



**HAL**  
open science

## LHSV - Laboratoire d'hydraulique Saint-Venant

Rapport Hcéres

► **To cite this version:**

Rapport d'évaluation d'une entité de recherche. LHSV - Laboratoire d'hydraulique Saint-Venant. 2014, École des ponts Paristech. hceres-02033047

**HAL Id: hceres-02033047**

**<https://hal-hceres.archives-ouvertes.fr/hceres-02033047>**

Submitted on 20 Feb 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

Évaluation de l'AERES sur l'unité :

Laboratoire d'Hydraulique Saint-Venant

LHSV

sous tutelle des

établissements et organismes :

École des Ponts ParisTech

EDF Recherche et Développement

Centre d'Études et d'expertises sur les Risques,

l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement



Janvier 2014



agence d'évaluation de la recherche  
et de l'enseignement supérieur

Section des Unités de recherche

*Pour l'AERES, en vertu du décret du 3  
novembre 2006<sup>1</sup>,*

- M. Didier HOUSSIN, président
- M. Pierre GLAUDES, directeur de la section  
des unités de recherche

*Au nom du comité d'experts,*

- M. Mathieu MORY, président du  
comité

---

<sup>1</sup> Le président de l'AERES « signe [...], les rapports d'évaluation, [...] contresignés pour chaque section par le directeur concerné » (Article 9, alinea 3 du décret n°2006-1334 du 3 novembre 2006, modifié).



# Rapport d'évaluation

Ce rapport est le résultat de l'évaluation du comité d'experts dont la composition est précisée ci-dessous.

Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de ce comité.

Nom de l'unité : Laboratoire d'Hydraulique Saint Venant

Acronyme de l'unité : LHSV

Label demandé : Renouvellement

Nom du directeur  
(2013-2014) : M. Michel BENOIT

Nom du porteur de projet  
(2015-2019) : M. Michel BENOIT

## Membres du comité d'experts

Président : M. Mathieu MORY, Université de Pau et des Pays de l'Adour

Experts :

- M. Christophe BOUVIER, IRD, Montpellier
- M. Frédéric DIAS, ENS Cachan
- M. Eric LAJEUNESSE, Institut de Physique du Globe, Paris
- M. David LE TOUZE, École Centrale de Nantes

Délégué scientifique représentant de l'AERES :

M. Jean Pierre BRANCHER

Représentant(s) des établissements et organismes tutelles de l'unité :

M. Daniel MATTEI et M. Jean Paul CHABARD, EDF R&D

M. Serge PIPERNO, ENPC

M. Philippe SERGENT, CEREMA

## 1 • Introduction

### Historique et localisation géographique de l'unité

Le Laboratoire d'Hydraulique Saint-Venant a été créé le 15 janvier 2008. Il est commun à l'École des Ponts ParisTech (ENPC), EDF R&D et le CETMEF (intégré au CEREMA au 1<sup>er</sup> janvier 2014). Via l'École des Ponts, il est rattaché au PRES Université Paris-Est.

Le laboratoire est situé à Chatou sur le site EDF R&D.

### Équipe de direction

La direction du laboratoire est assurée par un directeur nommé pour un mandat de 5 ans, avec l'appui d'un animateur pour chacun des trois thèmes du laboratoire.

Un comité de direction, composé des représentants des trois organismes de tutelle, définit les orientations stratégiques du laboratoire. Le directeur, nommé par le comité de direction, participe au comité de direction avec voix consultative.

Un conseil de laboratoire, mis en place depuis 2009, réunit 2 à 3 fois par an les chercheurs et ingénieurs-chercheurs du laboratoire et des représentants des doctorants et post-doctorants. Les animateurs de thèmes sont désignés par le conseil de laboratoire, après avis favorable du directeur pour un mandat de 4 ans. Depuis 2011, les animateurs de thèmes participent au comité de direction.

### Nomenclature AERES :

ST5 (Sciences pour l'Ingénieur SPI)

### Effectifs de l'unité

Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
<b>N1</b> : Enseignants-chercheurs titulaires et assimilés		
<b>N2</b> : Chercheurs des EPST ou EPIC titulaires et assimilés	ENPC CEREMA <sup>2</sup> EDF R&D	
	1 (1) 3 (2,4) 13 (6,5)	1 (1) 4 (3,4) 14 (7)
<b>N3</b> : Autres personnels titulaires (n'ayant pas d'obligation de recherche)	EDF R&D	
	2 (1)	2 (1)
<b>N4</b> : Autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
	1 (0,4)	1 (0,4)
<b>N5</b> : Autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, Post-doctorants, visiteurs etc.)		
		1 (0,1)
<b>N6</b> : Autres personnels contractuels (n'ayant pas d'obligation de recherche)		
<b>TOTAL N1 à N6</b>	<b>20 (11,3)</b>	<b>23 (12,9)</b>

<sup>2</sup> Est décompté des effectifs au 30/06/2013 un chercheur détaché à l'ANR.



Effectifs de l'unité	Nombre au 30/06/2013	Nombre au 01/01/2015
Doctorants	10	
Thèses soutenues	5	
Post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	8	
Nombre d'HDR soutenues	2	
Personnes habilitées à diriger des recherches ou assimilées	4	5



## 2 • Appréciation sur l'unité

### Avis global sur l'unité

Sous la tutelle de EDF R&D, du CETMEF et de l'ENPC, le LHSV effectue de la recherche appliquée d'anticipation et du développement d'outils en lien étroit avec le LNHE (EDF R&D) et le CETMEF dans le champ de la mécanique des fluides et de l'environnement. Sa production scientifique est de qualité pour les trois thèmes du laboratoire, avec une visibilité plus particulière pour les recherches concernant la dynamique des états de mers et la simulation numérique des écoulements, domaines dans lesquels le laboratoire est au meilleur niveau. La composante académique du laboratoire est réduite, bien que l'implication des personnels du laboratoire dans diverses formations soit importante, en particulier pour l'enseignement à l'ENPC. En lien avec EDF R&D et le CETMEF, le LHSV contribue, aux côtés d'autres partenaires, à une activité de transfert de niveau exceptionnel : système Télémac-Mascaret, codes SPH, base ANEMOC des états de mer. Le laboratoire jouit donc d'une bonne reconnaissance dans le milieu académique comme dans le milieu industriel. Grâce à la qualité des recherches et à son positionnement original, le LHSV bénéficie d'une bonne attractivité pour les doctorants et les post-doctorants.

Créé en 2008, le LHSV a su au cours de son premier contrat quinquennal créer une bonne synergie, notamment entre EDF R&D et le CETMEF, accroître sa production scientifique et faire mûrir le positionnement et l'organisation de ses thèmes scientifiques.

### Points forts et possibilités liées au contexte

- une production scientifique de qualité pour tous les thèmes du laboratoire et des thématiques phares pour la dynamique des états de mer et la simulation numérique des écoulements ;
- un adossement fort à EDF R&D et au CETMEF, qui permet au laboratoire de bénéficier de moyens importants ;
- une activité de valorisation exceptionnelle : système Télémac-Mascaret, codes SPH, base ANEMOC des états de mer ;
- une bonne synergie entre le CETMEF et EDF R&D ;
- un accès aux moyens expérimentaux du LNHE qui représentent une opportunité exceptionnelle.

### Points faibles et risques liés au contexte

- une implication déséquilibrée des tutelles. La contribution de l'ENPC reste très réduite et ne fait pas apparaître d'évolution au cours du contrat quinquennal passé ;
- le laboratoire a peu de latitude pour définir sa stratégie de recherche, sur laquelle l'emprise du LNHE et du CETMEF sont fortes, en dépit de progrès réalisés (mise en place d'un conseil de laboratoire, meilleure implication des animateurs de thèmes). La stratégie de recherche est très cohérente, mais avec une prise de risque faible ;
- bénéficiant d'un fort soutien financier de deux de ses tutelles, le laboratoire est peu proactif au sein de la communauté scientifique pour piloter des projets et s'impliquer avec d'autres laboratoires académiques et industriels dans des programmes collaboratifs. Le faible effectif du laboratoire peut expliquer en partie ce positionnement. Le risque est celui d'un repli qui verrait le laboratoire travailler exclusivement au profit de ses tutelles et, dans ce cas, le laboratoire ne pourrait guère justifier son existence vis-à-vis de structures déjà en place, notamment le LNHE. La critique peut en fait non pas viser le LHSV mais ses tutelles, qui rechercheraient à travers le LHSV à réaliser le maximum de leur recherche amont en son sein, plutôt que de nouer des collaborations avec la communauté scientifique ;
- les outils expérimentaux auxquels le laboratoire a accès apparaissent sous-exploités en regard du potentiel. Le risque est que cette situation ne s'améliore pas au vu de départs récents de techniciens.



### Recommandations

- le LSHV est encouragé à poursuivre un projet cohérent, aboutissant à une bonne production scientifique et à un transfert important ;
- il paraît souhaitable que le laboratoire bénéficie de davantage d'autonomie vis-à-vis de ses tutelles pour définir une partie de sa stratégie de recherche et qu'il veille à ne pas se replier sur les seuls objectifs de ses tutelles. Cela pourrait lui permettre de développer encore plus ses activités au sein de projets collaboratifs académiques ;
- il serait souhaitable que la valeur ajoutée apportée par l'ENPC dans le laboratoire s'accroisse ;
- il serait regrettable que les moyens expérimentaux deviennent accessoires dans la stratégie de recherche du laboratoire.



### 3 • Appréciations détaillées

#### Appréciation sur la production et la qualité scientifiques

Le laboratoire a accru sa production scientifique au cours du contrat quinquennal qui s'achève. Deux chercheurs ont une production scientifique significativement plus importante, mais le laboratoire a aussi visiblement encouragé tous les chercheurs à publier. Les supports éditoriaux sont de notoriété variable. Sur 75 articles de revues, 38 concernent des revues de facteur d'impact à cinq ans supérieur à 1,5. Pour 10,5 ETP en moyenne sur la période (1/01/2008 - 30/06/2013), ceci traduit une bonne production scientifique.

La visibilité de la production scientifique du laboratoire est d'abord celle des sous-thèmes « Dynamique et statistiques des états de mer réels » et « Écoulements complexes sur ouvrages hydrauliques » avec le développement d'outils de simulation SPH. On ne peut probablement pas parler de rupture ou de nouvelle problématique, mais de production scientifique au meilleur niveau. Quelques-unes d'entre elles sont des co-publications internationales.

Une analyse plus détaillée des publications par thème montre que les trois thèmes du laboratoire ont une production scientifique satisfaisante qui couvre les sujets traités par le laboratoire, en faisant appel dans chacun des axes à des supports éditoriaux de qualité pour certaines des publications.

#### Appréciation sur le rayonnement et l'attractivité académiques

Le laboratoire est très impliqué dans le groupe SPHERIC et le GIS HED2 et il participe à deux autres GDR. Il est aussi présent dans les organisations professionnelles (CLAR-OM, AIRH). Ceci a conduit plusieurs membres du laboratoire à participer à l'organisation de nombreuses manifestations nationales ou internationales dans le cadre de la SHF (Société Hydrotechnique de France), de l'EGU (European Geophysical Union), de l'AGU (American Geophysical Union) du CLAR-OM (Club pour les Actions de Recherche sur les Ouvrages en Mer), des conférences THESIS 2011 et 2013, de la conférence Uncertainty Modelling in Hydraulics 2012 (Stresa, Italie) ou encore des 13<sup>ème</sup> journées de l'Hydrodynamique (2012).

L'implication dans la Société Hydrotechnique de France doit plus particulièrement être soulignée.

Le rayonnement du laboratoire a été récompensé par des prix et distinctions, en premier lieu avec le grand prix 2013 de la SHF attribué l'un de ses membres pour l'ensemble de son œuvre. Figurent aussi des prix de thèse (SHF et Université Paris-Est) et des prix récompensant des communications (journées nationales Génie Côtier - Génie Civil, congrès RCEM2009, ISRS' 2013, groupe SPHERIC).

Plusieurs membres du laboratoire participent à des expertises, évaluations et jurys de recrutement. Le laboratoire semble toutefois préservé d'une sollicitation excessive à laquelle sa participation à de nombreux réseaux aurait pu conduire.

Le LHSV jouit d'une forte attractivité pour recruter ses doctorants et post-doctorants. L'adossement du laboratoire à EDF y contribue. Plusieurs doctorants et post-doctorants ont exprimé en session restreinte avoir été attirés par les problématiques industrielles des projets de recherche et les perspectives d'évolution professionnelle au sein de EDF. Le nombre de post-doctorants étrangers recrutés par l'unité est particulièrement important.

Si on relève la forte présence du LHSV dans les réseaux, associations et communauté, il est difficile de le qualifier comme leader pour monter des projets. Le laboratoire participe (au passé comme au présent) à plusieurs ANR, un projet européen (THESEUS), des projets du MEDDE, des projets IEED France Energies Marines, mais il se tient en retrait du pilotage de projets collectifs, alors que son positionnement à l'interface entre le monde académique et industriel pourrait être particulièrement utile. Ce que l'on peut interpréter comme une volonté de se tenir à l'écart des responsabilités de pilotage pour préserver le temps pour l'activité de recherche du laboratoire.



## Appréciation sur l'interaction avec l'environnement social, économique et culturel

Les recherches menées contribuent à une diffusion remarquable dans l'environnement social, économique et culturel. Trois produits doivent être plus particulièrement mentionnés :

- le système Télémac-Mascaret, s'appuyant sur un réseau de partenaires nationaux et internationaux, aujourd'hui en opensource et autour duquel un réseau d'utilisateurs dense est animé ;
- le développement de codes SPH (SPARTACUS-2D et SPHYNX) aujourd'hui partiellement intégrés au sein du consortium opensource GPU-SPH ;
- la base de données ANEMOC (états de mer sur 30 ans), accessible sur un site maintenu par le CETMEF, utilisée par les laboratoires de recherche et les bureaux d'étude.

Les personnels du LHSV sont très impliqués dans ces réalisations. L'activité de recherche du LHSV permet indéniablement d'adosser ces réalisations aux connaissances scientifiques les plus récentes. L'accès sur internet de la base ANEMOC et la diffusion opensource de Télémac-Mascaret ont contribué au succès de la diffusion de ces outils. Certains membres du laboratoire sont très impliqués dans l'animation du club des utilisateurs du système Télémac-Mascaret.

Le développement de Télémac-Mascaret associe EDF à plusieurs partenaires extra-académiques nationaux et internationaux. Dans un autre registre, le développement de codes SPH s'appuie sur le groupe SPHERIC, dans la mise en place duquel un membre du laboratoire a été un acteur de premier plan. Le groupe SPHERIC rassemble une soixantaine d'organismes internationaux de 26 pays. Dans ce type de partenariat, le LHSV est impliqué à un niveau remarquablement élevé.

L'activité partenariale du LHSV ne peut cependant pas être exclusivement analysée sur le plan des produits diffusés, puisque tous les membres du laboratoire (à l'exception du personnel ENPC) sont salariés d'entités extra-académiques. Le tableau de synthèse des contrats montre que les contrats émanent pour la quasi-totalité de EDF et du CETMEF, avec un complément de contrats ANR dans lesquels EDF et le CETMEF apparaissent respectivement comme partenaire industriel ou centre technique (ce qui en facilite l'obtention, sans nier pour autant la qualité de l'équipe). En d'autres termes, l'activité partenariale du LHSV traduit une excellente synergie LHSV-EDF-CETMEF qui peut aussi devenir un frein à l'émergence de nouvelles problématiques et de nouvelles collaborations avec la communauté scientifique. Quelques collaborations avec les laboratoires académiques sont mentionnées, sans que l'on puisse facilement apprécier si elles sont d'ordre ponctuel et informel, ou plus pérenne.

On peut craindre que la volonté de développer le laboratoire conduise à privilégier les projets internes au détriment de collaborations contractualisées avec le reste de la communauté scientifique. Cette crainte est plus forte pour les deux premiers axes, sur lesquels le laboratoire a un leadership qui peut actuellement lui permettre de se passer de collaborations avec le reste de la communauté. Le dernier thème, qui est plus fragile (en terme d'effectifs et d'HDR) et qui ne bénéficie pas d'un même niveau de leadership, montre le souci plus net de s'appuyer et d'établir des collaborations au sein de la communauté nationale.

## Appréciation sur l'organisation et la vie de l'unité

Le poids dominant d'EDF R&D en terme d'effectifs et le fait que les thèmes de recherche traités par les personnels d'EDF R&D sont soumis à la validation par la hiérarchie des groupes du LNHE (auxquels ces personnels sont rattachés par ailleurs) impriment fortement la logique et la cohérence scientifique du LHSV.

Le pilotage de la recherche est étroitement lié aux stratégies des organismes de tutelle, EDF R&D et dans une moindre mesure CETMEF. La priorité des tutelles semble être de maintenir les compétences au meilleur niveau (attesté par des publications et une confrontation avec l'extérieur) sur les thèmes jugés prioritaires par ces tutelles, avant d'inciter à l'émergence d'équipes ou de thèmes innovants.

Le laboratoire a fait des efforts importants pour faire collaborer les chercheurs (notamment ceux d'EDF R&D et du CETMEF) et fédérer les travaux autour de thématiques. L'implication de l'ENPC dans le LHSV reste très faible en termes d'effectifs. La chaire mise en place entre l'ENPC et la fondation des Ponts vient, certes, apporter des moyens récurrents via l'ENPC, mais son financement est assuré par EDF.



Des évolutions ont été faites (mise en place d'un conseil de laboratoire, clarification du rôle des animateurs) pour donner davantage de collégialité, mais la structure reste très dirigiste puisque toutes les décisions de financement de projets relèvent de la hiérarchie pour les personnels EDF R&D et CETMEF. Le directeur, les animateurs de thèmes et les chercheurs seniors ont un pouvoir d'influence certain, mais une autonomie structurelle réduite. En séance restreinte, les chercheurs ont exprimé le souhait que l'unité bénéficie de marges de manœuvre accrues pour conduire sa politique scientifique. Ce pourrait être par l'attribution d'une part de budget sur laquelle elle aurait plus d'autonomie.

Le site web de l'unité affiche essentiellement les thématiques de recherche et l'effectif du laboratoire. Il rend aussi accessible les publications du laboratoire. Il ne communique pas sur la vie du laboratoire ni n'affiche les réalisations marquantes. Par exemple, la contribution des chercheurs du LHSV dans le développement de Télémac-Mascaret est peu affichée en tant que LHSV. Les succès affichés sont ceux des tutelles, le rôle du LHSV dans ces succès n'apparaît qu'aux initiés.

Les personnels bénéficient de très bonnes conditions en termes de locaux et d'accessibilité aux ressources mutualisées (informatique, ressources documentaires, accès aux moyens expérimentaux dès lors qu'une étude expérimentale est lancée).

### Appréciation sur l'implication dans la formation par la recherche

Les doctorants du LHSV sont rattachés à l'ED531 Sciences Ingénierie Environnement de l'université Paris-Est. Le LHSV dispose d'une capacité d'encadrement de qualité (4 HDR, dont 2 obtenues sur la période). Du fait de l'attractivité du laboratoire, les doctorants recrutés ont un bon niveau et les thèses effectuées ne posent pas de problème particulier. L'insertion professionnelle des docteurs est facilitée par la proximité des sujets de thèses avec des problématiques industrielles et l'adossement à EDF. Sur 5 docteurs diplômés sur la période écoulée, 3 se sont insérés au sein de EDF.

Le LHSV est un petit laboratoire qui ne pose pas de problème particulier pour l'ED531. L'éloignement des campus de Paris-Est rend difficile la participation des doctorants à la vie de l'école doctorale. Les formations auxquelles participent les doctorants sont souvent des formations externes à Paris-Est, validées a posteriori par l'ED. La moitié environ des allocations doctorales étant des bourses CIFRE, les doctorants n'ont pas de possibilités d'acquérir une expérience d'enseignement. Mais ils ne s'en plaignent pas, ayant choisi de faire une thèse en milieu industriel.

Les chercheurs du laboratoire sont très fortement impliqués dans l'enseignement à l'ENPC, où ils assurent la responsabilité des modules « Mécanique des fluides incompressibles » et « Travaux maritimes » et participent à plusieurs autres enseignements.

Au-delà, sans y exercer de responsabilité particulière, ils enseignent dans de nombreuses autres formations d'écoles d'ingénieur (ECP, EIVP, ESTP, ESIEE, Inst LaSalle, Polytech Nice-Sophia Antipolis, Agro ParisTech, ENSEIRB-MATMECA) et universitaires (UPMC, U. Claude Bernard). L'une de ces formations a le label Erasmus Mundus (master EuroAqua de l'université de Nice Sophia-Antipolis).

### Appréciation sur la stratégie et le projet à cinq ans

Le projet scientifique est construit dans une forte continuité avec le contrat qui s'achève. L'originalité et la prise de risque n'en sont pas les caractéristiques principales. En revanche, sa cohérence est très forte et on peut avoir une grande confiance quant à sa faisabilité à cinq ans.

Bénéficiant de l'expérience de collaboration depuis cinq ans entre les différentes tutelles, le laboratoire a réduit le nombre de ses thèmes. Cette nouvelle structuration est plus lisible et semble correspondre à des synergies qui se mettent en place. La visibilité du laboratoire est en premier lieu celle des thèmes « Ondes et aléas maritimes et côtiers » et « Modélisation et simulation des écoulements ». Le thème « Dynamique sédimentaire », au premier regard plus fragile parce que les sujets sont plus dispersés et souvent plus appliqués et parce que le thème ne dispose pas en son sein de chercheur senior pour l'animer, est crédibilisé par le souci de nouer des collaborations avec l'extérieur.

L'originalité et la qualité du projet au sein de la communauté nationale résident dans le positionnement du laboratoire à l'interface entre le monde académique, un partenaire industriel majeur et un service technique du MEDDE. La capacité du laboratoire à réaliser des recherches sans perdre de vue leur applicabilité et de répondre aux évolutions de l'environnement est très forte.



Disposant d'une équipe de haut niveau de compétences et bénéficiant d'un appui en moyens très conséquent de ses tutelles, le laboratoire ne s'ouvre que de façon très limitée à des collaborations autres que ponctuelles, avec des partenaires académiques ou industriels. Il pourrait même être encouragé en cela par ses tutelles, soucieuses de maintenir le laboratoire dans le cadre strict de ses objectifs.

Avec le LNHE, le LHSV a accès à des moyens expérimentaux exceptionnels à l'échelle nationale et internationale. Le projet est très axé sur le développement d'outils de modélisation et de simulation, eux aussi de très haut niveau, et l'activité expérimentale apparaît être à un niveau secondaire. Le comité d'experts recommande de prêter attention à poursuivre des études expérimentales, du fait que les moyens expérimentaux peuvent placer le laboratoire dans une position éminente au sein de la communauté scientifique et permettre d'accéder à des résultats scientifiques nouveaux auxquels peu de laboratoires peuvent prétendre, faute de disposer de ces moyens. Deux personnels techniques du LNHE (soit un ETP EDF R&D) sont disponibles pour les études expérimentales menées par le LHSV. Le CETMEF a mis à disposition du LHSV un technicien au début du contrat précédent, avant qu'il ne soit muté dans un autre centre du CETMEF fin 2012. En séance restreinte, les techniciens EDF R&D ont exprimé l'intérêt qu'ils ont à effectuer des études expérimentales pour le LHSV. Ces études sont enrichissantes en ce qu'elles diffèrent de celles qu'ils réalisent dans le cadre du LNHE. Ils ont beaucoup apprécié la collaboration avec le CETMEF et regrettent que le technicien muté n'ait pas été remplacé pour le moment. C'était une implication conjointe des tutelles bienvenue.

Le comité d'experts trouve pertinente l'analyse SWOT proposée par le laboratoire. La « sous-exploitation des outils expérimentaux pour travaux de recherche » est considérée dans cette analyse comme une menace. L'exploitation de ces moyens expérimentaux pourrait aussi être vue comme une opportunité à ne pas négliger.

Le comité d'experts considère que les ressources dont dispose en propre le laboratoire (humaines, financières et moyens techniques) peuvent constituer à terme une menace si le laboratoire se replie sur lui-même, en ayant le sentiment de se suffire à lui-même ou en manquant de latitude vis-à-vis de ses tutelles.

## 4 • Analyse thème par thème

**Thème 1 :** Ondes et aléas maritimes et côtiers

**Nom du responsable :** M. Michel BENOIT

Effectifs

Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein	Au 30/06/2013	Au 01/01/2015
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires		
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires CEREMA <sup>3</sup> EDF R&D	2 (1,2) 6 (3)	3 (2,2) 7 (3,25)
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.)		
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)		
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	2 (2)	
ETP d'autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, etc.) hors post-doctorants		
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche		
ETP de doctorants	4 (4)	
<b>TOTAL</b>	<b>14 (10,2)</b>	<b>10 (5,45)</b>

### • Appréciations détaillées

Le thème « Ondes et aléas maritimes et côtiers » comprend actuellement 8 chercheurs permanents (6 EDF et 2 CETMEF) pour un total de 4,2 ETP. Il regroupe des chercheurs qui travaillent sur la dynamique et statistique des états de mer réels, sur la physique et climatologie des aléas maritimes et sur les vagues et hydrodynamique en zone côtière. L'objectif est d'améliorer les modélisations et paramétrisations physiques présentes dans le code maison Tomawac, de développer une modélisation déterministe pour la simulation de champs de vagues réels, de modéliser les interactions atmosphère-vagues-courants-surcotes, de constituer une base de données d'états de mer sur 30 ans, d'étudier l'influence du changement climatique sur les aléas océano-météorologiques et enfin de modéliser les interactions vagues-courant-turbulence en zone côtière.

Les résultats de l'équipe sont excellents et couvrent un large domaine, allant de résultats théoriques jusqu'à des résultats très appliqués, voire opérationnels. Ces résultats sont nombreux (une petite vingtaine d'articles) et publiés dans d'excellentes revues telles que le Journal of Fluid Mechanics, Journal of Physical Oceanography, Journal of Geophysical Research, European Journal of Mechanics B/Fluids, Proceedings of the Royal Society A, Physics of Fluids. Par ailleurs, l'équipe est présente dans la plupart des congrès internationaux ou colloques proches du thème de l'équipe.

<sup>3</sup> Est décompté des effectifs au 30/06/2013 un chercheur détaché à l'ANR.



Le projet pour la période à venir consiste essentiellement en une poursuite des travaux engagés, réorganisés en 2 volets : océano-météo et vagues, hydrodynamique et structures côtières. Un accent est mis sur les systèmes producteurs d'énergie marine (houlomoteur, hydrolien et éolien offshore).

Parmi les points forts, notons la diversité des outils utilisés et le large éventail allant de recherches théoriques jusqu'à des recherches très appliquées, l'implication dans des projets ANR, la diffusion de certains outils logiciels vers le milieu industriel, l'organisation de conférences. Le comité d'experts souligne le positionnement fort de l'équipe sur des applications avec enjeux et attentes importants : risques hydro-océano-météo, hydroélectricité et EMR. Les chercheurs de l'équipe contribuent naturellement à la réalisation de projets du programme EDF. Le revers de la médaille est que le savoir-faire de l'équipe est insuffisamment exploité dans des contrats industriels avec des partenaires autres qu'EDF.

## Conclusion

### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

- excellente production scientifique ;
- large éventail d'outils et de résultats, allant de recherches théoriques jusqu'à des recherches très appliquées ;
- positionnement fort de la thématique sur des applications avec enjeux et attentes importants.

### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

Savoir-faire de l'équipe insuffisamment exploité dans des contrats industriels avec des partenaires autres que les tutelles.

### ▪ *Recommandations :*

Élargir les partenariats, notamment industriels.

**Thème 2 :** Modélisation et simulation des écoulements

**Nom du responsable :** M<sup>me</sup> Nicole GOUTAL

**Effectifs**

Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein	Au 30/06/2013	Au 01/01/2015
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires		
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires	ENPC CEREMA EDF R&D	1 (0,5) 1 (0,2) 5 (2,25)
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.)		
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	1 (0,2)	1 (0,2)
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	3 (3)	
ETP d'autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, etc.) hors post-doctorants		
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche		
ETP de doctorants	3 (3)	
<b>TOTAL</b>	<b>13 (8,9)</b>	<b>8 (3,15)</b>

### • Appréciations détaillées

Suite à la recomposition des thèmes, le thème « Modélisation et simulation des écoulements » englobe le sous-thème « Dynamique des écoulements et transport » et le sous-thème « Ecoulements complexes sur ouvrage hydraulique » de la période précédente. Bien que concernant des problématiques vastes, ce nouveau thème constitue un pôle cohérent du laboratoire dans sa nouvelle organisation plus compacte.

Les travaux réalisés au sein de ce thème s'appuient sur une expérience forte de différentes méthodes numériques pour les écoulements à surface libre canalisés ; la simulation des écoulements à surface libre en milieu océanique ouvert faisant partie du thème précédent. Ces compétences se traduisent par une trentaine de publications de bon niveau sur la période précédente, ce qui est notable dans un contexte de recherche appliquée.

Les travaux réalisés couvrent des domaines vastes allant des mathématiques appliquées avec le développement de méthodes numériques amont dédiées (rhéologies non-newtoniennes, analyse numérique de méthodes lagrangiennes, propagation et réduction d'incertitudes, réduction de modèles) au développement d'outils de simulation numérique directement applicables aux problématiques industrielles des écoulements canalisés (résolution des équations de Saint-Venant 1D, 2D et couplage avec les équations de Navier-Stokes au sein du logiciel ouvert Telemac-Mascaret, méthode particulière SPH, développements MPI et GPU). Cela constitue à la fois un point fort du laboratoire en ce que cela lui confère un impact important (2600 utilisateurs réguliers de Telemac-Mascaret) et à la fois fait peser un risque de dispersion des activités au sein de cette multiplicité d'outils pouvant rendre difficile une stratégie à moyen terme. Les publications réalisées couvrent toutefois bien l'ensemble des domaines traités (revues de simulations numériques, de mathématiques appliquées, d'hydraulique, de physique...), attestant de l'intérêt et de la diversité des travaux menés dans ce contexte.



Le projet pour la période à venir fait apparaître une continuité des travaux, avec un renforcement des problématiques les plus amont (ordres des schémas, turbulence proche surface libre, contrôle des incertitudes, réduction de modèles). Sur les couplages Saint-Venant et la méthode SPH est prévue une poursuite des développements intéressants de la période précédente. Des couplages multiphysiques (hydro-sédimentaires et hydrogéologiques) sont aussi prévus, en collaboration avec le dernier thème notamment.

On soulignera comme un point fort la stratégie d'ouverture concernant les outils numériques du laboratoire (Telemac-Mascaret mais aussi GPU-SPH) contribuant fortement à la dissémination des travaux réalisés vers la communauté scientifique et à leur impact sociétal in fine. On peut aussi noter l'implication de ce thème à l'international, en particulier pour ce qui concerne le développement de la méthode SPH (développement et coordination du groupe international SPHERIC par exemple) ; pour les autres sous-thèmes, il s'agit surtout de collaborations bipartites hors projets/réseaux.

De par le contexte du laboratoire dont deux tiers des tutelles sont industrielles, on pourra noter comme un point négatif la faible implication des chercheurs du thème dans des projets collaboratifs académiques (Européen, FUI, ANR ou autres) tant dans le bilan que dans le projet. Cela est aussi visible dans le financement des thèses du thème, souvent assuré par la tutelle EDF R&D. On peut recommander d'augmenter la part de projets académiques vis-à-vis de celle des projets industriels. Enfin, la complémentarité numérique/expérimental pourrait être améliorée au vu de l'importance des moyens expérimentaux qui sont à disposition du laboratoire et qui sont faiblement exploités par les chercheurs du thème.

## Conclusion

### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

- très bonne production scientifique ;
- politique de dissémination des outils de simulation numérique remarquable ;
- impact scientifique et sociétal fort.

### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

- projets collaboratifs en nombre insuffisant ;
- déséquilibre entre projets académiques et projets industriels en faveur de ces derniers ;
- complémentarité numérique/expérimental insuffisamment mise en œuvre.

### ▪ *Recommandations :*

- améliorer l'équilibre entre recherche académique et recherche appliquée ;
- faire de même entre simulations numériques et expériences.



**Thème 3 :** Dynamique sédimentaire

**Nom du responsable :** M. Damien PHAM VAN BANG (prenant la suite de M. Kim Dan NGUYEN fin 2012)

**Effectifs**

Effectifs du thème en Équivalents Temps Plein	Au 30/06/2013	Au 01/01/2015
ETP d'enseignants-chercheurs titulaires		
ETP de chercheurs des EPST ou EPIC titulaires	ENPC CEREMA EDF R&D	1 (0,5) 1 (1) 3 (1,5)
ETP d'autres personnels titulaires n'ayant pas d'obligation de recherche (IR, IE, PRAG, etc.)		1 (0,5) 1 (1) 3 (1,5)
ETP d'autres enseignants-chercheurs (PREM, ECC, etc.)	1 (0,4)	1 (0,4)
ETP de post-doctorants ayant passé au moins 12 mois dans l'unité	3 (3)	
ETP d'autres chercheurs des EPST ou EPIC (DREM, etc.) hors post-doctorants HR Wall.		1 (0,1)
ETP d'autres personnels contractuels n'ayant pas d'obligation de recherche		
ETP de doctorants	3 (3)	
<b>TOTAL</b>	<b>12 (9,4)</b>	<b>7 (3,5)</b>

### • Appréciations détaillées

Le thème «Dynamique sédimentaire» comprend actuellement 5 chercheurs permanents (3 EDF, 1 CETMEF, 1 ENPC, plus un enseignant-chercheur retraité) pour un total de 3,4 ETP. Il regroupe des chercheurs qui travaillent sur les interactions écoulement-morphologie-transport en rivières et en milieu côtier. L'objectif est de développer une recherche appliquée, tournée vers la gestion morpho-sédimentaire des cours d'eau et des estuaires, liée à des problèmes concrets rencontrés par les tutelles EDF et CEREMA (effondrement de ponts, dragage de ports, réhabilitation de cours d'eau,...).

Les résultats de l'équipe se sont traduits par la publication de 17 articles et 3 chapitres d'ouvrage ainsi que par l'obtention de deux prix récompensant des communications dans des conférences internationales. Cela correspond à un taux de publication (dans des revues de facteur d'impact supérieur à 1) d'environ 0,7 article/an/chercheur (ETP) pour la période de référence.

Le projet pour la période à venir consiste essentiellement en une poursuite des travaux engagés, réorganisés en 3 volets : formes du fond, formes en plan et sédiments et ouvrages.

Parmi les points forts, notons la diversité des outils méthodologiques (simulations numériques, études expérimentales et mesures de terrain) utilisés par les chercheurs du thème, des collaborations avec des laboratoires universitaires de très bon niveau et l'organisation de 2 conférences internationales (THESIS 1 et 2) sur le site de Chatou.

Les chercheurs du thème sont également fortement impliqués dans l'environnement socio-économique à travers des expertises techniques multiples (ensablement du Mont Saint-Michel, conditions de navigabilité de la Seine à Paris, envasement de l'Estuaire de la Gironde,...).



Le comité d'experts souligne que le caractère unique des installations expérimentales disponibles au Laboratoire Saint-Venant est un atout considérable insuffisamment exploité à ce jour. Ce constat est renforcé par le départ récent d'un technicien CETMEF. Le comité d'experts ne peut que recommander le remplacement de ce technicien, et de façon plus générale, le développement d'une stratégie de recherche s'appuyant davantage sur les installations expérimentales du Laboratoire Saint-Venant.

## Conclusion

### ▪ *Points forts et possibilités liées au contexte :*

- diversité des outils méthodologiques ;
- collaborations avec des laboratoires universitaires de très bon niveau ;
- forte implication dans l'environnement socio-économique (via expertises techniques multiples) ;
- originalité et unicité des installations expérimentales.

### ▪ *Points faibles et risques liés au contexte :*

Exploitation insuffisante des installations expérimentales remarquables.

### ▪ *Recommandations :*

Le comité d'experts recommande de renforcer les moyens humains dans le domaine de l'expérimentation et de développer une stratégie de recherche s'appuyant davantage sur les installations expérimentales du laboratoire.



## 5 • Déroulement de la visite

### Dates de la visite

Début : 13 janvier 2014 à 11h00

Fin : 14 janvier 2014 à 15h00

### Lieu de la visite

Institution : EDF Recherche et Développement

Adresse : 6 quai Watier, 78401 Chatou

### Locaux spécifiques visités :

Les locaux visités ont été :

- l'étage de bureaux et salle de réunion dans lequel les personnels sont regroupés sur le site de Chatou ;
- la halle d'essais expérimentaux du LNHE dans laquelle le LHSV a possibilité de réaliser des études expérimentales.

### Déroulement ou programme de visite

La visite s'est déroulée selon le programme prévu, donné dans le tableau ci-dessous.

Le comité d'experts remercie les personnels du laboratoire, le directeur, le responsable de l'ED531 Sciences Ingénierie Environnement de l'Université Paris-Est et les représentants des tutelles (ENPC, EDF R&D et CETMEF) pour leur accueil, leur disponibilité et la franchise avec laquelle les discussions ont eu lieu.

Les avis exprimés lors des séances restreintes (avec les doctorants et post-doctorants, personnels, représentants des tutelles, ED531, direction du laboratoire) ont été intégrés dans le rapport lorsque cela a paru utile au comité d'experts.

**Jour 1 : lundi 13 janvier 2014**

11h00 (15 min)	Arrivée du Comité de visite à Chatou, et réunion à huis clos du Comité	Comité seul
11h15 (1 h 30)	Présentation par le Directeur des points importants du bilan sur 2008-2013, les évolutions et les orientations pour 2015-2019 (50 min + discussions)	Comité + tous personnels du Laboratoire
12h45	Déjeuner	
14h00 (1 h)	Présentation-discussion des activités scientifiques (réalisations et projet 2015-2019) suivant la structuration en 3 thèmes proposée pour 2015-2019 Thème A : Ondes et aléas maritimes et côtiers (animateur : Michel Benoit)	Comité + tous personnels du Labo intéressés
15h00 (1 h)	Visite des installations expérimentales	
16h00 (1 h)	Présentation-discussion des activités scientifiques (réalisations et projet 2015-2019) (suite) Thème B : Modélisation et simulation des écoulements (animatrice : Nicole Goutal)	Comité + tous personnels du Labo intéressés
17h00 (15 min)	Pause	
17h15 (45 min)	Rencontre avec les représentants des tutelles (ENPC, EDF R&D, CEREMA)	Comité + Serge Piperno (ENPC), Philippe Sergent (CEREMA), Jean-Daniel Mattei et Jean-Paul Chabard (EDF R&D)
18h00	Fin de la journée	

**Jour 2 : mardi 14 janvier 2014**

09h00 (1 h)	Présentation-discussion des activités scientifiques (réalisations et projet 2015-2019) (suite) Thème C : Dynamique sédimentaire (animateur : Damien Pham Van Bang)	Comité + tous personnels du Labo intéressés
10h00 (30 min)	Pause	
10h30 (20 min)	Rencontre avec les chercheurs et ingénieurs-chercheurs	Comité + chercheurs et ingénieurs-chercheurs du Labo
10h50 (20 min)	Rencontre avec les techniciens et assistante	Comité + techniciens et assistante du Labo
11h10 (20 min)	Rencontre avec les doctorants et post-doctorants	Comité + doctorants et post-doctorants du Labo
11h30 (20 min)	Echanges entre le Comité et le directeur de l'Ecole Doctorale SIE, Denis Duhamel (par audiotel)	Comité + Directeur et animateurs Labo + Directeur Ecole Doctorale.
12h00	Déjeuner	
13h30 (45 min)	Rencontre avec le Directeur et les animateurs de thèmes	Comité + Directeur et animateurs Labo
14h15 (45 min)	Réunion à huis clos du Comité pour clôturer la visite	Comité seul
15h00	Fin de la visite	



## 6 • Observations générales des tutelles

Direction de la Recherche

Champs-sur-Marne, le 18 mars 2014,

A l'attention de  
Monsieur Pierre Glaudes,  
Directeur de la Section des Unités de Recherche,  
Agence d'Evaluation de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur.

Nos références : DR/ SP/ 2014-03-n°4

Référence AERES : E2015-EV-0772517T-S2PUR150008210-006628-RT.pdf

**Evaluation du Laboratoire d'Hydraulique Saint-Venant par l'AERES**  
**« Vague E – 2013-2014 »**

**Tutelles : ENPC, CEREMA, EDF R&D**  
**Etablissement déposant : ENPC**

**OBSERVATIONS DE PORTÉE GÉNÉRALE**  
**formulées par le Directeur de l'Unité de Recherche et par les**  
**Tutelles de l'Unité**

Monsieur le Directeur,

Conformément aux instructions formulées par l'AERES, dans le cadre de la campagne d'évaluation « Vague E – 2013-2014 » des unités de recherche, l'École des Ponts ParisTech vous communique dans ce courrier les observations de portée générale qu'elle a recueillies auprès de l'unité, et validées par l'ensemble des tutelles du Laboratoire d'Hydraulique Saint-Venant.

En premier lieu, les tutelles et l'unité souhaitent remercier le comité d'experts AERES pour l'intérêt porté au Laboratoire d'Hydraulique Saint-Venant et pour son travail d'analyse, d'évaluation et de recommandations.

L'unité et les trois tutelles sont sensibles aux nombreux points forts mentionnés dans le rapport et à la reconnaissance des progrès réalisés par l'unité sur l'ensemble des critères sur les cinq dernières années. Les appréciations positives portées sur (1) la qualité des recherches et la production scientifique, (2) le positionnement de l'unité à l'interface entre les milieux académique et industriel, (3) la diffusion des résultats des recherches et des outils de simulations, (4) l'attractivité de l'unité et son implication dans la formation par la recherche, (5) le fonctionnement interne de l'unité et (6) la redéfinition de la stratégie de recherche et du projet scientifique, sont autant d'encouragements à poursuivre la dynamique engagée dans cette voie.

S'il apparaît encore tôt pour tirer des conclusions précises de l'ensemble des recommandations exprimées par le comité, ce qui sera fait après consultations de leurs instances scientifiques respectives, les tutelles de l'unité souhaitent donner leur sentiment sur certains aspects du rapport.

Le rapport pointe une contribution déséquilibrée des tutelles (contribution plus réduite de la part de la tutelle ENPC, en termes de moyens humains dédiés au Laboratoire) et une faible « composante académique ». S'il est avéré que le nombre de permanents relevant d'un établissement académique est faible (et le sera probablement encore dans le contexte actuel), le rapport pointe aussi les progrès du laboratoire en termes de production académique, ce qui montre bien que cette disparité de nombres ne nuit pas au projet partagé par les tutelles que constitue leur laboratoire commun. Les tutelles continueront à veiller conjointement à l'avancement et aux conditions de réalisation de ce projet commun. De son côté, l'ENPC étudiera quels moyens déployer, outre des personnels permanents, pour que le laboratoire soit mieux inséré dans la communauté scientifique du Campus Descartes.

Sur un autre plan, les tutelles prennent bonne note des remarques exprimées sur l'autonomie scientifique du laboratoire, et examineront les possibilités et leviers pour donner à celui-ci davantage de latitude dans la définition de son programme de recherche, qui devra néanmoins s'inscrire harmonieusement dans la stratégie des établissements (le CEREMA, créé en janvier 2014, étant dans un processus d'élaboration de cette stratégie).

De son côté, l'unité propose quelques éléments de réponse concernant les points à améliorer et les recommandations associées du rapport d'évaluation.

Concernant son « autonomie » (vis-à-vis de la tutelle EDF notamment) et sa prise de risque jugée limitée dans le projet scientifique, l'unité rappelle que, par construction, l'activité des personnels EDF doit s'insérer dans le programme d'activité EDF R&D, revisité annuellement et arbitré par des organes décisionnels EDF. Ces chercheurs ont toute latitude pour proposer des actions ou projets de recherche dans ce cadre. La stratégie de recherche a pu sembler peu risquée car l'unité s'adosse à deux tutelles (EDF et CEREMA) qui ont des finalités opérationnelles et appliquées, et des attentes en termes de recherche et de productions devant bénéficier à court ou moyen terme aux services plus opérationnels, aux ingénieries, etc. Les finalités applicatives des recherches menées au Laboratoire sont d'ailleurs reconnues dans le rapport comme un point fort de la production de l'unité. Toutefois, en parallèle, l'unité déploie également des recherches plus amont et exploratoires, comme en témoignent, par exemple, la participation à plusieurs projets ANR (cf. dessous) et un volant de publications dans des revues de haut niveau scientifique dans les domaines des sciences pour l'ingénieur, de la géophysique ou des mathématiques appliquées et du calcul scientifique.

Par ailleurs, le rapport indique que la participation à de projets collaboratifs pourrait être plus importante, et soulève un risque de repli si l'unité n'en venait à ne travailler que pour ses tutelles. Le laboratoire souhaite en premier lieu rappeler que ses participations à des projets collaboratifs européens et nationaux ont été significatives

au cours de la période écoulée, en regard de sa taille : on dénombre en effet (cf. dossier d'évaluation) la participation de chercheurs de l'unité à 19 projets sur financements publics, dont 1 projet européen PCRD7 (THESEUS, 2009-2013), 1 projet européen Marie-Curie (European SPH Initiative, 2007-2010), 1 projet financé par l'Energy Technology Institute du Royaume-Uni (PerAWaT 2011-2013), 5 projets ANR (BAR3D 2007-2009, MIGRHYCAR 2009-2012, MONACOREV 2012-2015, MODNAT 2012-2015, METHODE 2008-2011), 1 projet PIA du programme RSNR-2012 (TANDEM Tsunamis en Atlantique et MaNche), etc. Cette implication sera poursuivie au cours des prochaines années, l'unité étant active dans les propositions de projets, aux échelles européenne et nationale. Par exemple, l'unité est présente dans 6 pré-propositions de projets ANR déposées en octobre 2013 (dont un projet « Jeunes Chercheuses Jeunes chercheurs » coordonné par un chercheur de l'unité).

En l'état, le risque de repli sur soi évoqué par le Comité d'experts ne paraît pas avéré, même s'il convient de rester vigilant et actif dans la dynamique de collaboration et d'ouverture exposée ci-dessus.

Enfin, concernant l'utilisation et l'exploitation des outils expérimentaux, l'unité partage l'analyse du Comité d'experts quant à la sous-exploitation du potentiel des outils expérimentaux disponibles sur le site de Chatou (point identifié par l'unité dans son analyse SWOT). Comme le suggère le rapport d'évaluation, les axes de progrès concernent à la fois le recrutement ou la mise à disposition de personnels techniques pour réaliser les essais et la mise en place de programmes de recherche et des financements associés pour couvrir les coûts de personnel, de construction et d'exploitation de ces maquettes expérimentales. L'unité va initier une réflexion avec ses tutelles pour identifier des leviers d'action permettant de tirer davantage parti de l'outil expérimental, et de profiter de la complémentarité entre les outils de simulation numérique et expérimentaux, comme suggéré par la Comité d'Experts.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de nos salutations les meilleures.

Le Directeur de la Recherche de l'ENPC,  
Pour le Laboratoire d'Hydraulique Saint-Venant  
et l'ensemble des tutelles : ENPC, CEREMA, EDF R&D

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Serge Piperno', with a long horizontal stroke extending to the right.

Serge Piperno