



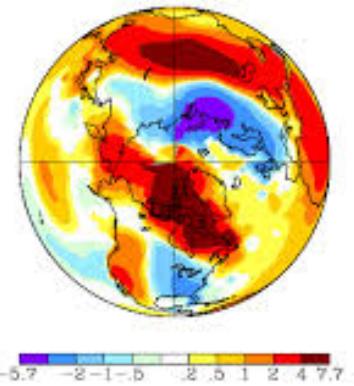
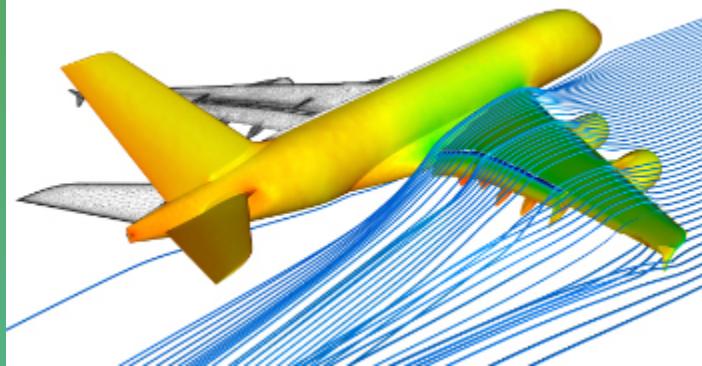
École des Ponts  
ParisTech



الجامعة الحسنية للأشغال العمومية  
Ecole Hassania des Travaux Publics

---

# Initiation à la recherche et à l'Innovation



Simulation aérodynamique et météo  
Progrès constants mais pas de révolution  
Problème inverse inaccessible ?  
Solutions ?

Semaine d'ouverture  
Du 14 au 18 septembre 2015

# Sommaire

---

Les objectifs et programme de la semaine.....	3
L'équipe enseignante.....	6
Le programme .....	7
Projet « Réduction de variance en homogénéisation aléatoire ».....	10
Projet « Problème inverse de la structure de bandes d'un matériau cristallin ».....	11
Projet « Marché biface et secteur du transport aérien ».....	12
Projet « Auto synchronisation d'oscillateurs non linéaires couplés ».....	13
Projet « Principes variationnels ».....	14
Projet « Emergence de mouvements collectifs ».....	15
Projet « Problème inverse et réduction du flou dans une image de document »....	16
Projet « Séparation aveugle de source et applications».....	17
Project: Kaymu/AIG Search Algorithm Case Study.....	18
Projet « Stratégie de déplacement des piétons – Evitement et Collisions ».....	19
Projet « L'innovation comme création destructrice de valeur ».....	21
Projet « Hedged Monte-Carlo: low variance derivative pricing with objective probabilities ».....	22

# Les objectifs et programme de la semaine

---

Responsables : Jaouad Boutahar, Saïd Raghay, Eric Duceau et Mohammed El Rhabi.

Équipe enseignante : voir page 6

Site internet : en cours

## **I- Objectifs :**

Cette semaine permettra d'initier des élèves de deuxième année (2A) du département « Ingénierie mathématique et informatique » (IMI) de l'École des Ponts et des élèves de 3A du département « Génie Informatique » de l'École Hassania des Travaux Publics (EHTP) à la recherche pour l'innovation. A l'issue, les élèves auront acquis par l'exemple et le projet, le réflexe de se poser un certain nombre de questions avant d'attaquer un problème et idéalement pourront proposer une amorce de solution.

Les problèmes de l'entreprise (industrie) sont souvent mal posés. Le challenge de l'ingénieur est alors de reformuler afin de pouvoir apporter une solution adaptée et fiable. Pour y arriver, il devra dialoguer avec l'industriel ou le client. Pour que ce dialogue soit efficace, l'ingénieur devra savoir vulgariser des notions complexes, comprendre le besoin de son interlocuteur par le biais de l'écoute et de la reformulation et enfin traduire mathématiquement le compromis acceptable pour le client.

10 projets seront proposés par des chercheurs et industriels. Les élèves devront choisir un sujet et se répartir par groupe de 5/6 personnes. Les projets sont à choisir avant le **15 juillet 2015**.

Un autre point intéressant de cette semaine est le travail à l'interculturel. Des élèves marocains en 3A (M2) à l'EHTP vont travailler avec des élèves français de deuxième année (2A) à l'École des Ponts.

Cette semaine sera également valorisée à hauteur de **1,5 ECTS** pour les élèves de l'Ecole des Ponts.

Enfin, cette semaine peut être l'occasion de susciter des vocations en traitant des problèmes de mise en situation.

## **II -Public concerné :**

Ce module d'enseignement est dispensé au début du premier semestre. Cette semaine est dite d'ouverture car elle se situe à la rentrée des classes et autorise des formes pédagogiques moins classiques que celles pratiquées dans les deux semestres annuels. Elle est à destination des élèves du département d'Ingénierie Mathématique et Informatique (IMI) de l'école des Ponts ParisTech, sont concernés les élèves de deuxième année. A partir de la deuxième année de formation d'ingénieur (entrée en cycle master), les élèves choisissent un des six départements professionnalisants (informations sur les formations et les champs professionnels des départements disponibles sur : <http://www.enpc.fr/fr/formations/depts/departements.htm> ).

Les élèves de deuxième année ont de multiples origines : pour la moitié d'entre eux, ils ont réussi le concours commun, ont validé la première année ; celle-ci est constituée d'enseignements de tronc commun suivis par tous les élèves. Les autres sont des étudiants de l'université, ou des élèves sélectionnés dans des écoles d'ingénieurs étrangères (Espagne, Roumanie, Maghreb, Brésil, Chine, Iran, Vietnam, etc.) ainsi que des polytechniciens, normaliens, militaires du génie, etc.

## **III-Programme du cours :**

Deux matinées de la semaine seront consacrées à des conférences. Le reste de la semaine se déroule en atelier par groupes d'élèves.

- Interventions de professionnels : cycle de conférences et d'études de cas.
- TD/TP étude de cas par petits groupes (5) sur un projet au choix.

#### **IV-Modalités et validation :**

Participation active aux conférences et aux ateliers.  
13 projets de 5 à 6 places sont proposés aux élèves.

Il est attendu :

- Pour chaque projet : la préparation d'un poster
- Chaque poster est à imprimer en format **A3** (8 pages A3) et à afficher sur les panneaux qui seront placés dans le hall de l'Ecole, chaque atelier disposera de panneaux

Répartition des 8 pages A3 :

- 1 page d'introduction (éléments du projet).
- 6 pages décrivant le travail du groupe (l'analyse et principaux apports suivant les consignes des encadrants).
- 1 page « conclusion et perspectives ».
- Le mardi 15/09, l'intervenant donne ses consignes concernant le poster.
- Les élèves préparent seuls le poster et envoient à leur encadrant une première version au plus tard le **21 septembre 2015**. Celui-ci leur fournira une éventuelle demande de correction au plus tard le **28 septembre 2015**.

#### **La semaine du 5 octobre 2015 :**

Séance de posters : au moins un élève (de chaque groupe) devra être présent et prêt à répondre aux questions des autres élèves et des enseignants de l'Ecole chaque jour de **12h00 - 14h00**.

**La notation : 20 points** : elle se décompose en 3 parties principales :

1. La note de l'encadrant : **10 points** : il évaluera :
  - a. L'assiduité : « -1 » à la première absence, « -4 » à la seconde, l'élève aura la note « 0 » (**note globale**) au-delà !
  - b. La participation : 2
  - c. La pertinence : 4
  - d. La progression : 4
2. La note du « poster » : **6 points** : cette partie sera évaluée par des enseignants de l'Ecole (et/ou) la Direction de l'Enseignement (directeurs/responsables académiques). Ils choisiront les projets qu'ils souhaitent évaluer ; une moyenne des notes sera effectuée. Chaque note sera donnée sur la base :
  - a. Le choix et la qualité de la présentation : 2
  - b. Le contenu : 2
  - c. L'originalité de la démarche : 2
3. Une note de « présentation » : **4 points** : les élèves d'un même projet présenteront leur projet devant un jury mixte composé de responsables de départements, d'enseignants-chercheurs et de la directrice de l'enseignement. Il sera évalué :
  - a. Durée de la présentation : 10 min
  - b. Le respect du délai (en terme de présentation, les « 10 min »)
  - c. La structure de la présentation : le contenu, le commentaire et le choix de l'orateur ou des orateurs, l'aptitude du groupe au niveau de la communication et l'adéquation forme/contenu
  - d. Le projet scientifique et la maîtrise du problème (pas forcément la solution)
  - e. La conduite de projet : l'analyse a-t-elle été menée correctement ?

**Questions pratiques** : A partir du 21 septembre jusqu'au « vendredi avant la rentrée (cours) » :

- Pour les impressions en noir et blanc vous pouvez utiliser les imprimantes des salles informatiques 4ème étage de l'Aile Prony.
- Pour les impressions en couleur vous pouvez utiliser les imprimantes des Bureaux V216, V217 et V219 (Aile Vicat).
- En cas de problème, prière de contacter Mme Mayoura, bureau V216.

# L'équipe enseignante

---

## Conférences le matin

	<b>Titre</b>	<b>Enseignant</b>
C1	La recherche et l'EHTP	Jaouad Boutahar
C2	La recherche pour l'innovation, c'est quoi?	Eric Duceau
C3	L'innovation, c'est quoi ?	Alon Rozen

## Projets

	<b>Titre</b>	<b>Enseignant</b>
P1	Réduction de variance en homogénéisation aléatoire	Frédéric Legoll et François Madiot
P2	Problème inverse de la structure de bandes d'un matériau cristallin	Virginie Ehrlacher et Athmane Bakhta
P3	Marché biface et secteur du transport aérien	Abdelkader Slifi et Eric Duceau
P4	4.1 : Auto synchronisation d'oscillateurs non linéaires couplés 4.2 : Principes variationnels 4.3 : Emergence de mouvements collectifs	Alain Maruani
P5	Problème inverse et réduction du flou dans une image de document	Pascal Monasse et Amine Laghrib
P6	Séparation aveugle de source et applications	Guillaume Obozinski et Abdelghani Ghazdali
P7	Kaymu/AIG Search Algorithm Case Study	Ahmad Bakhiet et Nilay C. Badavne, Société <a href="#">Kaymu</a>
P8	Dynamique des foules et trajectoire du piéton	Pierre Argoul et Aissam Jebrane
P9	Communication audiovisuelle	Karima Chelbi
P10	L'innovation comme destruction créatrice (ou création destructrice) de valeur	Abdelkader Slifi et Alon Rozen
P11	Hedged Monte-Carlo: low variance derivative pricing with objective probabilities	Ernesto Palidda, Aurélien Alfonsi et Bernard Lapeyre

# Le programme

---

Dates Horaires	Lundi 14/09/15	Mardi 15/09/15	Mercredi 16/09/15	Jeudi 17/09/15	Vendredi 18/09/15
09h00-09h15	Présentation de la semaine <b>Marie Mathieu-Pruvost</b> <b>Jaouad Boutahar</b>				
9h15-09h45	<b>C1</b> La recherche et l'EHTP <b>Jaouad Boutahar</b>				<b>C3</b> L'innovation c'est quoi ? <b>Alon Rozen</b>
09h45-10h15	<b>C2</b> La recherche pour l'innovation, c'est quoi ? <b>Eric Duceau</b>	Travail par groupe (avec l'enseignant)	Visite des locaux de <u>Kaymu</u> (e-commerce-Sami Louali, ancien IMI)	Départ pour Marrakech à 7h00 (matin) Visite de la ville verte de <u>Ben Guerir</u> (Marrakech)	
10h15-12h00	Présentation des sujets des ateliers Travail par groupes (avec l'enseignant)				Présentation orale des projets au <u>LAMAI</u> (labo math app Univ. Marrakech)
12h00-13h30	Déjeuner	Déjeuner	Déjeuner	Déjeuner	Déjeuner
13h45-18h30	Travail par groupe (avec l'enseignant)	Travail par groupe (avec l'enseignant)	Travail par groupe (sans enseignant)	Préparation des posters (sans enseignant)	Libre <b>Retour en France, départ à 16h00</b> <b>Aéroport de Marrakech</b>

## Résidence : Campus de l'EHTP :

# La cité de l'EHTP

L'EHTP offre aux élèves-ingénieurs des possibilités d'hébergement et de restauration :

Plus de 300 chambres dont 125 chambres individuelles, toutes câblées en réseau informatique avec connexion INTERNET.

- Un restaurant d'une capacité de 600 repas.
- Une cafétéria avec salle de jeux.

L'école dispose d'une infirmerie à l'EHTP pour apporter les soins préliminaires au profit des étudiants. Elle dispose de 4 médecins.

Le sport étant considéré comme une composante à part entière de la formation, l'Ecole est équipée d'un éventail important d'installations sportives :

- Un terrain gazonné de foot-ball ;
- Un terrain de basket-ball, de volley-ball, de hand-ball et d'un mini-foot ;
- Une salle de culture physique et de danse avec tous les équipements nécessaires .

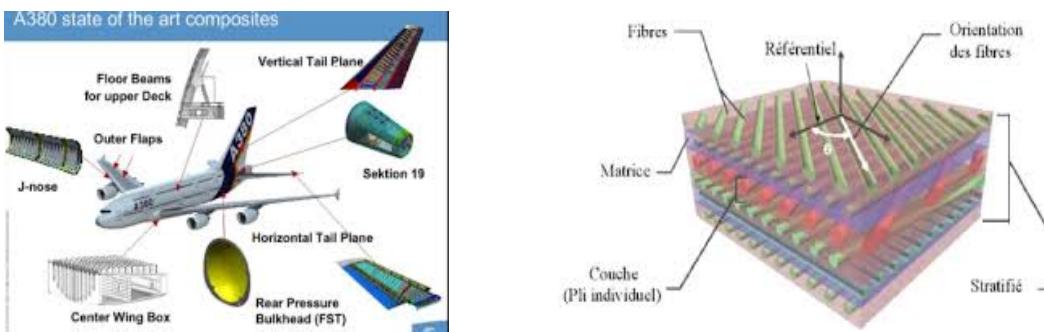


# « Réduction de variance en homogénéisation aléatoire »

Responsables : [Frédéric Legoll et François Madiot](#)  
[frederic.legoll@enpc.fr](mailto:frederic.legoll@enpc.fr) et [francois.madiot@enpc.fr](mailto:francois.madiot@enpc.fr)

## **Descriptif**

De nombreux matériaux de l'industrie sont des matériaux hétérogènes. C'est le cas des matériaux composites utilisés dans l'aéronautique (cf. figures ci-dessous), des pneus (où des fils d'acier sont noyés dans le caoutchouc), etc. Ces matériaux hétérogènes sont ainsi obtenus en disposant (de manière périodique ou aléatoire) des matériaux homogènes bien connus. Très souvent, la taille caractéristique des hétérogénéités (le diamètre des fibres, ...) est très petite par rapport à la taille de l'échantillon considéré. Pour calculer la réponse de ces matériaux, il est donc impossible d'utiliser une discrétisation (par exemple des éléments finis) à l'échelle des hétérogénéités, ce qui donnerait des calculs trop lourds. On fait plutôt appel à la théorie de l'homogénéisation, pour remplacer ces matériaux hétérogènes par un matériau homogène équivalent, qui représente correctement le comportement moyen du matériau hétérogène.



Dans ce projet, on se place dans le cas où la géométrie est aléatoire (ce qui permet de modéliser un très grand nombre de situations pratiques). Le modèle de référence est décrit par une équation aux dérivées partielles très simple :

$$-\operatorname{div}[A_\varepsilon(x) \nabla u_\varepsilon] = f \text{ dans } \Omega, \quad u_\varepsilon = 0 \text{ sur } \partial\Omega$$

où  $\varepsilon$  est un petit paramètre représentant la petite taille des hétérogénéités. La théorie de l'homogénéisation fournit des équations pour calculer les propriétés effectives (homogénisées), mais celles-ci sont difficiles à utiliser en pratique. En particulier, bien que les propriétés homogénisées exactes soient déterministes, le résultat du calcul est entaché d'une erreur aléatoire. Il est donc intéressant d'utiliser des méthodes de réduction de variance, permettant de réduire ce bruit.

Le but du projet consistera à se familiariser avec ces problèmes, d'abord pour des modèles unidimensionnels. Différentes méthodes de réduction de variance seront envisagées, certaines simples d'implémentation, d'autres plus invasives (mais donnant a priori des résultats plus intéressants).

## **Ouvrages spécialisés**

- G. ALLAIRE. *Shape optimization by the homogenization method*. Springer, 2002.
- D. CIORANESCU, P. DONATO. *An introduction to homogenization*. Oxford, 1999.

## **Article**

- C. LE BRIS. A selection of mathematical topics in multiscale sciences, *Proceedings of the XIV Spanish-French Jacques-Louis Lions School (Universidade da Coruna, Spain, 6-10 September 2010)*, ISBN 978-84-9749-420-5, pages 153-233, 2010.

# **« Problème inverse de la structure de bandes d'un matériau cristallin »**

Responsables : [Athmane Bakhta et Virginie Ehrlacher](#)  
[athmane.bakhta@cermics.enpc.fr](mailto:athmane.bakhta@cermics.enpc.fr) et [ehrlachv@cermics.enpc.fr](mailto:ehrlachv@cermics.enpc.fr)

## **Descriptif**

Les propriétés opto-électroniques des matériaux cristallins (comme les matériaux semiconducteurs utilisés dans les cellules photovoltaïques par exemple) sont caractérisées par ce qu'on appelle leur « structure de bandes électronique ». Cette structure de bandes décrit entre autres les états d'énergie admissibles des électrons au sein du matériau, et, dans le cadre d'une cellule photovoltaïque, permet de prédire le rendement énergétique de la cellule. Le problème inverse qui consiste à déterminer la structure atomique du matériau qui va permettre d'obtenir une structure de bandes donnée est donc extrêmement important du point de vue des applications, afin de produire de nouveaux matériaux plus performants. Les étudiants commenceront par traiter un modèle simplifié unidimensionnel avant d'attaquer des modèles plus compliqués.

Du point de vue mathématique, en dimension 1, la structure de bandes d'un matériau est définie comme l'ensemble des valeurs propres de la famille d'opérateurs suivants sur l'espace  $L^2_{per}(0,1)$  :

$$H_q := -\nabla^2 - 2iq \cdot \nabla + ((q))^2 + V(x)$$

où  $q$  est un paramètre, appelé point de la première zone de Brillouin du cristal et  $V(x)$  est le potentiel électrique de champ moyen associé au cristal. Plus précisément, pour chaque valeur du paramètre  $q$ , il existe une famille  $(e_{n,q})_n$  de valeurs propres de l'opérateur  $H_q$  et une base orthonormale  $(u_{n,q})_n$  de l'espace  $L^2_{per}(0,1)$  tels que pour tout entier  $n$ ,

$$H_q u_{n,q} = e_{n,q} u_{n,q}$$

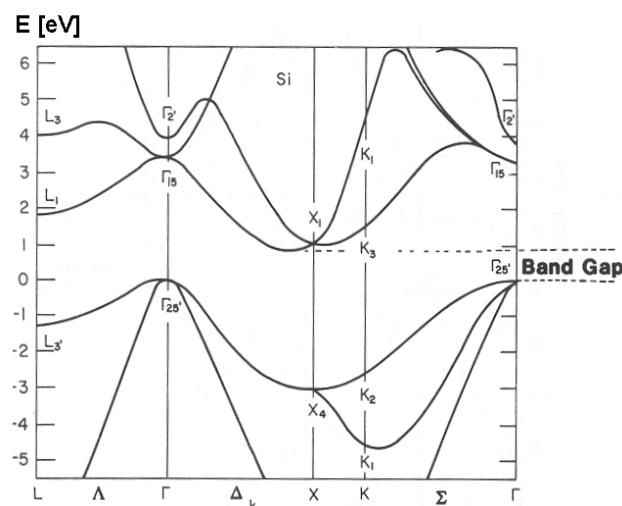
Voici en exemple, la structure de bandes du Silicium. Dans ce projet, les étudiants considéreront des diagrammes beaucoup plus simples.

## **But du projet**

Après un bref survol théorique de la question, le but de ce projet sera de proposer une méthode numérique pour déterminer un potentiel électrique  $V(x)$  qui permette de reconstruire une structure de bandes donnée.

## **Ouvrages généraux**

- ◆ R. MARTIN, *Electronic Structure: Basic Theory and Practical Methods*. Cambridge University Press, 2004



## **Ouvrages spécialisés**

- ◆ Bernard HELFFER : *Spectral theory and its applications*. (Cambridge Studies in advanced mathematics). Cambridge University Press 2013

## **Article**

- ◆ A. FRANCESCHETTI and A. ZUNGER, « The inverse band-structure problem of finding an atomic configuration with given electronic properties », *Nature* 402, p. 60-63 (1999). Operators, 1978.

## **Hyperlien**

- ◆ [https://fr.wikipedia.org/wiki/Theorie\\_des\\_bandes](https://fr.wikipedia.org/wiki/Theorie_des_bandes)

## **« Marché biface et secteur du transport aérien »**

Responsables : [Eric Duceau, Mohammed El Rhabi et Abdelkader Slifi](#)

[eric.duceau@enpc.fr](mailto:eric.duceau@enpc.fr),

[Mohammed.el-rhabi@enpc.fr](mailto:Mohammed.el-rhabi@enpc.fr) et [bdelkader.slifi@enpc.fr](mailto:bdelkader.slifi@enpc.fr)

### **Descriptif**

Les marchés bifaces mettent en relation deux groupes d'agents qui ont des gains potentiels à interagir. Une plateforme ou un intermédiaire rend possible ou facilite les transactions (en réduisant leur coût). Cette activité engendre des externalités indirectes : le bénéfice d'un agent dépend du nombre d'agents de l'autre groupe.

- 1) Caractériser le modèle économique d'*Uber* (sous-groupe 1)
- 2) Caractériser le modèle économique d'*Easyjet* (sous-groupe 2)



- 3) Comment dupliquer ces modèles ou la caractérisation des marchés bifaces: workshop, Tirole (2003) et (2006).
- 4) Comment calquer le modèle du marché biface sur la stratégie d'une compagnie aérienne low cost ?

### **But du projet**

L'objectif de l'atelier est que les élèves envisagent des modèles économiques susceptibles d'émerger et de perturber le marché des transports aériens, au moyen d'une étude prospective de la demande et des comportements des usagers, sous contrainte des capacités de production et de la structure de coûts des services proposés.

### **Références**

- ◆ Rochet J.C. & Tirole J. (2003): Platform Competition in Two-Sided Markets, Journal of the European Economic Association, Vol. 1, n°4, p. 990-1029, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1162/154247603322493212/abstract>.
- ◆ Rochet, J.C. & Tirole, J. (2006): Two-Sided Market: A Progress Report, The RAND Journal of Economics, [35\(3\), 645-667](#).
- ◆ [http://www.autoritedelaconcurrence.fr/doc/ocde\\_cp\\_06\\_2009.pdf](http://www.autoritedelaconcurrence.fr/doc/ocde_cp_06_2009.pdf)
- ◆ [http://archives.lesechos.fr/archives/cercle/2012/06/22/cercle\\_48234.htm#cFJf65AIU3efi5Oz.99](http://archives.lesechos.fr/archives/cercle/2012/06/22/cercle_48234.htm#cFJf65AIU3efi5Oz.99)

## **« Auto synchronisation d'oscillateurs non linéaires couplés »**

Responsable : [Alain Maruani](#)  
[alain.maruani@gmail.com](mailto:alain.maruani@gmail.com)

### **Descriptif**

Fait expérimental, arguments théoriques : des oscillateurs couplés finissent par se synchroniser.

De multiples exemples sont immédiatement observables : la face visible de la Lune, les applaudissements dans une salle de spectacle ou les instruments à corde d'un orchestre. On peut aussi bien être intéressé à mettre des oscillateurs en cohérence, pour une efficacité accrue ; tel est le cas, par exemple, des réseaux d'antennes

### **But du projet**

Se familiariser, de manière théorique et pratique, avec le phénomène de synchronisation : à quoi est-il dû ? Comment s'installe-t-il ? Qu'en est-il des phases ou des fréquences ? le bruit peut-il aider ou gêner cette synchronisation ? Comment le nombre d'oscillateurs intervient-il dans le phénomène ?

### **Le problème général (difficile)**

[https://www.google.fr/?gfe\\_rd=cr&ei=XPslVZ7aLqax8welhYHoBw&gws\\_rd=ssl#q=synchronisation+oscillateurs+couples](https://www.google.fr/?gfe_rd=cr&ei=XPslVZ7aLqax8welhYHoBw&gws_rd=ssl#q=synchronisation+oscillateurs+couples) (consulté le 25/06/2015)

### **Quelques pistes**

- ◆ Jonathan PLATKIEWICZ. *Vers une dynamique de coordination collective : la synchronisation des applaudissements.* 71 p. <http://www.isir.upmc.fr/UserFiles/File/Jonathan/Memoire-M2.pdf> (consulté le 25/06/2015)
- ◆ Florin HUTU, Sébastien CAUET et Patrick COIRAUT. *Synchronisation de réseaux d'antennes.* [ENSAM-Paris, 2007]. 36p. [http://www.rennes.supelec.fr/sdh/r2007\\_01/hutu.pdf](http://www.rennes.supelec.fr/sdh/r2007_01/hutu.pdf) (consulté le 25/06/2015)
- ◆ IONITA Mihaela-Izabela. *Contribution to the study of synchronized differential oscillators used to control antenna arrays.* Poitiers, 2006. 189 p. <http://theses.univ-poitiers.fr/notice/view/34782> (consulté le 25/06/2015)

### **Audacieux :**

- ◆ Jérémie Boudah Thévenin. *Verrouillage de phase sans verrouillage de fréquence.* 2011. <http://boudah.pl/verrouillage-de-phase-sans-verrouillage-de-frequence>. (consulté le 25/06/2015), Synchronisation GPS . Wikipedia
- ◆ [http://fr.wikipedia.org/wiki/Synchronisation\\_GPS](http://fr.wikipedia.org/wiki/Synchronisation_GPS) (consulté le 25/06/2015)

### **Introduction générale :**

- ◆ D. PROVITOLO. *Les concepts, méthodes et théories des sciences de la complexité peuvent-ils être utiles à la compréhension des risques et catastrophes? Le point de vue d'une géographe.* Séminaire Provitolo, 2012 [50 p. ?]. <http://lipn.univ-paris13.fr/~duchamp/Books&more/Complexity/Provitolo/RTPProvitoloPresentation.pdf> (consulté le 25/06/2015)

## « Principes variationnels »

Responsables : [Mohammed El Rhabi et Alain Maruani](#)  
[mohammed.el-rhabi@enpc.fr](mailto:mohammed.el-rhabi@enpc.fr) et [alain.maruani@gmail.com](mailto:alain.maruani@gmail.com)

### **Descriptif**

On peut décrire l'univers des phénomènes avec des équations algébriques, ou intégro différentielles ; par exemple les lois de la réfraction et de la réflexion décrivent le comportement des interfaces. On peut aussi bien décrire les mêmes phénomènes par des principes d'extremum ; par exemple, dans le même cas des interfaces : le trajet d'un rayon par ce point-ci puis par ce point-là en passant par l'interface est le plus court des trajets possibles.

Les principes variationnels se rencontrent aussi dans les problèmes mal posés, au sens où la solution n'y est pas unique ; pour aboutir à une solution unique, on ajoute des conditions vraisemblables, dites de régularisation, et qui conduisent à minimiser une fonctionnelle. Par exemple, en traitement d'image, on demandera que l'image corrigée soit à la fois voisine de l'image à restaurer mais avec cependant le minimum de discontinuités. Cette méthode se révèle d'une efficacité remarquable.

### **But du projet**

Se familiariser avec les principes variationnels et traiter quelques exemples de son choix. Quelques termes clé (sans ordre) : Fermat, Lagrange, Euler, Bulles de savon, potentiel électrostatique, entropie, Hamilton, brachistochrone, stratégie d'une régate, eikonale .

### **Introduction au sujet**

- ◆ *Principe variationnel.* Wikipedia. [http://fr.wikipedia.org/wiki/Principe\\_variationnel](http://fr.wikipedia.org/wiki/Principe_variationnel). (consulté le 25/06/2015)
- ◆ *Principe variationnel et lois de la nature* : [Dossier de concours] EPREUVE COMMUNE DE TIPE 2008 - Partie D. 15 p. [https://www.scei-concours.fr/tipe/TIPE\\_2008/sujets\\_2008/physique\\_MP\\_2008.pdf](https://www.scei-concours.fr/tipe/TIPE_2008/sujets_2008/physique_MP_2008.pdf). (consulté le 25/06/2015)
- ◆ *Calcul variationnel.* Futura. <http://www.futura-sciences.com/magazines/mathematiques/infos/dico/d/mathematiques-calcul-variationnel-10313/> (consulté le 25/06/2015)
- ◆ *Calcul des variations.* Wikipedia. [http://fr.wikipedia.org/wiki/Calcul\\_des\\_variations](http://fr.wikipedia.org/wiki/Calcul_des_variations). (consulté le 25/06/2015)
- ◆ *Maruani, E. Pechersky, and M. Sigelle. On Gibbs Fields in Image Processing. Markov Processes and Related Fields, 1(3):pp. 419–442, 1995.*
- ◆ *D. Provitolo. Les concepts, méthodes et théories des sciences de la complexité peuvent-ils être utiles à la compréhension des risques et catastrophes? Le point de vue d'une géographe. Séminaire Provitolo, 2012 [50 p. ?]. <http://lipn.univ-paris13.fr/~duchamp/Books&more/Complexity/Provitolo/RTPProvitoloPresentation.pdf>* (consulté le 25/06/2015)

## **« Emergence de mouvements collectifs »**

Responsables : Mohammed El Rhabi et Alain Maruani  
mohammed.el-rhabi@enpc.fr et alain.maruani@gmail.com

### **Descriptif**

Les vols d'oiseau possèdent un haut niveau de cohérence ; cependant, il ne semble pas qu'il y ait de chef de troupeau identifiable : tous les individus sont semblables et suivent des règles locales, sans avoir d'information globale sur le troupeau.

Ces agrégats possèdent des propriétés de structuration qualitativement comparables à celles des phases de la matière condensée. Il en va de même de certaines solutions colloïdales ...

Il s'agit dans ce projet d'observer et de modéliser le comportement d'un groupe de danseurs sans chorégraphie ni solos et soumis essentiellement aux règles suivantes, qui se prêtent bien à la modélisation :

- Le module de la vitesse est identique d'un danseur à l'autre.
- Les danseurs s'orientent en déviant leur trajectoire vers la moyenne vectorielle de celles de leurs proches voisins.
- Les danseurs dévient leurs trajectoires pour éviter les collisions.
- Chaque danseur évalue la trajectoire de ses plus proches voisins avec une incertitude, modélisée par un bruit blanc.

### **But du projet**

Se familiariser avec les automates cellulaires et la complexité comportementale : un ensemble d'agents démunis de toute vision d'ensemble peut néanmoins avoir un comportement d'ensemble simulant parfaitement un comportement intelligemment optimisé.

On choisira d'étudier, à son choix, une nuée d'oiseaux ou une troupe de danseurs sans chorégraphe.

### **Introduction au sujet**

- ◆ Jonathan RAULT. *Complex systems and Agent-based modelling*. 2014. 41 p.  
<http://www.environnement.ens.fr/IMG/file/Rault/Slides.pdf> (consulté le 25/06/2015)
- ◆ *Boids*. Wikipedia. <http://fr.wikipedia.org/wiki/Boids> (consulté le 25/06/2015)

### **Introduction générale**

- ◆ D. PROVITOLO. *Les concepts, méthodes et théories des sciences de la complexité peuvent-ils être utiles à la compréhension des risques et catastrophes? Le point de vue d'une géographe*. Séminaire Provitolo, 2012 [50 p. ?].<http://lipn.univ-paris13.fr/~duchamp/Books&more/Complexity/Provitolo/RTPProvitoloPresentation.pdf> (consulté le 25/06/2015)

## « Problème inverse et réduction du flou dans une image de document »

Responsables : [Amine Laghrib et Pascal Monasse](#)  
[laghrib.amine@gmail.com](mailto:laghrib.amine@gmail.com) et [monasse@imagine.enpc.fr](mailto:monasse@imagine.enpc.fr)

### Descriptif

Le but de cette étude est une aide à l'interprétation d'une information contenue dans une image acquise au moyen d'une caméra d'un photophone.

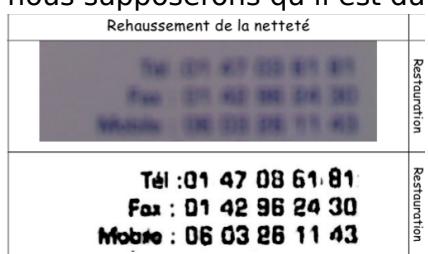
Cependant, ce processus pose un certain nombre de difficultés techniques. La principale réside le plus souvent dans un dimensionnement inadapté de la chaîne optique de ce type d'appareil. Il se traduit lors de la prise de vue par une image sous résolue et pouvant être floue. Dans notre étude, on supposera que ce flou est causé par la caméra (flou de défocalisation). Par exemple dans le cas du code à barres, les barres du code à barre 1D « se mélangent » et peuvent « fusionner ». Un autre problème, inhérent à la prise de vue est le niveau de bruit de lecture (introduit à l'étape de quantification et dépendant des capteurs, de la luminosité etc.). Il est le plus souvent lui aussi inconnu.

Un grand challenge de ce type de problème inverse réside en l'estimation du niveau de flou et une approximation de l'image restaurée au compromis du bruit près.

L'estimation du flou est nécessaire à l'interprétation des données contenues dans une image floue et permet d'en déduire une version restaurée. Elle a de nombreuses applications, évidente lorsqu'il s'agit d'image contenant du texte ou un code à barres. Les étudiants commenceront par traiter un modèle simplifié lorsque le flou est connu avant d'attaquer le modèle en aveugle (le flou est inconnu, on se restreindra au flou de défocalisation).

Du point de vue mathématique, le modèle s'écrit  $u_0 = I_k * u + n$

où  $u_0$  est l'image acquise,  $I$  est l'illumination variable supposée régulière, elle représente la quantité de lumière frappant le document,  $k$  est le noyau de flou. Dans cette étude, nous supposerons qu'il est du à l'optique, il est complètement caractérisé par un rayon  $r$ .



Voici en exemple, une restauration d'une portion d'image de carte de visite acquise au moyen d'un photophone sans autofocus (Nokia N70)

### But du projet

Après un bref survol théorique de la question, le but de ce projet sera de proposer une méthode numérique pour déterminer une solution au problème de la déconvolution du flou pour une image de document (ne contenant que du texte ou un code à barres).

### Ouvrages spécialisés

- ◆ *Gilles AUBERT, Pierre KORNPROBST : Mathematical problems in image processing: partial differential equations and the calculus of variations.* New York : Springer, c2006.
- ◆ *Patrizio CAMPISI and Karen EGIAZARIAN (éd.). Blind Image Deconvolution: Theory and Applications.* CRC Press 2007, Print ISBN: 978-0-8493-7367-1 eBook ISBN: 978-1-4200-0729-9

### Article

- ◆ *D. Kundur, D. Hatzinakos, Blind Image Deconvolution,* IEEE Signal Processing Magazine, 13, 3, 1996. pp. 43-64 (consulté le 25/06/2015)

# Projet « Séparation aveugle de source et applications»

Responsables : [Abdelghani Ghazdali et Guillaume Obozinski](#)  
[a.ghazdali@gmail.com](mailto:a.ghazdali@gmail.com) et [Guillaume.Obozinski@imagine.enpc.fr](mailto:Guillaume.Obozinski@imagine.enpc.fr)

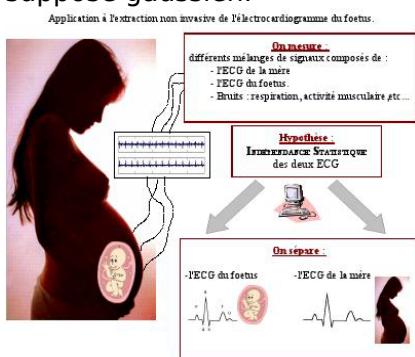
## Descriptif

Le but de cette étude est de s'initier à la séparation aveugle de source. Cette technique, issue du traitement du signal, a de nombreuses applications (traitement de la parole, télécommunication, imagerie médicale etc.). Le principe général de cette méthode est de récupérer des signaux « source » indépendants uniquement par l'observation/la mesure de signaux « observés » issus de capteurs. Nous supposerons que ces signaux « observés » sont une combinaison linéaire des signaux « source », les coefficients de cette combinaison linéaire étant inconnus.

Il est assez facile de comprendre que ce problème est fortement mal posé et comporte un certain nombre d'ambiguités.

Dans ce projet, nous supposerons que le mélange est linéaire et instantané (« sans mémoire ») et qu'il y a autant de sources que de capteurs. Ces hypothèses seront discutées lors du projet et il sera mis en évidence leur cas d'applications et leurs limites.

Du point de vue mathématique, le modèle s'écrit  $x=As+n$  où  $x$  est le vecteur représentant les signaux observés,  $A$  est la matrice (carrée) de mélange (inconnue !) supposé inversible,  $s$  est le vecteur représentant les signaux « source » dont les composantes sont supposées statistiquement indépendantes,  $n$  est le bruit de lecture (introduit à l'étape de quantification et dépendant des capteurs, de la luminosité etc.). Il est le plus souvent lui aussi inconnu. Il sera supposé gaussien.



Voici en exemple d'application de la séparation aveugle de signaux ECG et l'aide au diagnostic médical

## But du projet

Après un bref survol théorique de la méthode, le but de ce projet sera de proposer une méthode numérique pour déterminer une solution au problème de la séparation aveugle de sources dans le cas où le mélange est supposé instantané et le bruit négligeable.

## Ouvrages spécialisés

- ◆ *Pierre COMON and Christian JUTTEN : Séparation de Sources, tome 1: Concepts de base et Analyse en Composantes Indépendantes*, Hermès, série IC2, février 2007. ISBN 978-2-7462-1517-7.
- ◆ *Pierre COMON and Christian JUTTEN* (éd.). *Handbook of Blind Source Separation, Independent Component Analysis and Applications* Elsevier 2010, Academic Press, 2010, ISBN: 978-0-12-374726-6.

## Article

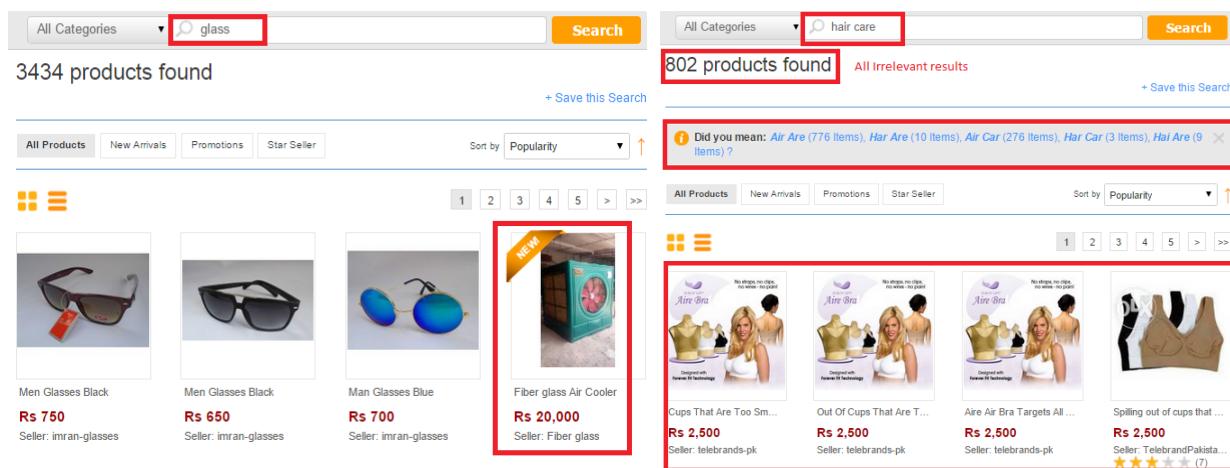
- ◆ *M. EL RHABI, H. FENNIRI, A. KEZIOU, and E. MOREAU. A robust algorithm for convolutive blind source separation in presence of noise*. Signal Process. 93, 4 (April 2013), pp. 818-827. (consulté le 25/06/2015) DOI=10.1016/j.sigpro.2012.09.026  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.sigpro.2012.09.026>

## Kaymu/AIG Search Algorithm Case Study

Responsables : [Ahmad Bakhiet et Nilay C. Badavne](#)  
[ahmad.bakhiet@kaymu.com](mailto:ahmad.bakhiet@kaymu.com) et [nilay.badavne@kaymu.com](mailto:nilay.badavne@kaymu.com)

**Description:** Search in e-commerce is a very important part of the business. The objective of this case study is to improve the search result by adding a layer on top of existing SOLR engine implementation. This layer will understand the [context/intent](#) of the search query.

Example, for a search “Glasses”, the site should return either eyewear, sunglasses, or drinking glasses, but not a ‘Fiber Glass Cooler’



Similarly, on searching hair care, a user's intent is to find hair dryer, or shampoo, or hair gel etc. By understanding the context and intent of a search query, we can greatly improve the search results presented to a user; if a user finds what he came looking for, he is more likely to make a purchase!

Improved search results should ideally reduce number of search refinements and increase number of transactions.



Where to start?

- ◆ Apache Solr. Wikipedia:  
[\(consulté le 25/06/2015\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Apache_Solr)
- ◆ Solr website: <http://lucene.apache.org/solr/>(consulté le 25/06/2015)
- ◆ Download: <http://www.apache.org/dyn/closer.cgi/lucene/solr/5.1.0>(consulté le 25/06/2015)
- ◆ Tutorials: <http://lucene.apache.org/solr/resources.html#tutorials>(consulté le 25/06/2015)

## **« Stratégie de déplacement des piétons - Evitement et Collisions »**

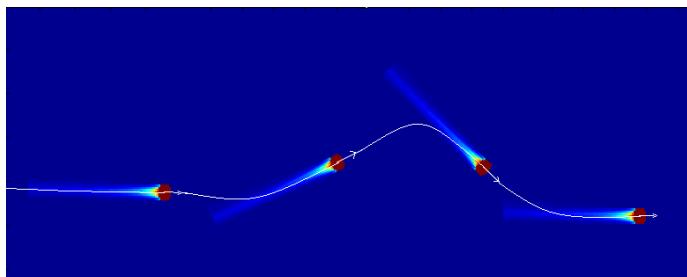
Responsables : [Pierre Argoul et Aissam Jebrane](#)  
[pierre.argoul@enpc.fr](mailto:pierre.argoul@enpc.fr) et [aissamjebrane@gmail.com](mailto:aissamjebrane@gmail.com)

### **Descriptif**

L'une des étapes majeures de la modélisation du mouvement de foule est de proposer une stratégie de déplacement d'un piéton pouvant s'adapter dans différentes situations (circulation normale, état d'évacuation d'urgence, etc.). La stratégie du plus court chemin est généralement utilisée. Elle est efficace pour un seul piéton en absence des autres piétons. Lorsque l'on s'intéresse au mouvement de plusieurs personnes avec des trajectoires qui se croisent, cette approche conduit à la gestion des éventuelles collisions (cf [1]). Dans l'hypothèse d'un évitement parfait, la présence d'autres piétons nécessite la mise au point d'une nouvelle procédure permettant de gérer le comportement et les interactions entre les piétons.

Plusieurs procédures existent dans la littérature (introduction de forces d'évitement, approches cognitives fondées sur des règles comportementales). Par exemple le piéton ajuste en permanence sa vitesse afin de conserver une distance minimale de sécurité par rapport aux autres piétons. Si cette distance est courte, il ralentit. Si elle est plus importante, il accélère jusqu'à atteindre sa vitesse de confort.

**Une procédure originale** fondée sur l'équation Eikonale et la notion de distance géodésique [2] est en cours d'implémentation en utilisant la technique de Fast-Marching[3].



Voici l'exemple d'une simulation montrant le déplacement d'un piéton le long d'une trajectoire C obtenue avec la nouvelle technique

### **But du projet**

Nous chercherons à améliorer cette dernière technique afin de la comparer aux stratégies du déplacement d'un piéton en présence des obstacles fixes (absolus tel mur..) et relatifs (mobiles: les autres piétons). Plusieurs cas de trajectoires de piétons en particulier dans les gares seront envisagés.

### **Thèses - Rapports**

- ◆ [1] PÉCOL P., *Modélisation 2D discrète du mouvement des piétons - Application à l'évacuation des structures du génie civil et à l'interaction foule-passerelle*. PhD thesis, Université Paris Est, 2011.
- ◆ [2] JEBRANE A, ARGOL P., Hakim A., El Rhabi M., *Modèles de foule en mouvement*, First Spring Conference on Applied Science and Computing, Proceedings, 2015.
- ◆ [3] MONNEAU R. *Introduction to the Fast Marching Method* <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00530910/document9> (consulté le 25/06/2015)

## « Communication audiovisuelle »

Responsable : [Karima Chelbi](#)  
[karima.chelbi@enpc.fr](mailto:karima.chelbi@enpc.fr)

### **Descriptif**

L'image constitue un outil moderne de narration et de valorisation d'un événement ainsi que de diffusion des connaissances.

L'objectif de ce projet est de réaliser une vidéo d'un format court (5 à 7 minutes). Cette vidéo retracera tous les moments forts du voyage de département au travers un montage dynamique et participera ainsi à mieux faire connaître la qualité et l'originalité de la formation IMI.

Elle nécessitera donc, en amont, une réflexion sur le type d'images qui seront tournées, l'insertion éventuelle d'extraits d'interviews, la recherche de sons libres de droits, des textes écrans etc.

Elle sera destinée à être mise en ligne sur le site web de l'École et relayée sur ses autres outils de communication : facebook, twitter, lettre d'information mensuelle adressée à un fichier très large de contacts et de partenaires.

Les élèves pourront s'appuyer sur les conseils de Karima Chelbi, adjointe à la directrice de la communication de l'École.



Un exemple de [vidéo](#) décrivant le voyage de département IMI 2014-2015



Un exemple de [vidéo](#) décrivant un projet de département IMI 2014-2015

## « L'innovation comme création destructrice de valeur »

Responsables : [Alon Rozen et Abdelkader Slifi](#)  
[rozen@enpcmbaparis.com](mailto:rozen@enpcmbaparis.com) et [abdelkader.slifi@enpc.fr](mailto:abdelkader.slifi@enpc.fr)

### Descriptif

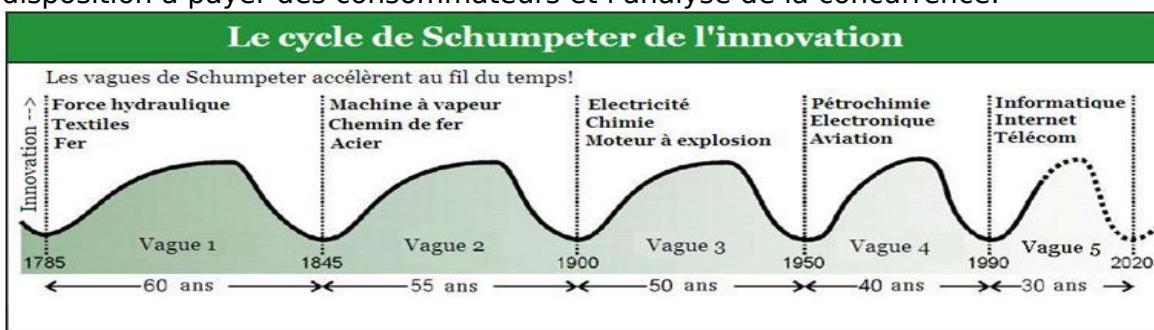
L'explication du cycle des affaires par le rythme d'émergence des innovations technologiques peut être utilisée comme grille de lecture dans le management et la mise sur le marché des produits innovants. Nous retiendrons comme point de départ la typologie des innovations chez Schumpeter (innovation de produits, de procédés, de modes de production, de débouchés, de matières premières). Nous présentons comme grille d'analyse prospective du cycle des affaires les étapes suivantes :

- a) La stratégie de l'entrepreneur innovant pour conquérir un marché et évincer la concurrence dont les produits deviennent obsolètes (destruction de valeur)
- b) L'évolution des prix et des profits sur le marché si l'innovation permet d'atteindre une position de monopole et d'obtenir une rente (création de valeur)
- c) La réaction du marché: les imitateurs qui copient l'innovateur, ce qui intensifie la concurrence et réduit le profit jusqu'à annuler la rente
- d) A long terme, et à l'équilibre général walrassien des marchés en condition de concurrence le profit devient nul!

Conclusion l'innovation est seule source de profit à travers le processus de destruction créatrice.

Dans le cadre de ce projet, nous proposons d'étudier le processus itératif de commercialisation des innovations :

- 1) Identification des usages des consommateurs par des méthodes relevant notamment du design thinking.
- 2) Développement de fonctionnalités répondant aux usages
- 3) Elaboration de business model : étude de marché comprenant l'estimation de la disposition à payer des consommateurs et l'analyse de la concurrence.



### But du projet

L'objectif de l'atelier est que les élèves appliquent ce processus à travers un exemple concret d'innovations passées (internet rend obsolète le minitel, le smartphone et le bibop...) ou à venir, en se basant sur des données pertinentes et fiables.

### Références

- ◆ SCHUMPETER, Joseph (1911) : *Théorie de l'évolution économique. Recherches sur le profit, le crédit, l'intérêt et le cycle de la conjoncture*. Paris : Dalloz, 1999.
- ◆ AGHION, P., BLOOM, N., BLUNDELL, R., GRIFFITH, R. and HOWITT, P. (2005), «Competition and Innovation: An inverted U Relationship», *Quarterly Journal of Economics*, May 2005, pp. 701-728.

## **« Hedged Monte-Carlo: low variance derivative pricing with objective probabilities »**

Responsables : [Ernesto Palidda, Aurélien Alfonsi et Bernard Lapeyre](#)  
[ernestop75013@aol.com](mailto:ernestop75013@aol.com),  
[alfonsi@cermics.enpc.fr](mailto:alfonsi@cermics.enpc.fr) et [bl@cermics.enpc.fr](mailto:bl@cermics.enpc.fr)

### **Descriptif**

Pour certains actifs financiers, tels que les fonds, le marché des options n'est pas suffisamment liquide pour permettre d'appliquer les techniques de valorisation par replication parfaite. L'information de marché est insuffisante pour pouvoir calibrer une dynamique risque-neutre de l'actif. Une approche possible consiste à construire une stratégie de couverture entièrement basée sur les séries historiques d'évolution des prix en minimisant la variance de l'erreur de couverture du portefeuille. Cette idée a été initialement proposée par Bouchaud, Potters et Sestovic dans "Hedged Monte-Carlo: low variance derivative pricing with objective probabilities" (référence). On peut envisager une implementation élémentaire de la méthode pour valoriser des options d'achat et de vente sur des fonds mutuels.

### **But du projet**

L'objectif du projet est une implémentation élémentaire de la méthode pour valoriser des options d'achat et de vente sur des fonds mutuels.

### **Références**

#### **Article**

- ◆ Marc Potters, Jean-Philippe Bouchaud and Dragan Sestovic. HEDGED MONTE-CARLO: LOW VARIANCE DERIVATIVE PRICING WITH OBJECTIVE PROBABILITIES, *Physica A 289 (3-4)* (2001) pp. 517-525.



« Oser ; le progrès est à ce prix.  
Toutes les conquêtes sublimes sont plus ou  
moins des prix de hardiesse.»  
Victor Hugo, *Les Contemplations*, 1856