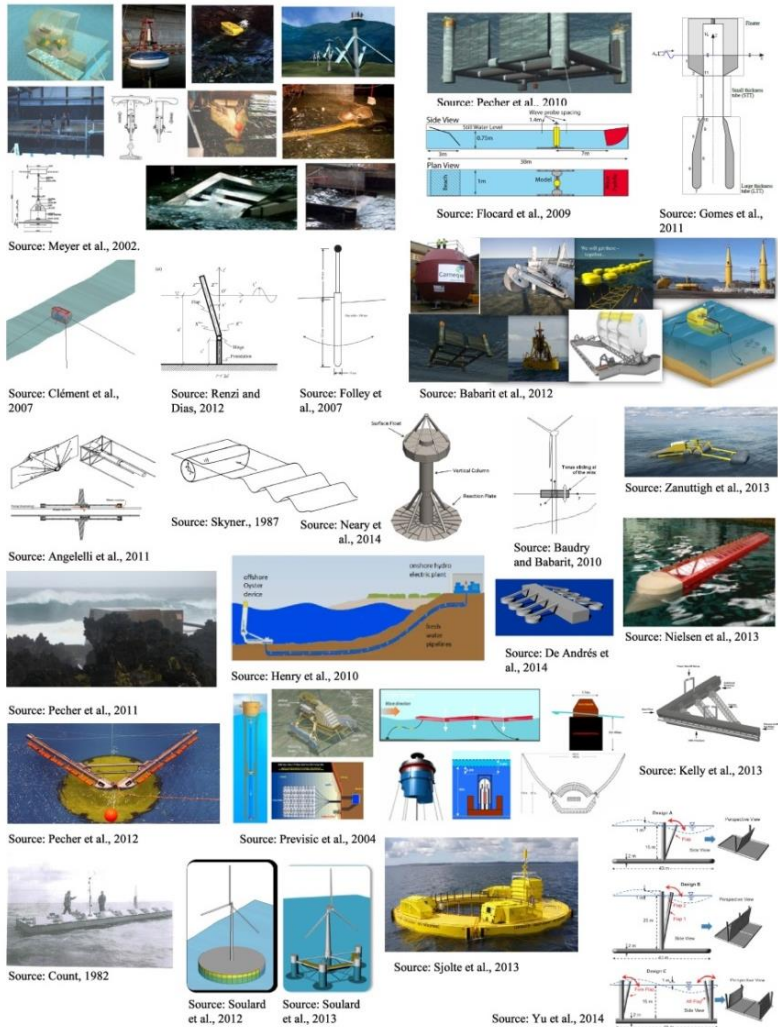
Performance



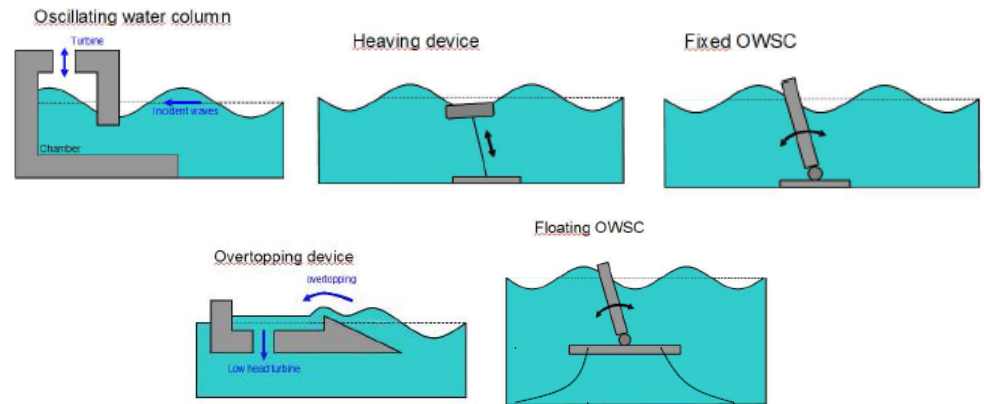
Bilan & perspectives



Performance technico-économique



- Pourquoi ?
 - Un foisonnement de technologies houlomotrices ...
 - ... mais en fait un petit nombre de principes de fonctionnement



- Défi: Hiérarchiser les systèmes houlomoteurs en conditions réalistes; identifier les systèmes les plus performants; écarter les moins performants
 - Nécessité de préciser quel indicateur de performance

Performance énergétique/hydrodynamique

- Métrique pour la performance hydrodynamique : largeur de capture [Falnes (1975) Nature] et largeur de capture relative

$$\eta_1 = \frac{CW}{B} = \frac{P}{JB}$$

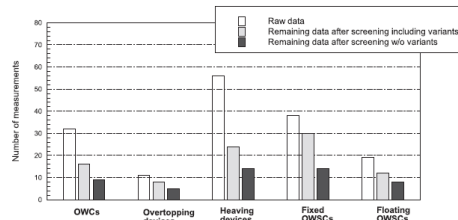
Largeur de capture [m] → CW
 Puissance absorbée [kW] → P
 Dimension caractéristique [m] → B
 Mean wave power flux [kW/m] → JB
 Largeur de capture relative → η_1

- Méthodologie d'estimation de la largeur de capture relative en conditions réalistes/représentatives de conditions opérationnelles

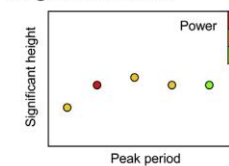
- Houle irrégulière, contrôle réaliste

- Création d'une base de données

- 37 sources bibliographiques, 156 échantillons
- Tri par principes de fonctionnement

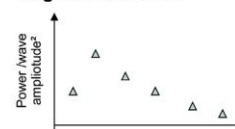


Irregular wave data



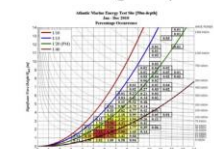
Linear interpolation periods
Quadratic scaling for wave height

Regular wave data

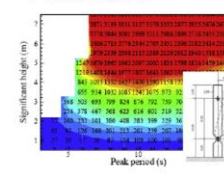


Irregular wave data synthesised using JONWASP spectrum

Scatter diagram (Resource J)



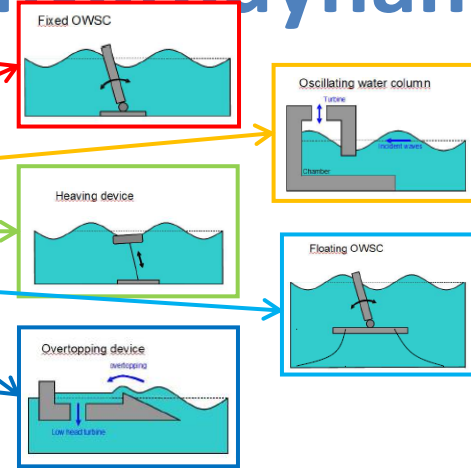
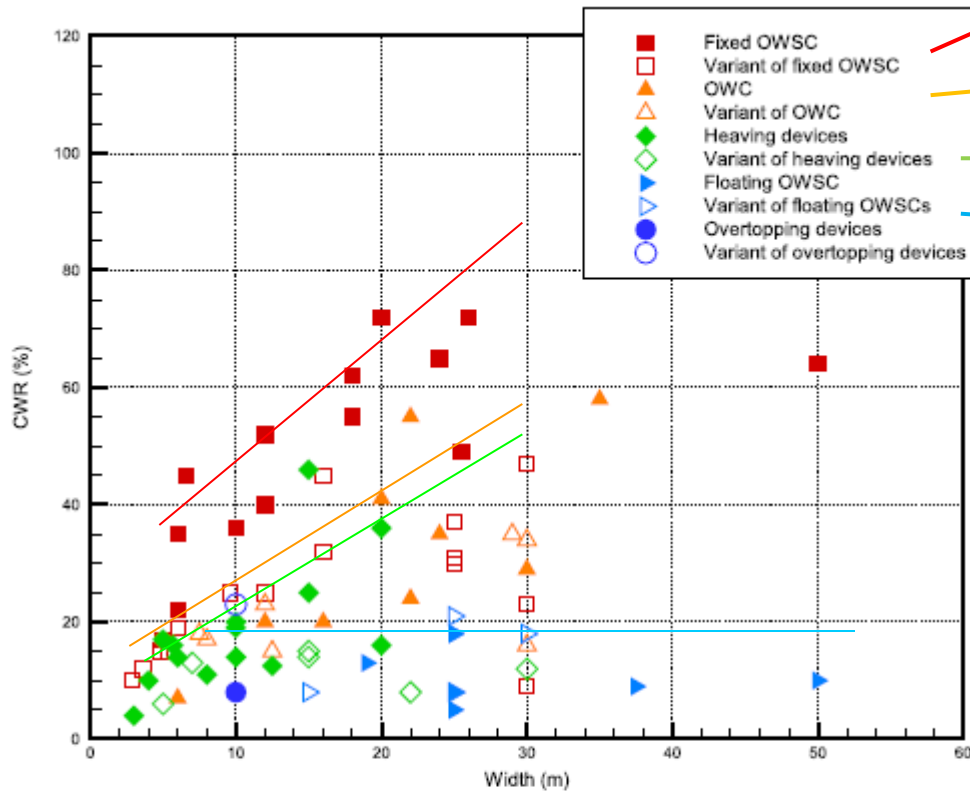
Power matrix



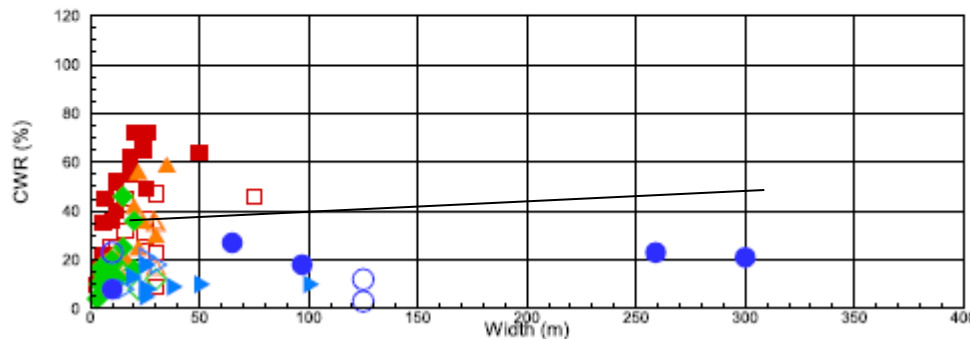
Mean Annual Power

Source: [Babarit (2015) RENE]

Performance énergétique/hydrodynamique



- Dispersion importante mais des tendances observables
- Du plus efficace au moins efficace:
 - Batteurs inversés sur point fixe (70% @ 20m)
 - Bouées pilonnantes & colonnes d'eau oscillantes
 - Systèmes à déferlement & batteurs inversés flottants
- La performance augmente avec la dimension
Dans l'intervalle [0;30] m



Performance technico-économique

- Performance hydrodynamique/énergétique \neq performance technico-économique (coût de l'énergie)

Rendement de la chaîne de conversion énergétique, CAPEX et OPEX, disponibilité

- Proposition d'indicateurs technico-économiques

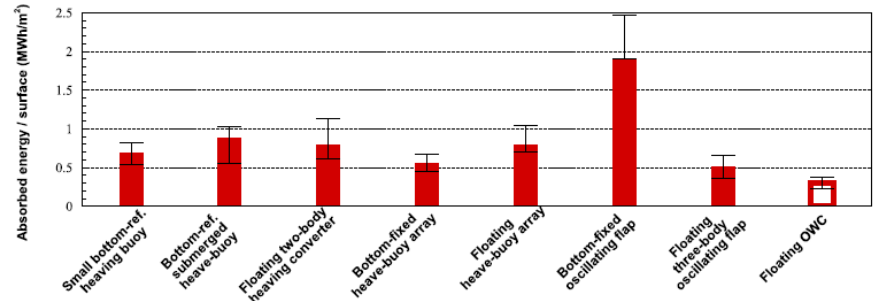
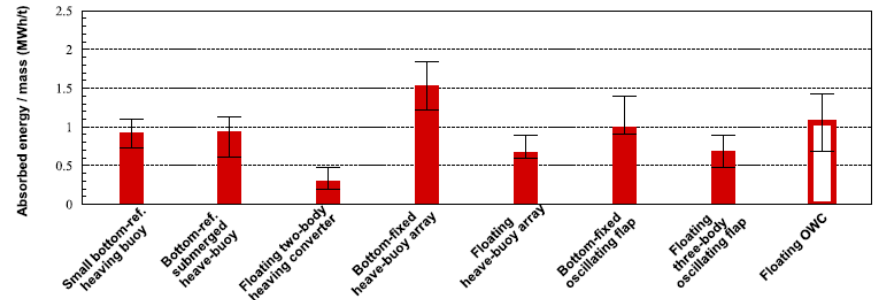
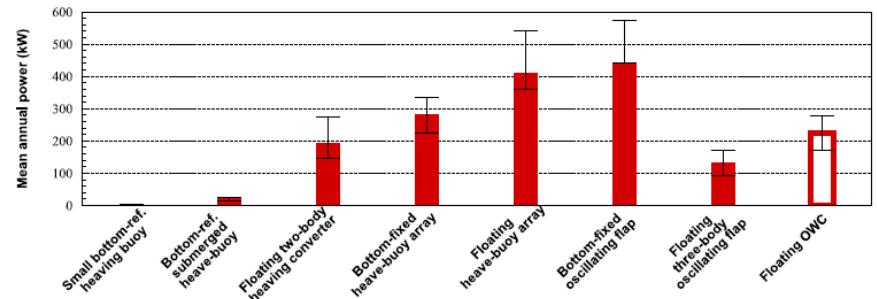
- CAPEX
- 2/3 LCOE
- [OES (2015); Carbon Trust (2006)]
- Puissance absorbée
- Energie absorbée / unité de volume caractéristique
- Energie absorbée / unité de surface caractéristique

- Parangonnage sur une sélection de 8 technologies représentatives

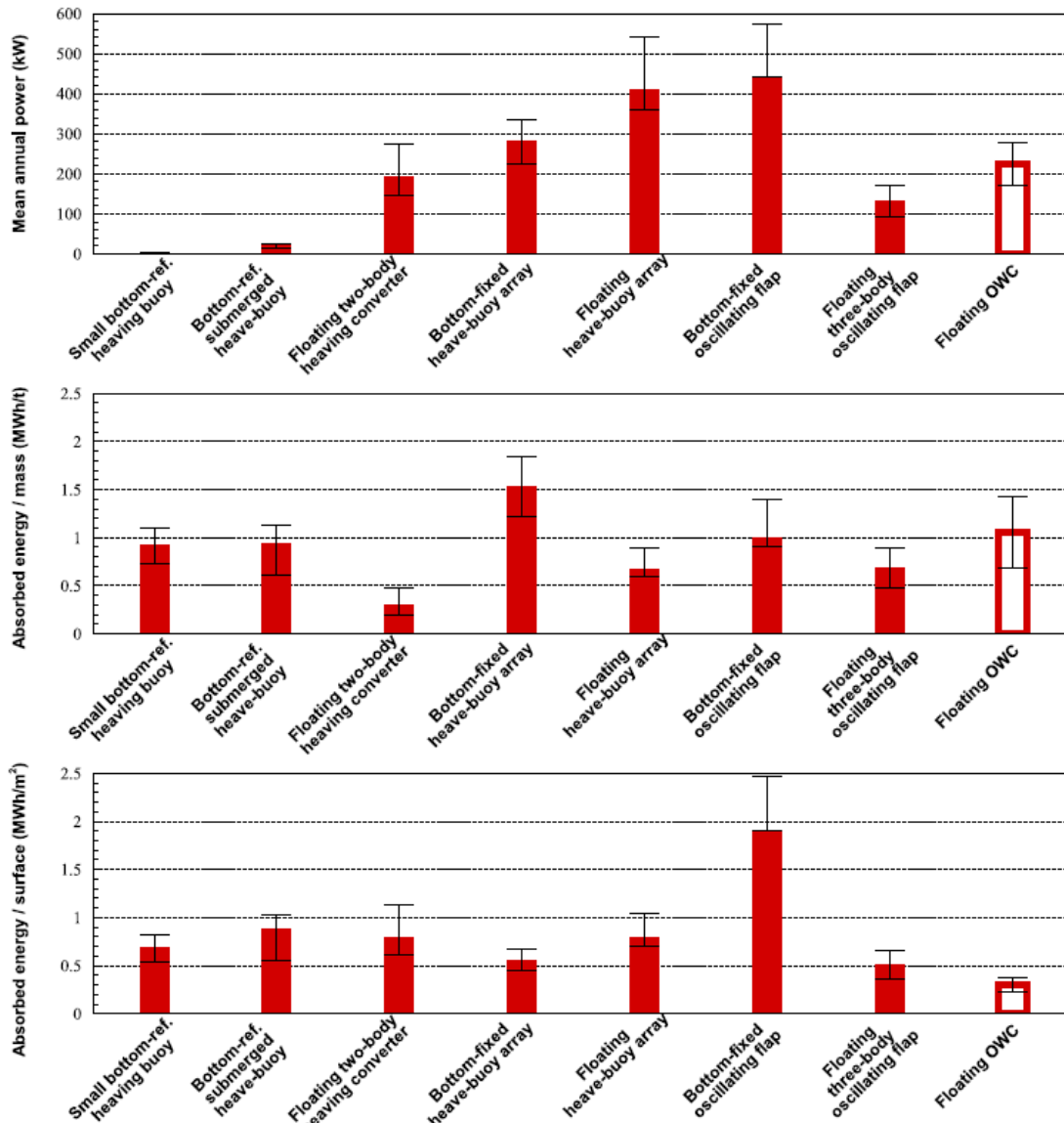


Comparaison de la production d'énergie annuelle, du rapport énergie sur volume caractéristique et énergie sur surface mouillée pour une sélection de 8 systèmes houlomoteurs

Source: [Babarit et al. (2012) RENE]



Performance technico-économique



- Très forte **variabilité** sur la **puissance absorbée**
2 ordres de grandeurs entre min et max
- **Homogénéité** relative des résultats pour les indicateurs de **coût de l'énergie**
→ aucune technologie ne présente un avantage net et consistant sur tous les indicateurs
→ A moduler pour le cas du batteur inversé

Renewable Energy 41 (2012) 44–63

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

ELSEVIER

Renewable Energy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/renene

Numerical benchmarking study of a selection of wave energy converters

A. Babarit^{a,*}, J. Hals^b, M.J. Muliawan^b, A. Kurniawan^b, T. Moan^b, J. Krokstad^c

^aLaboratoire de Mécanique des Fluides, Ecole Centrale de Nantes, 1 rue de la Noë, 44300 Nantes Cedex 3, France
^bCentre for Ships and Ocean Structures, Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, Otto Nielsens v. 10, 7491 Trondheim, Norway
^cStatkraft, PO Box 200, Lillevaker, 0216 Oslo, Norway

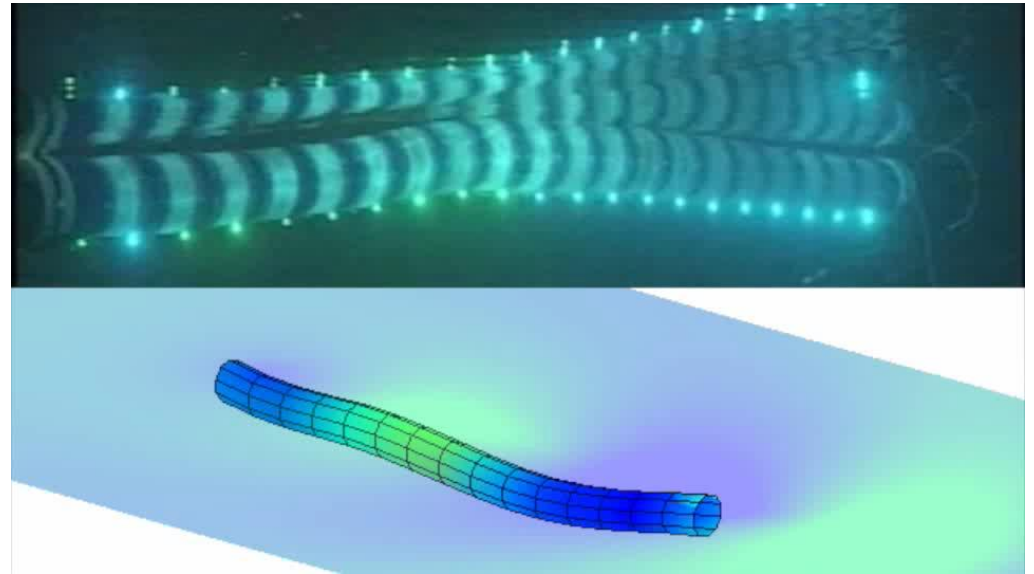
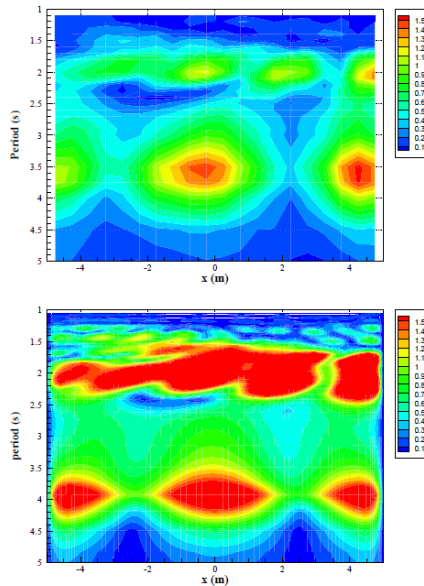
→ 144 citations en 4 ans

- **Nécessité d'une rupture technologique**

Technologies de rupture - pistes

- **Systèmes déformables et/ou électroactifs**

- Développement d'un modèle numérique du houlomoteur S3 [Gendron et al. (2013) OMAE], [Babarit et al. (Submitted)]



- Développement d'un modèle numérique et étude de la performance du M3Wave [Babarit et al. (Under revision)]

- **Système hybrides et/ou multi-usages et/ou multi-flotteurs**

- Plateforme éolien – houlomoteurs [Soulard et al. (2012) OMAE], combinaison houlomoteur & ouvrage de défense côtière et portuaire [Mory et al. (2015) EWTEC], systèmes flottants à multiples colonnes d'eau oscillantes

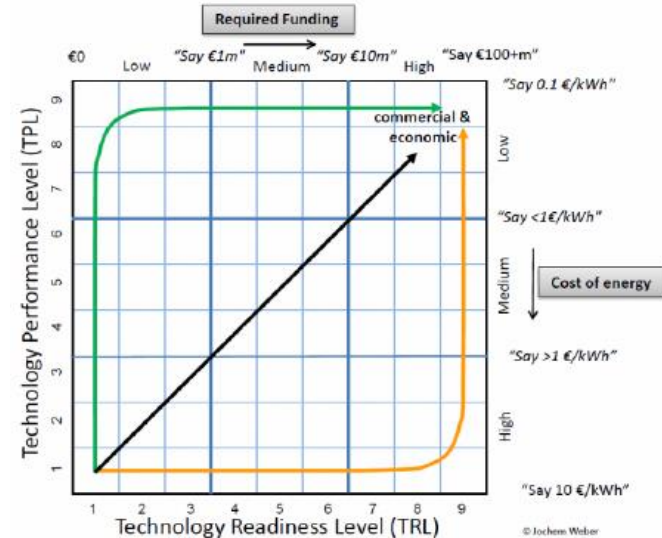
Performance - Perspectives

- **Prise de conscience:**

- **Nécessité d'une rupture technologique**

- Facteur 2 à 4 sur le coût de l'énergie pour les fermes pré-commerciales

- Mettre l'accent sur la **viabilité économique** (TPL) à long terme **autant que** sur la **maturité technique** (TRL) [Weber (2012) ICOE; Weber et al. (2013) EWTEC]

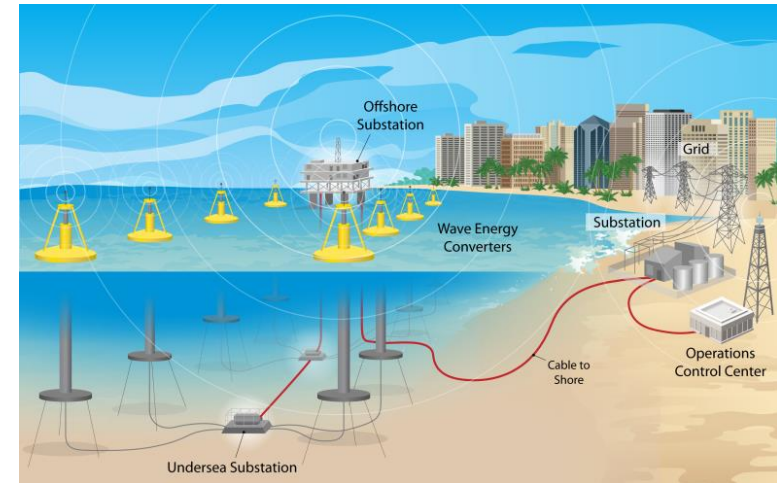


- **Problématique : comment évaluer la viabilité économique à long terme d'une technologie houlomotrice, en particulier au bas niveau de maturité (TRL1-4)?**

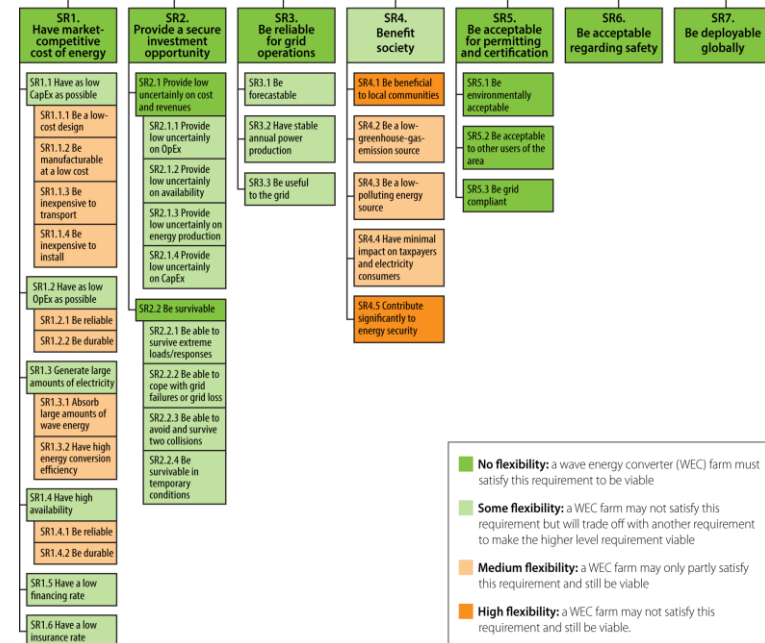
- Destinataire: développeurs, agences de financement et investisseurs

Performance - Perspectives

- **Méthode: ingénierie système**
 - **Marché: réseau électrique continental**
 - Explicitation des 6 étapes du cycle de vie
 - Identification de 26 parties prenantes
- **Formulation d'une liste de 33 exigences des parties prenantes pour une ferme économiquement viable** [Babarit et al. (Submitted)]
- **Niveau de complexité incompatible avec un portage par une PME?**



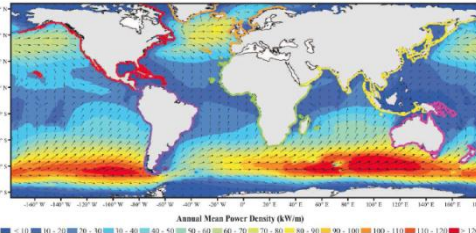
Wave energy farm: The wave energy farm will convert ocean wave energy to electricity and deliver it to the continental grid market in a competitive and acceptable manner across the lifecycle



Liste des exigences des parties prenantes pour une ferme houlomotrice économiquement viable. Illustration par Alfred Hicks (NREL). Source: [Babarit et al. (Submitted)]

Plan de l'exposé

Contexte



Éléments de C.V.

JOHN ANTHEBY
 107 N. MAIN ST., SUITE 101, NANTUCKET, MA 01905
 Telephone: 508-548-1111 • Mobile: 508-548-1111 • Email: john.antheby@nps.gov

EDUCATION
 B.S. in Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 1998

PROFESSIONAL EXPERIENCE
 Director, Nantucket Island Renewable Energy Program
 Director, Nantucket Island Renewable Energy Program

SKILLS
 Development of administration, management, engineering, and program management skills. Strong team leader who values a collaborative approach with staff at all levels to meet customer expectations. Recently improved customer satisfaction scores in a national health care survey. Being able to provide a high level of service and process focus. Gained an appreciation as to the importance of discipline and accountability, underscored by the need for equal opportunities and anti-discrimination practices during early career in recruitment, legal, retail and health care settings. Competencies include:

- Client Liaison
- Relationship building
- Customer Service
- Workflow Planning
- Teamwork
- Microsoft Office suite

PERSONAL STATEMENTS AND ACHIEVEMENTS

2007 - Present
 DIRECTOR, PROGRAM
 Administration Manager

Leading and directing the administration team, recruiting and creating staff to achieve key performance indicators (KPI) while ensuring consistency in all aspects of administrative services.

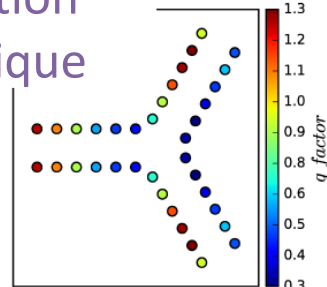
Key achievements

- Improved efficiency through the creation and implementation of some key systems.

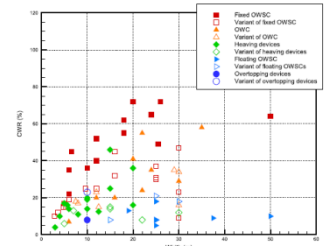
Contrôle



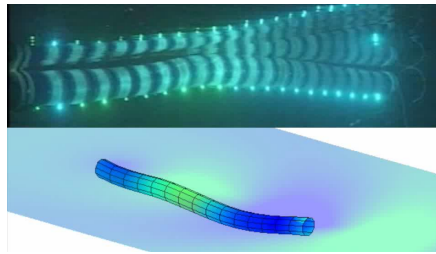
Simulation numérique



Performance

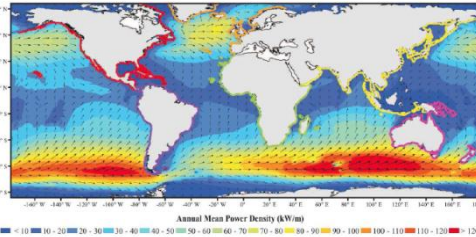


Bilan & perspectives



Plan de l'exposé

Contexte



Éléments de C.V.

JOHN ANTHEBY
 107 N. MAIN ST., SUITE 101, NANTUCKET, MA 01905
 Telephone: 508-548-1111 - Mobile: 508-548-1111 - Email: john.antheby@nantes.fr

EDUCATION
 B.S. in Mechanical Engineering, University of Massachusetts Lowell, Lowell, MA, 1998
 M.S. in Mechanical Engineering, University of Massachusetts Lowell, Lowell, MA, 2000

PROFESSIONAL EXPERIENCE
 Developmental Administration Manager, regional airport ports in a strong team leader who values a collaborative approach with staff at all levels to exceed customer expectations. Recently improved customer satisfaction scores in regional health centers having also provided a host of services and process improvements. Gained an appreciation as to the importance of discipline and accountability, underscored by the need for equal opportunities and anti-discrimination practices during early career in recruitment, legal, retail and health care settings. Components include:

- ✓ Client Liaison
- ✓ Relationship building
- ✓ Customer Service
- ✓ Workflow Planning
- ✓ Teamwork
- ✓ Microsoft Office suite

PERSONAL STATEMENTS AND ACHIEVEMENTS

2007 - Present AIRCRAFT PORTS
Administration Manager

Leading and developing the administration team, recruiting and creating staff to achieve key performance indicators (KPI) while ensuring consistency in all aspects of administrative services.

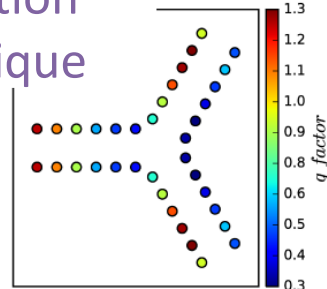
Key achievements

- Improved efficiency through the creation and implementation of some filing system.

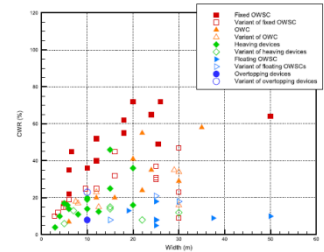
Contrôle



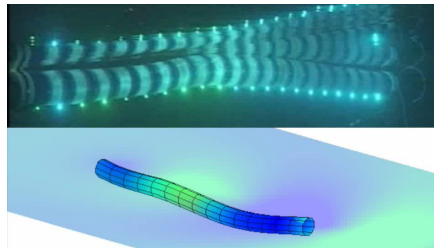
Simulation numérique



Performance



Bilan & perspectives



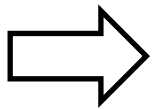
Bilan & perspectives en énergie des vagues

- **Nécessité d'une rupture technologique**

Facteur 2 à 4 sur le coût de l'énergie; marchés alternatifs (sites isolés par exemple); hybridation d'usages ou d'énergies

- **Nécessité d'une rupture méthodologique**

Méthodologie d'évaluation transparente de la viabilité économique; Favoriser et faciliter l'émergence de concepts innovants (innovation ouverte)



- Exploration et optimisation de **concepts innovants** et **accompagnement** des **développeurs**: SBM S3 [Thèse Gendron]; GEPS Techno [Thèse Ercolanelli]; M3Wave [Projet collaboration NREL]; CalWave; [Projet thèse Desmars FEM-UCBerkeley]
- Contribution au développement d'une **méthodologie d'évaluation** de la **viabilité économique** des houlomoteurs [Projet collaboration NREL]
- Promotion, structuration et développement de l'offre **de logiciels libres** du LHEEA [Thèse Xie]
- Promotion d'une **recherche ouverte** sur les procédés de conversion

Autres perspectives

- **Prédiction de houle**
 - Etude d'une méthode avec initialisation par mesure de la cinématique dans la colonne d'eau [*Projet de thèse S3*]
- **Simulation numérique en hydrodynamique**
 - Poursuite du développement d'un simulateur versatile basé sur une approche potentiel instationnaire
Temps réel [Thèse Poirier]; grands mouvements y compris vitesse d'avance [Post-Doc Letournel]; multi-corps & opérations marines [Thèse Guillaume]; réalité virtuelle et réalité augmentée [Projet collaboration D-Ice Engineering]
 - Extension des travaux méthodologiques sur les interactions de vagues dans les parcs houlomoteurs aux interactions houle-glace [*Projet de post-doc*]
- **Génération de houle et courant en bassin**
 - Amélioration du rendement énergétique et de la qualité de la houle générée [*Projet de stage de Master Lemoine*]

Merci pour votre attention !