

## SPI et SHS, quelles incertitudes de nos modèles ?

Benoit GAUVREAU & Rochdi TRIGUI  
Département Aménagement,  
Mobilité et Environnement (AME)

PROSPECTIVE  
DISCIPLINAIRES ENQUÊTE DÉCISION  
STATISTIQUES INVERSES TERRITOIRE  
CONCEPTUELS PROSPECTIFS USAGES  
MESURE QUANTITATIFS AMONTS INDICATEURS  
BOITES OUTILS INPUT DESCRIPTIFS AIDE  
NOIRES OUTPUT SPI \ SHS NUMÉRIQUES  
OUVERTES **MODELES** ENTRÉES  
DONNÉES **INCERTITUDES** CHAÎNAGE  
SORTIES **IMPACT** DIRECTS QUALITATIFS PHYSIQUES PRATIQUES  
FERMÉES OPÉRATIONNELS DIAGNOSTIC  
SCÉNARIOS BLANCHES COUPLAGE  
INTERDISCIPLINAIRES  
AMÉNAGEMENT

Sommaire :

- 1 – Rappel du programme
- 2 – Introduction au séminaire
- 3 – Quelques notions (in)stables
- 4 – Retour sur enquête auprès des Dirlabs

# Programme

| Time  | Durée                            | Titre – Contenu  | Intervenant(s)  |
|-------|----------------------------------|--|---|
| 9h00  | 40min                            | <i>Accueil des participants</i>  |   |
| 9h40  | 20min                            | Ouverture de la journée – Rappels des motivations et des objectifs – Retours sur l'enquête auprès des labos                            | B. Gauvreau (AME/UMRAE)<br>R. Trigui (AME/LTE)          |
| 10h00 | 30min exposé +<br>10min échanges | Acoustique environnementale : du bruit de roulement (échelle micro) à la cartographie urbaine (échelle macro)                          | A. Can (AME/UMRAE)<br>J. Cesbron (AME/UMRAE)            |
| 10h40 | 30min exposé +<br>10min échanges | Une géométrie de l'incertitude   | P. Niérat (AME/ SPLOTT)                                 |
| 11h20 | 30min exposé +<br>10min échanges | Modélisation de l'adhérence: Jusqu'à quelle résolution de la texture des chaussées ?<br>Un coup de dés jamais n'abolira le hasard      | M. Kane (AME/EASE)<br>P.O. Vandanjon (AME/EASE)         |
| 12h00 | 30min exposé +<br>10min échanges | En SHS, la précision des données diminue-t-elle l'incertitude ou l'inverse ?   | J.P. Hubert (AME/DEST)                                  |
| 12h40 | 1h20                             | <i>Déjeuner + café</i>   |   |
| 14h00 | 30min exposé +<br>10min échanges | La psychologie des top-modèles   | V. Gyselinck (AME/UMRPC)<br>J.M. Burkhardt ((AME/UMRPC) |
| 14h40 | 30min exposé +<br>10min échanges | Mise en regard d'un modèle énergétique de véhicule électrique et de mesures embarquées : impact de la précision de certains paramètres | B. Jeanneret (AME/LTE)<br>E. Vinot (AME/LTE)            |
| 15h20 | 30min exposé +<br>10min échanges | Calibration et validation des modèles intégrés transport et usage du sol: état de l'art et retours d'expérience                        | N. Coulombel (AME/LVMT)                                 |
| 16h00 | 20min                            | <i>Conclusions et clôture du séminaire</i>   |   |

# Un “modèle”, c’est quoi ?

<http://fr.wikipedia.org>

Le terme **modèle** synthétise les deux sens symétriques et opposés de la notion de ressemblance, d'[imitation](#), de [représentation](#). En effet, il est utilisé pour désigner :

- soit un concept ou objet considéré comme *représentatif d’un autre* (exemple : le « [modèle réduit](#) » ou [maquette](#), le « modèle » du scientifique), déjà existant ou que l’on va s’efforcer de construire.
- soit un objet *réel* dont on va chercher à donner une représentation, que l’on va chercher à imiter (exemple : le « modèle » du peintre, le « modèle » que constitue le maître pour le disciple).

Le premier sens est le *sens original*.

Le second sens dérive de la pratique des architectes et ingénieurs (puis des scientifiques) consistant à construire d’abord un [prototype](#), concret ou conceptuel, qui servira de « modèle » à une construction réelle : le modèle est ainsi devenu, en outre, l’assemblage de concepts représentant de manière simplifiée une chose *réelle déjà existante* (objet, phénomène, etc.), en vue de la comprendre, d’en prédire le comportement, etc.

# Un “modèle”, c’est quoi ?

Source : <http://fr.wiktionary.org>

Du latin populaire modellus variante du latin classique modulus, diminutif de modus (« manière » ou « mode »). Le mot « modèle » serait un emprunt à l’italien modello du XVI<sup>e</sup> siècle. Il est alors employé dans le sens d’une représentation miniature de ce qui sera construit en grand (au sens de « modèle-réduit » ou de « prototype »). Il prendra au cours des siècles suivants le sens d’« objet référent », puis d’« idéal à imiter ». L’emploi technico-scientifique du terme daterait seulement des années 50, mais on en trouve l’emploi chez Paul Valéry (1894) dans son « Introduction à la méthode de Léonard de Vinci ».



# Un “modèle”, c’est quoi ?

<http://fr.wikipedia.org>

**modèle** [/mɔ.dɛl/](#) masculin

- Ce qui sert d'[exemple](#), ce qui doit [être imité](#).
- Personne qui sert d'[exemple](#) que l'on suit ou que l'on doit [suivre](#).
- (Arts) Personne, [homme](#) ou [femme](#), d'après [laquelle](#) les [artistes dessinent](#), [peignent](#), [sculptent](#), etc.
- (*En particulier*) Personne dont un [écrivain](#) s'est [inspiré](#) pour [dépeindre](#) un [personnage](#) dans un [ouvrage](#).
- [Prototype](#), chose que l'on se propose de réaliser.
- (Sculpture) [Représentation](#) en [terre](#) ou en [cire](#) d'un [ouvrage](#) qu'on se [propose](#) d'[exécuter](#) en [marbre](#) ou en quelque autre [matière](#).
- (Architecture) (Arts) [Maquette](#) d'un [objet](#) qu'on se propose d'[exécuter](#) en grand.
- [Exemplaire](#), [produit](#) réalisé.
- (Mathématiques) [Simulation](#), représentation simplifiée d'un [système complexe](#) au moyen d'[équations](#) et de [relations](#).  
*Les modèles [prédictifs](#) sont utilisés pour anticiper des événements ou des situations, comme prévoir le temps avec la météo, estimer les prix potentiels des actifs financiers avec les modèles d'évaluation en finance, ou prévenir les épidémies.*  
*Les modèles [descriptifs](#) servent à représenter des données historiques de manière interprétable, à décrire de manière simplifiée les événements réels ou une masse d'informations très grande.*
- [Système organisé](#).



# Un “modèle”, c’est quoi ?

<http://fr.wikipedia.org>

## Sciences et techniques

En sciences et en génie, le mot « modèle » est utilisé dans quatre contextes différents :

La maquette ou le plan servant au [prototypage](#) ;

Le modèle conceptuel, visant à la compréhension et au [diagnostic](#) ; une « vue de l’esprit » analytique ou algorithmique (avec ou sans mathématiques) représentant des phénomènes et leurs relations ;

Les [simulations](#), de nature prédictive ou diagnostique, souvent mises en œuvre par ordinateur. On distingue entre autres :

Les modèles [statistiques](#) ;

Les modèles numériques (ou modèles analytiques) ;

Les modèles [stochastiques](#) (ou aléatoires) et depuis quelque temps les [calculateurs](#) associés ;

Les simulations interactives (*i.e.* avec intervention humaine), ce qui englobe les jeux et les simulations d’entraînement ;

Un [organisme modèle](#) est une espèce vivante que l’on peut facilement élever ou cultiver, afin de faire des [expériences scientifiques](#) qu’il serait plus difficile de mettre en œuvre avec des espèces plus complexes (l’[espèce humaine](#) par exemple).

# Un “modèle”, c’est quoi ?

<http://fr.wikipedia.org>

## Informatique

En [informatique](#), un modèle permet de modéliser la conception ou le fonctionnement d'un ensemble de programmes informatiques.

Les modèles actuellement employés dans les entreprises et les administrations restent souvent inspirés des modèles développés dans les années 1970 (modèle entité-relation). Toutefois, en [écoinformatique](#), on voit apparaître des modèles de type [sémantique](#), utilisant largement des [métadonnées](#). L'[application plus générale des principes de développement durable à l'informatique](#) pose néanmoins la question d'une révision des modèles informatiques. Le modèle [CobiT](#), développé dans les années 1990, est traditionnellement employé pour la [gouvernance des systèmes d'information](#).

Le modèle d'[analyse décisionnelle des systèmes complexes](#) permet de modéliser les [systèmes complexes](#) dans des contextes mondialisés et ouverts, et semble ouvrir des pistes très intéressantes pour le [pilotage des systèmes d'information](#) des grandes organisations.

## Mathématiques

En mathématiques, un modèle permet de définir la notion de [vérité](#) pour une [théorie mathématique](#).

## Sciences humaines

Dans un sens applicable par exemple à la politique, à la sociologie, à l'économie ou à la culture, le modèle établit une [gouverne](#) plastique à l'intention d'une [espèce](#), d'un [genre](#) ou d'une [société](#).

Il fonde ainsi un ensemble de règles, établit une [morale](#) plus ou moins souple et la publie. Le modèle sert d'énoncé de référence (ou [référentiel](#)) en définissant librement une [forme](#), une structure sociale, éventuellement une communauté. Par suite le modèle pourra être implanté et adapté pour être mis en œuvre dans le monde réel.



# Un "modèle", c'est quoi ?

## Résultat : synonymes de modèle

Université de Caen, tous droits réservés

**Important** : n'oubliez pas de lire cet [avertissement](#) avant de formuler vos remarques.

Vous pouvez aussi consulter la [FAQ](#).

Votre requête est : "modèle" (modèle). Il y a 56 synonymes. [Voir leur classement](#)

Interprétations possibles de la requête : [modèle](#), [modelé](#), [modeler](#)

[Visualisation de l'espace sémantique](#)

[Visualisation avec possibilité d'impression](#)

Pour le mode d'emploi de la visualisation, voir la [lettre d'information numéro 8](#) (paragraphe 2)

Pour la nouvelle version, vous devez [télécharger la dernière version de Java](#) pour votre navigateur.

A VOIR : [La définition de "modèle"](#) sur le portail lexical du CNRTL











\*\*\* [Essayez la nouvelle présentation du dictionnaire](#) \*\*\*

**modèle** : [académie](#), [accompli](#), [archétype](#), [bible](#), [bon](#), [canevas](#), [canon](#), [carton](#), [comparaison](#), [corrigé](#), [croquis](#), [échantillon](#), [édifiant](#), [esquisse](#), [étalon](#), [étude](#), [exemplaire](#), [exemple](#), [forme](#), [formule](#), [gabarit](#), [héros](#), [idéal](#), [idée](#), [image](#), [inspirateur](#), [irréprochable](#), [maître](#), [mannequin](#), [maquette](#), [motif](#), [moule](#), [nature](#), [nu](#), [original](#), [paradigme](#), [parangon](#), [parfait](#), [patron](#), [perle](#), [phénix](#), [plan](#), [pointure](#), [portrait](#), [pose](#), [précédent](#), [prototype](#), [référence](#), [règle](#), [représentant](#), [spécimen](#), [standard](#), [sujet](#), [topo](#), [trésor](#), [type](#).

**Antonymes** : [copie](#), [imitateur](#), [imitation](#)

[www.crisco.unicaen.fr](http://www.crisco.unicaen.fr)

### Le classement des premiers synonymes :

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <a href="#">type</a>       |    |
| <a href="#">exemplaire</a> |  |
| <a href="#">idéal</a>      |  |
| <a href="#">image</a>      |  |
| <a href="#">exemple</a>    |  |
| <a href="#">archétype</a>  |  |
| <a href="#">sujet</a>      |  |
| <a href="#">forme</a>      |  |
| <a href="#">plan</a>       |  |
| <a href="#">idée</a>       |  |



# Un “modèle”, c’est quoi ?



<http://www.cnrtl.fr/>

## Modèle

Chose ou personne qui, grâce à ses caractéristiques, à ses qualités, peut servir de référence à l'imitation ou à la reproduction.

**ARTS, DESSIN, PEINT., SCULPT.** Dessin, objet, personne, dont l'artiste veut représenter l'image ou reproduire la forme. – *En partic.* Personne dont la profession est de poser pour un artiste. b) *P. anal.* – **SCULPT.** Figure façonnée dans l'argile, la cire ou le plâtre et destinée à être reproduite dans la pierre, le marbre ou le bronze.

**LITT.** Personne dont s'inspire un écrivain pour créer un personnage (théâtre, roman, etc.).

**COMM., INDUSTRIE.** a) Prototype d'un objet destiné à la fabrication industrielle en série et dont la loi interdit la contrefaçon. *Modèle de fabrique; modèle breveté, déposé; dépôt des modèles; protection des dessins et modèles.*

**MODE.** Dessin ou maquette en toile destiné à guider l'exécution d'un prototype original

**ARTS ET MÉTIERS.** Représentation à petite échelle, d'un objet destiné à être reproduit dans des dimensions normales. Synon. *maquette. Modèle de machine, de navire; modèle d'un monument, d'un édifice. Modèle réduit.* Reproduction d'un objet (le plus souvent un véhicule) à échelle réduite. *Modèle réduit d'avion, de train.* Type de fabrication auquel appartient un objet reproduit en série. *Petit, grand, ancien modèle; modèle courant, haute couture, boutique, standard; lancer, présenter un nouveau modèle.*

*Loc. verb. Constituer, être un modèle du genre.* Constituer, être un exemple type.

Exemple donné par une personne, une chose, qui possède au plus haut degré un ensemble de caractéristiques.

**ÉPISTÉMOL., SC.** „Système physique, mathématique ou logique représentant les structures essentielles d'une réalité et capable à son niveau d'en expliquer ou d'en reproduire dynamiquement le fonctionnement” (Birou 1966). *Modèle explicatif; modèle logico-mathématique:* 9. On parle de modèle, en science, chaque fois qu'il y a renvoi d'une réalité concrète à une réalité idéale avec exploitation de leurs analogies descriptives. Analogie ne signifie nullement identité; il existe même une différence de nature entre le modèle et le réel qu'il représente, le modèle ayant une valeur symbolique. Sill. *Psychol.* 1980, p.753.

**LING.** Construction abstraite, rigoureusement axiomatisée, utilisable pour formuler une théorie linguistique. *Modèle d'analyse. La construction des modèles se réalise dans la distance qui sépare le langage-objet du métalangage* (Greimas-Courtés 1979): 12. Construction abstraite et hypothétique capable de rendre compte d'un ensemble donné de faits et d'en prévoir de nouveaux (d'apr. Lang. 1973). Synon. *théorie linguistique. Modèle de compétence, de performance.* On est en droit de penser que la linguistique générale a tout à gagner à s'enrichir constamment des concepts nouveaux et que la recherche comparée sur les modèles existants est une des voies privilégiées de la réflexion théorisante. R. Martin, *Les Théories d'ensemble actuelles des Modèles ling.*, t.1, 1979, p.27.

**PSYCHOSOCIOL.** *Modèle psychologique, de comportement, de personnalité.* Personne dont le comportement est observé par un sujet qui peut en être influencé” (Thinès-Lemp. 1975). *Le comportement du modèle est un exemple possible à imiter (...). Le père peut être un modèle pour son fils* (Thinès-Lemp. 1975). *Ces modèles auxquels nous nous conformons avec plus ou moins de rigueur, suivant notre tempérament, nous sont dictés par le groupe social auquel nous appartenons (groupe d'appartenance)* (Sill. *Psychol.* 1980, p.753).

**SOCIOL., ANTHROPOL.** *Modèle culturel, socio-culturel.* Schème de référence et modèle de conduite, basé sur la culture admise, établie dans une société et qui est acquise quasi spontanément par chacun des membres qui y vivent” (Birou 1966). *L'anthropologie a défini des modèles socioculturels, c'est-à-dire des ensembles de traits qui caractérisent, globalement, les membres d'une société et qui constituent la «personnalité de base»* (Sill. *Psychol.* 1980, p.753).

# Un “modèle”, c’est quoi ?

Littré

<http://litre.reverso.net/dictionnaire-francais/>

**modèle**

**nm** (*mo-dè-l'*)

**1** Objet d'imitation. Un modèle d'écriture, de broderie. Suivre, imiter le modèle. Fait d'un certain modèle, fait d'une certaine façon.

**2** Personne qui, dans un atelier de peintre ou de sculpteur, se pose, nue ou autrement, pour être dessinée ou peinte. Poser le modèle, mettre une personne dans les attitudes qui conviennent à la figure qu'on veut faire. Être fait comme un modèle, être bien fait, avoir toutes les parties du corps dans des proportions régulières et élégantes.

**3** *Terme de sculpture*, d'architecture et de plusieurs autres arts. Représentation, en terre ou en une autre matière, d'un ouvrage à exécuter. Un modèle de terre, de cire, ou un modèle en terre, en cire. Modèle de vaisseau, de canon. Dans le commerce de certains arts, on appelle modèles, les statues, les groupes, les sujets qui appartiennent à telle ou telle maison. Cette statue est un modèle de la maison Barbedienne.

**4** Modèle de fabrique, sorte de table qui sert à couper les pains de savon. Grande glace doucie sur laquelle on assemble plusieurs glaces, pour qu'elles présentent une surface unie, et qu'on scelle ensuite ensemble pour les polir toutes à la fois. Se dit, chez les teinturiers, des écheveaux de soie et de laine cramoisie sur lesquels ils doivent faire les épreuves des teintures.

**5** *Fig.* Ce qui est pour les choses d'esprit ou pour les choses morales l'équivalent des modèles dans les arts. C'est un modèle, se dit d'une personne qui a de grandes vertus, de grandes qualités.

# Un “modèle”, c’est quoi ?

Larousse

<http://www.larousse.fr/>

## Modèle

- Ce qui est donné pour servir de référence, de type : Un modèle de conjugaison.
- Personne ou objet possédant certaines qualités ou caractéristiques propres à en faire le type d'une catégorie : C'est un modèle de patience.
- Ce qui est donné pour être reproduit : Copier un modèle.
- Personne citée ou choisie à titre d'exemple pour qu'on s'inspire de sa conduite.
- Objet type à partir duquel on reproduit des objets de même sorte à de multiples exemplaires ; objet fait selon ce prototype : Nos derniers modèles sont en vitrine.
- Représentation schématique d'un processus, d'une démarche raisonnée : Modèle linguistique.
- Personne qui pose pour un photographe, un peintre, un sculpteur, etc.
- Personne sur laquelle un coiffeur, un couturier, une modiste, etc., essaie ses créations.
- En apposition après certains noms, avec ou sans trait d'union, désigne quelque chose que l'on propose comme référence : Visiter l'appartement modèle.
- Archéologie : Figurine faisant généralement partie, dans l'Égypte pharaonique, du mobilier funéraire et représentant l'homme en activité dans son environnement.
- **Logique** : Concept constituant un monde possible à l'égard duquel les formules d'un langage formalisé peuvent être dites vraies ou fausses. (Le concept de modèle est fondamental dans la sémantique moderne et son importance a été mise en lumière par Tarski [1930], dont les travaux ont pu être affinés grâce à des résultats obtenus par Gödel antérieurement [théorème de complétude] et grâce à Skolem [1933].)
- Métallurgie : Outillage permettant la reproduction d'une pièce déterminée par les procédés utilisés en fonderie pour la réalisation de l'empreinte du moule dans laquelle sera coulée la pièce.
- **Philosophie** : Structure logico-mathématique utilisée dans divers domaines des sciences humaines (psychologie sociale, sociologie, linguistique, etc.) permettant de traduire un ensemble de phénomènes qui possèdent entre eux certaines relations, sans lien de causalité univoque.
- Photogrammétrie : Image en relief perçue en observant un couple de clichés à l'aide d'un stéréoscope ou d'un appareil de restitution ; modèle réduit de l'objet à représenter, tel que le reconstitue et le décrit un appareil de photogrammétrie.
- Sculpture : Ouvrage que l'on modèle en terre, en cire, en plâtre, etc., dans l'intention de le reproduire soit par taille, soit par fonte ou moulage. (Le modèle peut être à *grandeur d'exécution*, ou *réduit* [maquette], ou *agrandi* ; il peut être *préparatoire* [en général à échelle réduite] ou *définitif* [dit aussi *modèle original*].)

# Un “modèle”, c’est quoi ?

Le Petit Robert, Édition 2010

**MODÈLE** [mɔdəl] n. m. – 1564 ; *modelle* 1542 ♦ italien *modello*, famille du latin *modulus* qui a également donné *moule* et *module* ■ 1 Ce qui sert ou doit servir d'objet d'imitation pour faire ou reproduire qqch. > **archétype**, 2 **canon**, 2 **étalon**, **exemple**. *Modèle de déclinaison, de conjugaison.* > **paradigme**. *Texte qui est donné comme modèle à des élèves.* > **corrigé**. *Modèle de rédaction d'acte juridique.* > **formule**. *Sa conduite doit être un modèle pour nous.* > **référence**, **règle**. *Copier, suivre un modèle. Prendre qqn comme, pour modèle. Tu devrais prendre modèle sur lui. — Sur le modèle de (cf. À l'image, à l'imitation de).* — « *Le poète ne doit avoir qu'un modèle, la nature* » **HUGO**. « *les hommes tiennent à se proposer des exemples et des modèles qu'ils appellent héros* » **CAMUS**. ♦ **adj.** *Un élève modèle.* > **accompli**, **parfait**. « *Les Petites Filles modèles* » de la comtesse de Ségur. — *Usine modèle.* > **pilote**. *Il a une conduite modèle.* > 1 **bon**, **édifiant**, 1 **exemplaire**. ■ 2 **ARS** Personne ou objet dont l'artiste reproduit l'image. > 3 **sujet**. *Peindre d'après le modèle.* ♦ **SPECIALT** Personne dont la profession est de poser pour des artistes, des photographes (> **cover-girl**). *Figure dessinée d'après le modèle nu.* > **académie**. ♦ **PAR EXT.** Personne sur laquelle un couturier, un coiffeur, etc. essaie ses créations. > 1 **mannequin**. ■ 3 *Modèle de...* : personne, fait, objet possédant au plus haut point certaines qualités ou caractéristiques qui en font le représentant d'une catégorie. *Ce n'est pas un modèle de fidélité, de générosité. Harpagon, modèle de l'avare.* > **type**. — *C'est un modèle du genre.* ■ 4 **PAR EXT.** Ce qui représente sous une forme concrète ou restreinte une classe, une catégorie. > **échantillon**, **spécimen**. **ELLIPT** *Visitez l'appartement modèle.* ♦ **Catégorie**, variété particulière, définie par un ensemble de caractères et à laquelle peuvent se rapporter des faits ou objets réels. *Les différents modèles d'organisation industrielle.* > 2 **mode**, **type**. ■ 5 **Objet**, type déterminé selon lequel des objets semblables peuvent être reproduits à de multiples exemplaires. > 1 **standard**, **type**. *Modèle reproduit en grande série. Modèle courant. Modèle de luxe. Dernier modèle.* — **ELLIPT** *Fusil modèle 1936, modifié 1939. Automobile modèle 1990.* — **DR.** *Modèle de fabrication, et ABSOLT* *Modèle : objet servant de prototype à une fabrication industrielle. Modèle déposé.* ■ 6 **Objet de même forme qu'un objet plus grand mais exécuté en réduction.** > **maquette**. *Modèle de navire, d'un édifice.* — **MODÈLE RÉDUIT**. *Modèle réduit au 1/100<sup>e</sup>.* **ADJ** *Faire voler un avion modèle réduit.* > **miniature**. ♦ **Objet matériel dont on reproduit la forme, les contours pour obtenir des objets du même type. Modèle d'après lequel on confectionne un objet, un vêtement. > **gabarit**, 1 **moule**, 2 **patron**. ■ 7 **sc.** *Représentation simplifiée d'un processus, d'un système.* > **schéma**, **structure**; **simulation**. *Modèle d'une structure.* > **matrice**, **pattern**. *Modèle mathématique : modèle formé par des expressions mathématiques et destiné à simuler un tel processus. Modèle économique. Le modèle libéral, soviétique.* ♦ **LING.** *Construction théorique permettant d'expliquer des structures. Modèle syntagmatique, transformationnel.***



# Un “modèle”, c’est quoi ?

<http://fr.wikipedia.org>

La démarche de [modélisation](#) correspond à la mise en œuvre de la rationalité [cartésienne](#) et de la [méthode scientifique](#). Il s’agit tout à la fois de se simplifier le travail, en éliminant les détails difficiles à reproduire, et d’obtenir un résultat plus net, en se concentrant sur les seuls traits jugés importants.

La modélisation est une discipline qui a ses règles, adaptées au domaine étudié. Ainsi, les proportions que doit respecter un [modèle réduit](#) pour qu’on puisse extrapoler son comportement à l’objet de taille réelle peuvent être différentes de ce qui paraît *a priori* naturel. Par exemple, la [mécanique des fluides](#) exige d’une maquette de bateau des proportions différentes du bateau pour conserver le [nombre de Reynolds](#), tandis que l’extrapolation [statistique](#) ne permet pas une évolution dans les mêmes proportions entre une population étudiée et un échantillon représentatif.

**Le modèle représente une réalité. Il ne constitue pas cette réalité, comme l’énonce l’adage « la carte n’est pas le territoire » ;**

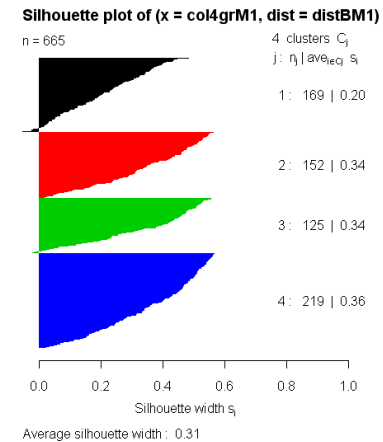
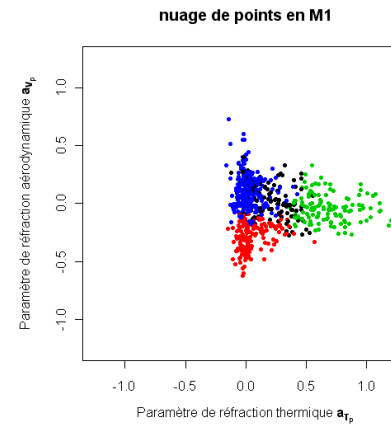
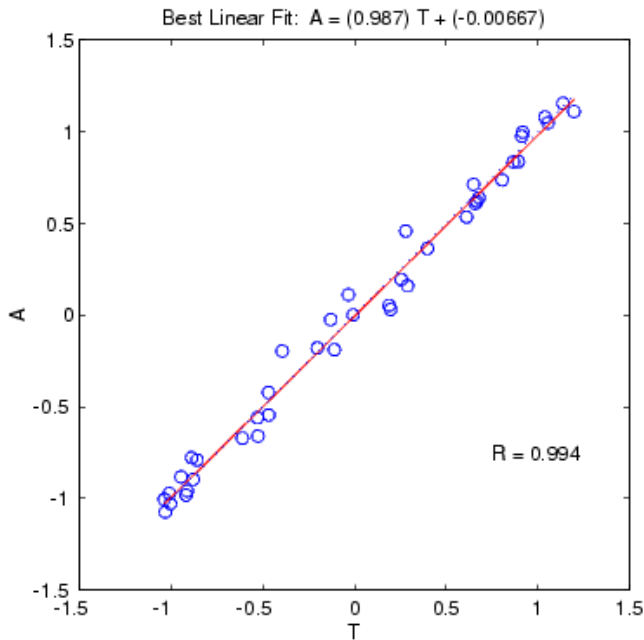
Un modèle n’est pas (et n’a pas à être) parfaitement ressemblant : on vise une ressemblance suffisante, qui dépend de l’utilisation souhaitée (ainsi, un [sculpteur](#) et un [médecin](#) n’utilisent pas le même modèle d’un [corps humain](#)) ; La qualité d’un modèle dépend des techniques disponibles ;

**Le comportement du modèle correspond dans une certaine mesure, et dans une certaine plage de validité seulement, au comportement de la réalité ; la ressemblance est, dans quelques cas, quantifiable.**

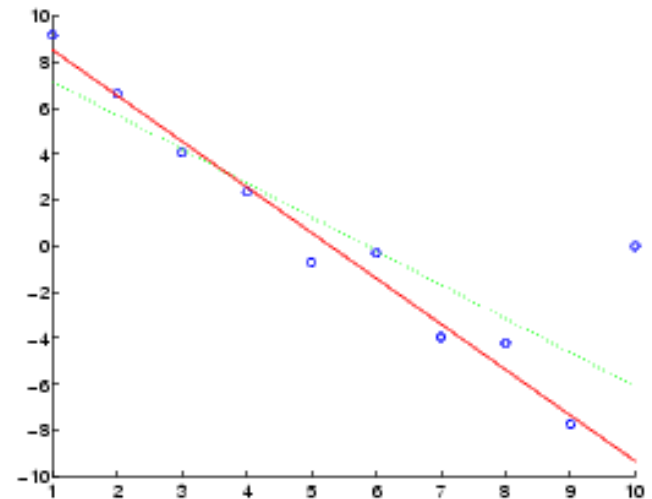
La démarche est similaire à celle consistant à remplacer localement une courbe complexe par son [cercle osculateur](#) : licite, elle nécessite cependant du [discernement](#).



# Modélisation statistique



- En N dimensions : ACP, ANOVA, k-means, etc.
- Quelle validité de la procédure « best fit » ?
- Nombre d'échantillons représentatifs de la population ?
- Représentativité (spatiale et temporelle) des échantillons ?
- Modèle *descriptif* généralisable ?
- Outil de *diagnostic*... et de prospective (scenarii) ?



# Modélisation mathématique (exemple de la mécanique des fluides)

Cas général en  
mécanique des fluides  
(Navier-Stokes)

$$\begin{cases} \left( \frac{\partial}{\partial t} + \vec{V} \cdot \vec{\nabla} \right) \rho + \rho \vec{\nabla} \cdot \vec{V} = \rho Q \\ \left( \frac{\partial}{\partial t} + \vec{V} \cdot \vec{\nabla} \right) \vec{V} + \frac{\vec{\nabla} P}{\rho} - \vec{g} = \frac{\vec{F}}{\rho} \\ \left( \frac{\partial}{\partial t} + \vec{V} \cdot \vec{\nabla} \right) S = 0 \\ P = P(\rho, S) \end{cases}$$

Décomposition +  
linéarisation

Hyp. air  $\cong$  gaz parfait  
(adiabatique)

Approximation 1<sup>er</sup> ordre (LEE)

$$\begin{cases} \left( \frac{\partial}{\partial t} + \vec{V} \cdot \vec{\nabla} \right) \rho + (\vec{w} \cdot \vec{\nabla}) \rho_0 + \rho_0 \vec{\nabla} \cdot \vec{w} + \rho \vec{\nabla} \cdot \vec{V} = \rho_0 Q \\ \left( \frac{\partial}{\partial t} + \vec{V} \cdot \vec{\nabla} \right) \vec{w} + (\vec{w} \cdot \vec{\nabla}) \vec{V} + \frac{\vec{\nabla} p}{\rho_0} - \frac{\rho \vec{\nabla} P_0}{\rho_0^2} = \frac{\vec{F}}{\rho_0} \\ \left( \frac{\partial}{\partial t} + \vec{V} \cdot \vec{\nabla} \right) s + (\vec{w} \cdot \vec{\nabla}) S_0 = 0 \\ p = \rho c^2 + sh, \quad c^2 = \frac{\partial P_0(\rho_0, S_0)}{\partial \rho_0}, \quad h = \frac{\partial P_0(\rho_0, S_0)}{\partial S_0} \end{cases}$$

Direct Numerical  
Simulation (DNS)

Indirect  
Numerical  
Simulation  
(CFD)

Approximations +  
stratification atmosphère

$$\begin{cases} \left( \frac{\partial}{\partial t} + \vec{V} \cdot \vec{\nabla} \right) p + \rho_0 c^2 \vec{\nabla} \cdot \vec{w} + \vec{w} \cdot \vec{\nabla} P_0 + \gamma p \vec{\nabla} \cdot \vec{V} = \rho_0 c^2 Q \\ \left( \frac{\partial}{\partial t} + \vec{V} \cdot \vec{\nabla} \right) \vec{w} + (\vec{w} \cdot \vec{\nabla}) \vec{V} + \frac{\vec{\nabla} p}{\rho_0} - \frac{\rho \vec{\nabla} P_0}{\rho_0^2} = \frac{\vec{F}}{\rho_0} \\ \left( \frac{\partial}{\partial t} + \vec{V} \cdot \vec{\nabla} \right) \rho + (\vec{w} \cdot \vec{\nabla}) \rho_0 + \rho_0 \vec{\nabla} \cdot \vec{w} + \rho \vec{\nabla} \cdot \vec{V} = \rho_0 Q \end{cases}$$

$$\begin{cases} \left( \frac{\partial}{\partial t} + \vec{V} \cdot \vec{\nabla} \right) p + \rho_0 c^2 \vec{\nabla} \cdot \vec{w} = \rho_0 c^2 Q \\ \left( \frac{\partial}{\partial t} + \vec{V} \cdot \vec{\nabla} \right) \vec{w} + (\vec{w} \cdot \vec{\nabla}) \vec{V} + \frac{\vec{\nabla} p}{\rho_0} = \frac{\vec{F}}{\rho_0} \end{cases}$$

# Résolution des équations par calcul (schéma numérique)

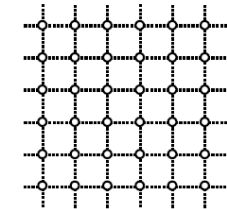
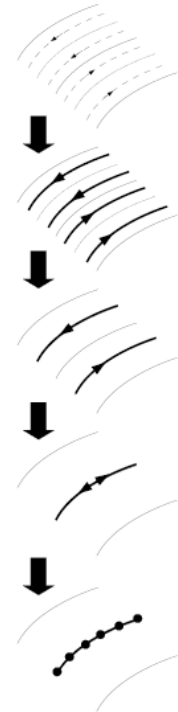
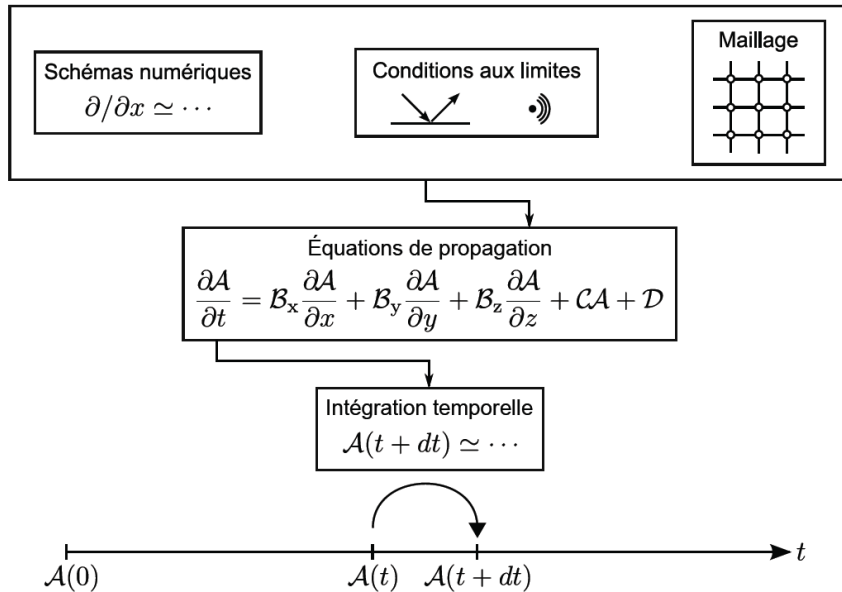
Équation générique à résoudre :

$$\frac{\partial A}{\partial t} = \mathcal{B}_x \frac{\partial A}{\partial x} + \mathcal{B}_y \frac{\partial A}{\partial y} + \mathcal{B}_z \frac{\partial A}{\partial z} + \mathcal{C}A + \mathcal{D}$$

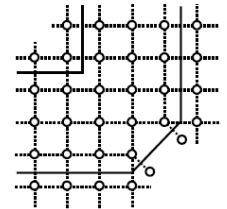
avec (par exemple en 2D) :

$$\mathcal{A} = \begin{bmatrix} p \\ w_x \\ w_z \end{bmatrix}, \quad \mathcal{B}_x = \begin{bmatrix} -V_x & -\rho_0 c^2 & 0 \\ -\frac{1}{\rho_0} & -V_x & 0 \\ 0 & 0 & -V_x \end{bmatrix}, \quad \mathcal{B}_z = \begin{bmatrix} -V_z & 0 & -\rho_0 c^2 \\ 0 & -V_z & 0 \\ -\frac{1}{\rho_0} & 0 & -V_z \end{bmatrix},$$

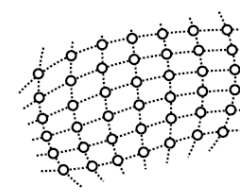
$$\mathcal{C} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{\partial V_x}{\partial x} & -\frac{\partial V_x}{\partial z} \\ 0 & -\frac{\partial V_z}{\partial x} & -\frac{\partial V_z}{\partial z} \end{bmatrix}, \quad \mathcal{D} = \begin{bmatrix} \rho_0 c^2 Q \\ F_x / \rho_0 \\ F_z / \rho_0 \end{bmatrix}$$



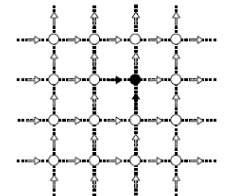
(a) Maillage cartésien



(b) Maillage quasi-cartésien



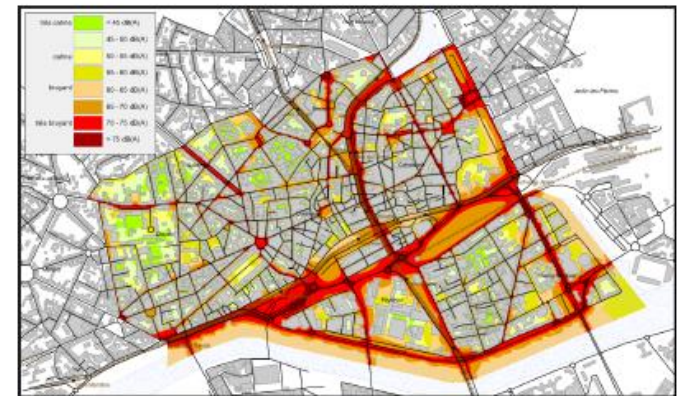
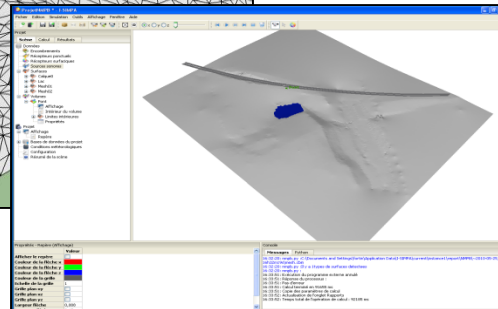
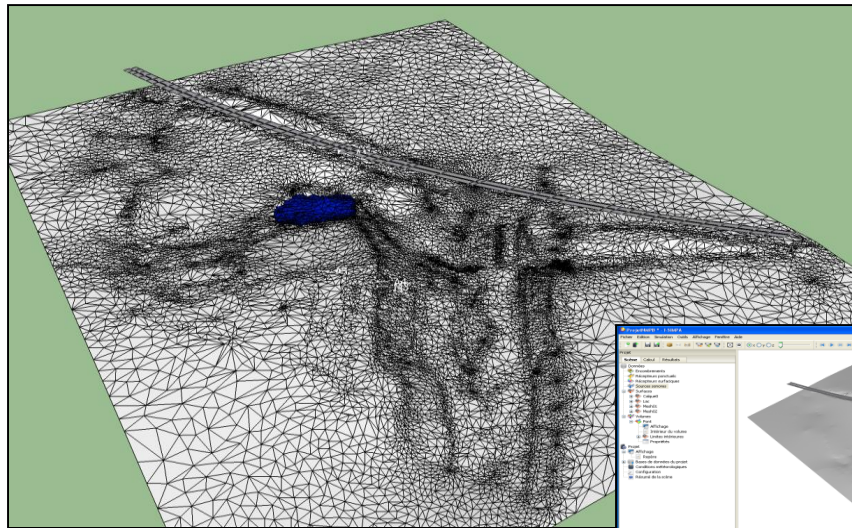
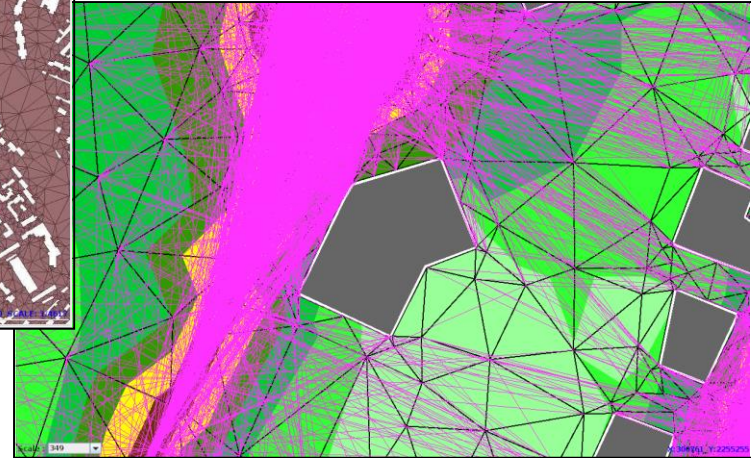
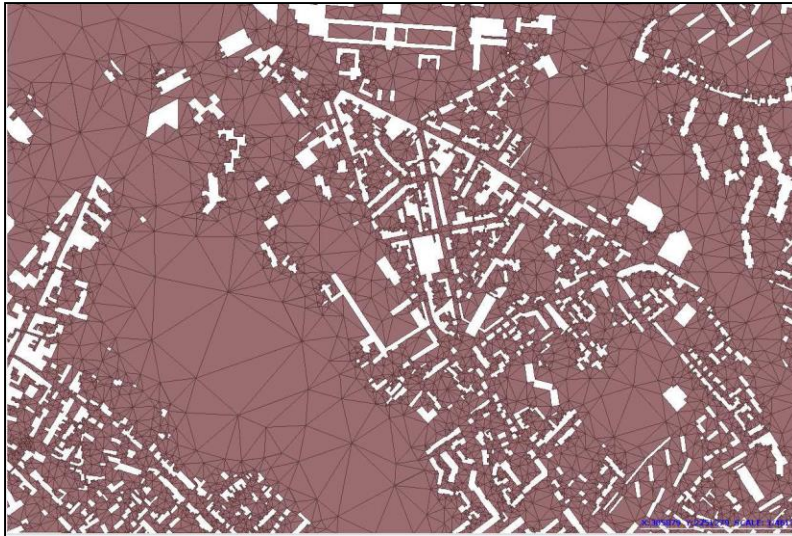
(c) Maillage curviligne



(d) Maillage cartésien décalé

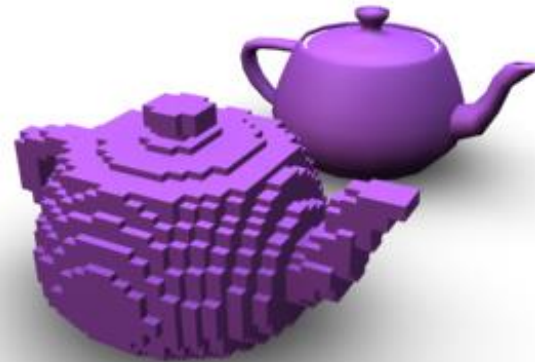
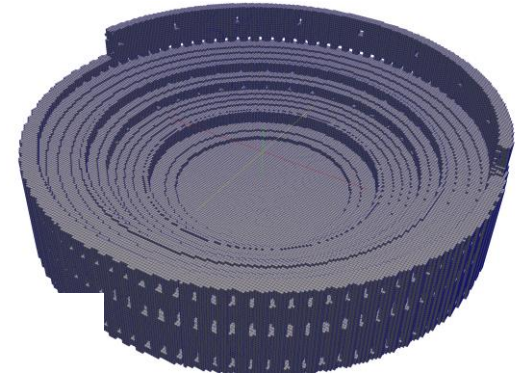
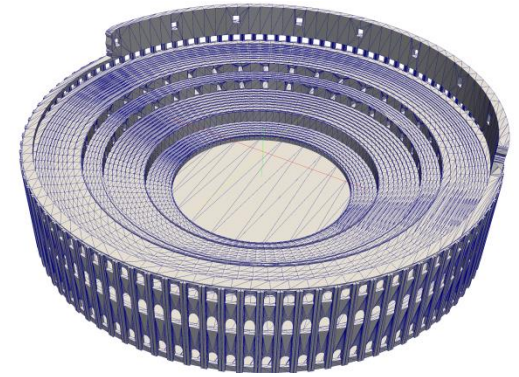


# Maillage du domaine de calcul (2D, 2.5D)





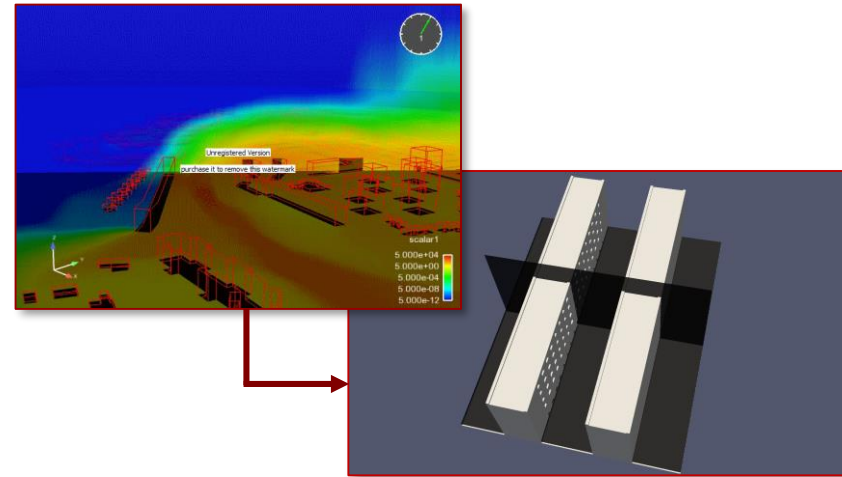
# Maillage du domaine de calcul (3D) (voxelisation)



# Recherche // ingénierie

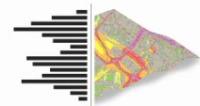
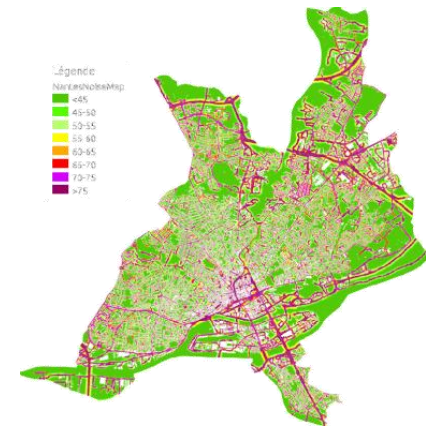
## > Modèles de référence ou de laboratoire

- Temps CPU/GPU important
- Échelles (temps & espace) : micro voire nano
- Prise en compte quasi-exhaustive des phénomènes physiques
- Méthodes analytiques, num., stat., etc.
- Utilisation délicate (sensibilité aux paramètres)
- Diffusion restreinte
- Validation des modèles d'ingénierie
- Chaînage (voire couplage) entre modèles



## > Modèles utilisés dans le domaine de l'ingénierie

- Objectif opérationnel
- Rapidité de calcul (compromis // précision)
- Approximations fortes
- Échelles : ville et territoire, voire régionale voire intercontinentale
- Réduction de modèles (réponse dégradée >> erreurs ++)
- Prise en compte partielle des phénomènes physiques
- Ergonomie et interface logicielle
- Nouveaux outils logiciels libres, exemples pour l'acoustique :
  - *I-simpa* (Ifsttar)
  - *NoiseModelling* (Ifsttar / CNRS) <http://noise-planet.org/fr/noisemodelling.html>

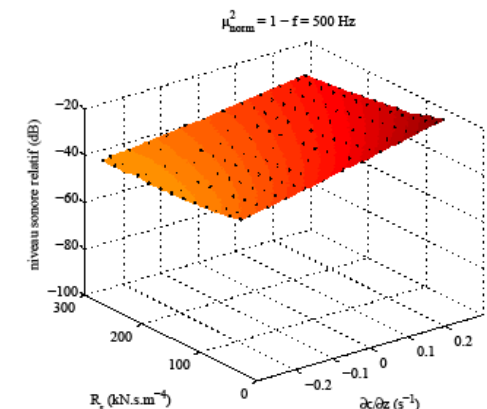
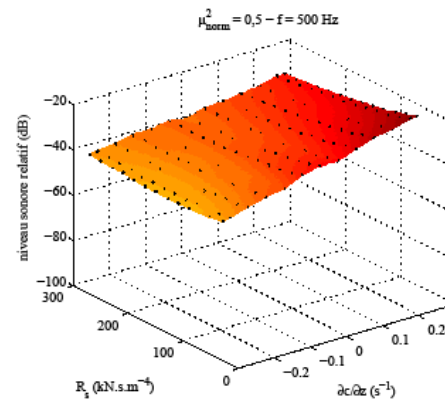
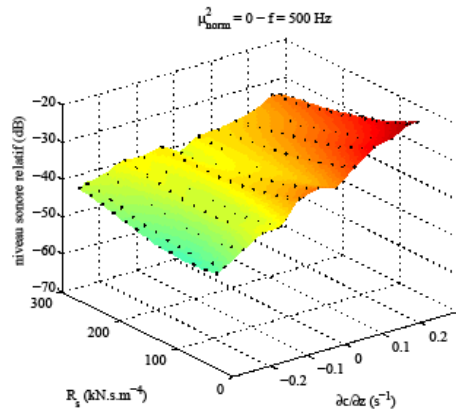


# Métamodèle (ou « surface de réponse » ou « cartographie »)

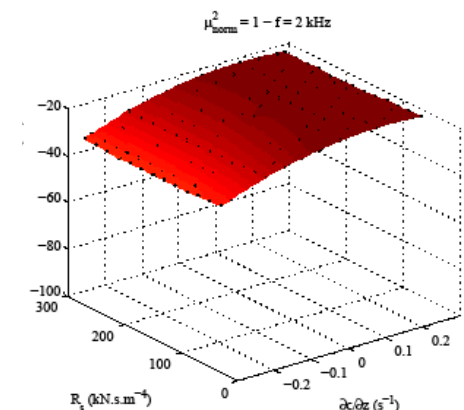
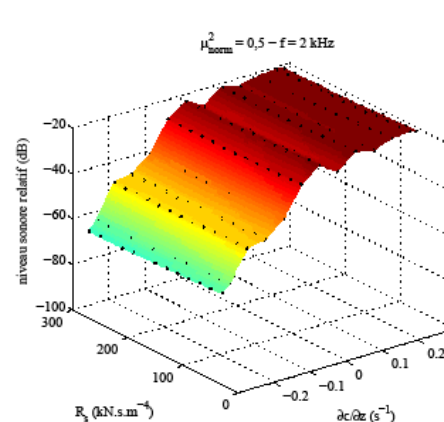
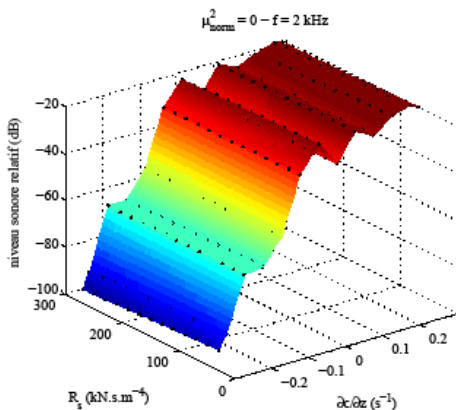
Turbulence  
nulle

Turbulence  
moyenne

Turbulence  
forte



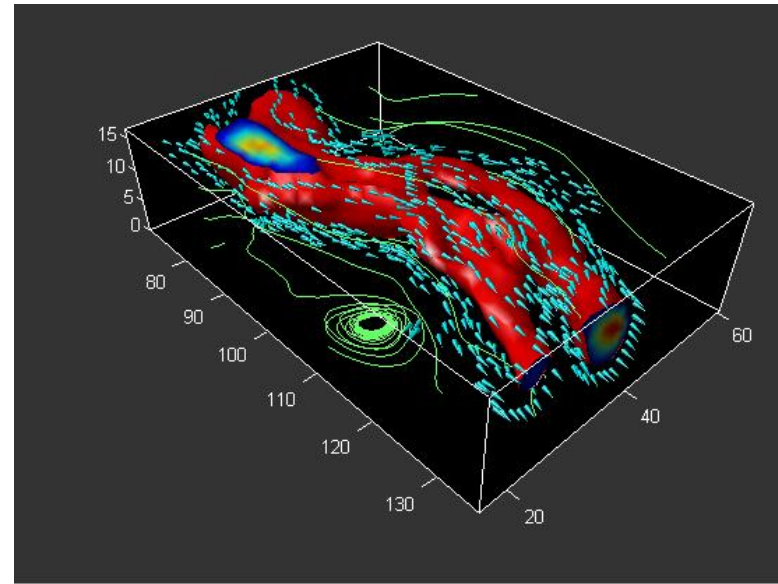
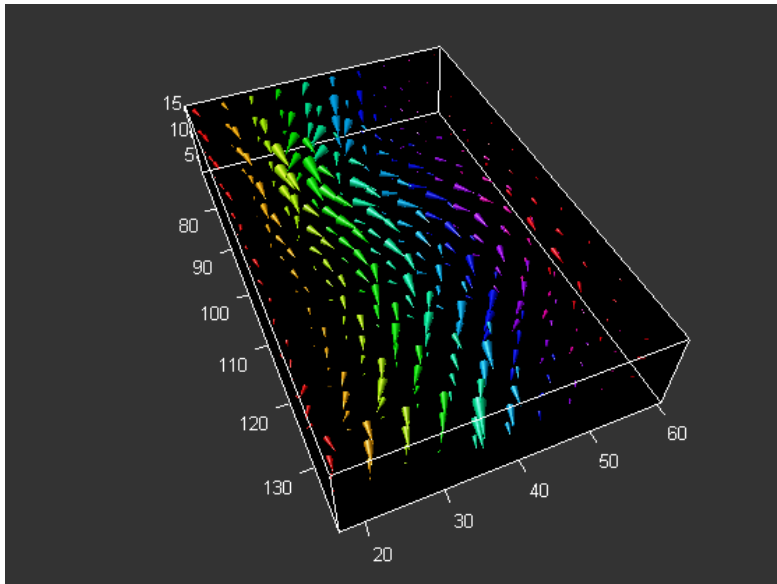
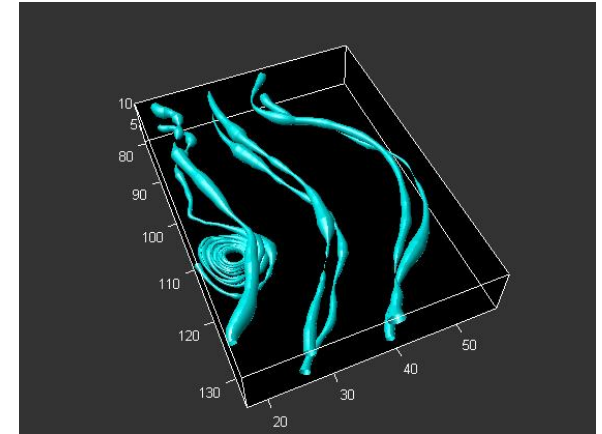
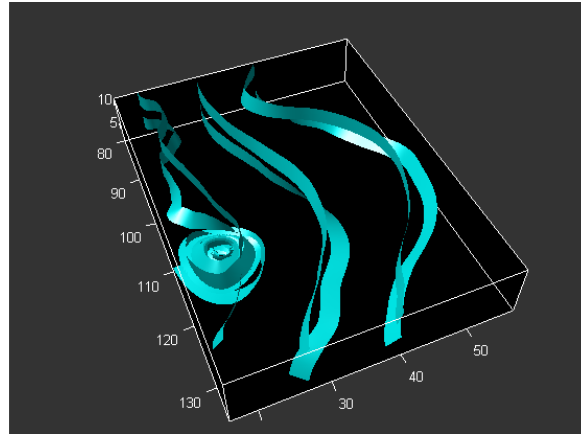
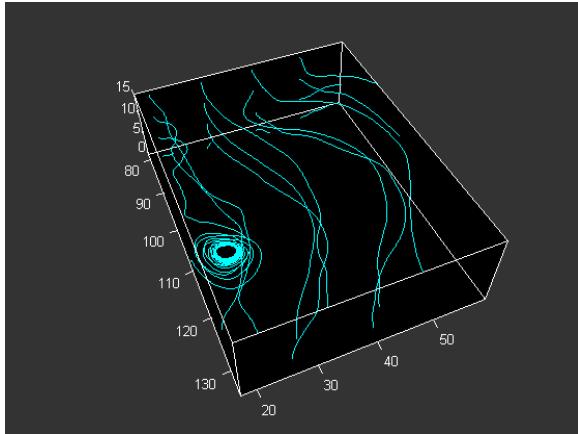
f=500Hz



f=2kHz



# Représentation des données/indicateurs



# Modèles & société

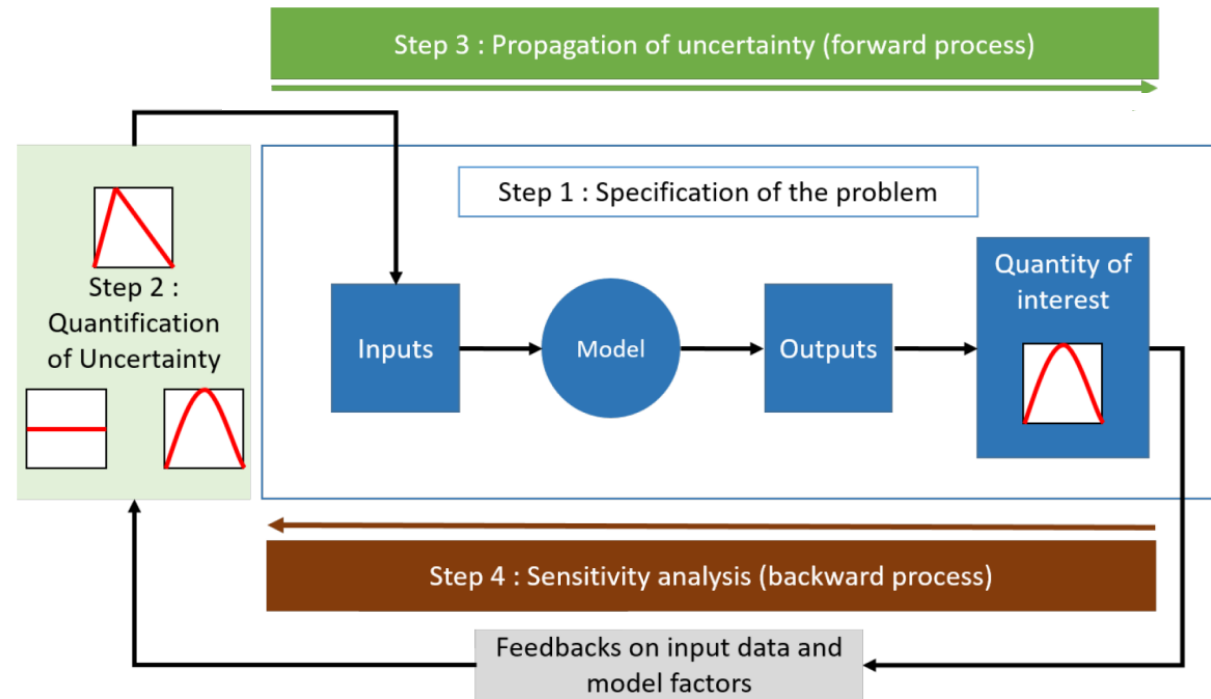


<https://lejournal.cnrs.fr/articles/limpossible-modelisation-de-la-societe> (Octobre 2018)

# Analyse de sensibilité

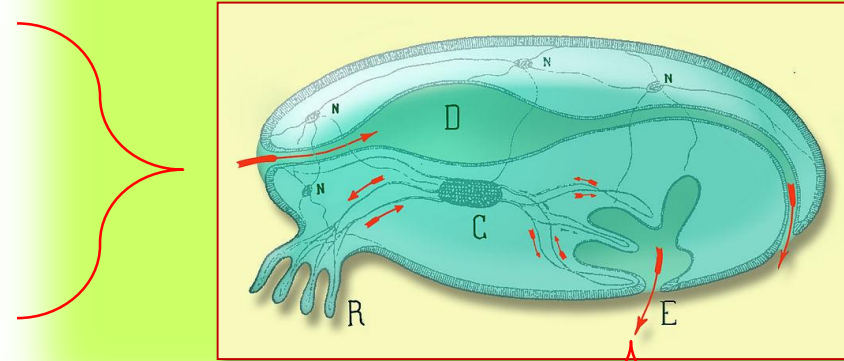
- Part des facteurs humains dans la modélisation en SHS
- Les SPI ne sont pas des sciences « exactes » non plus 😊

Lois de distribution  
(normale, uniforme,  
bimodale, multi, etc.)



# Modèles, incertitudes et indicateurs

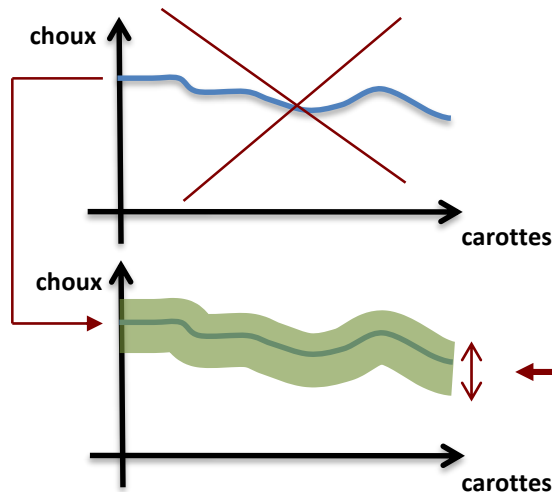
**modèle** : hypothèses, approximations, schéma numérique



**Input data :**

incertitudes épistémiques et aléatoires

**output data :** incertitudes sur indicateurs... et sur décisions !



- dispersion (EXP et SIM) des valeurs d'indicateurs
- notions d'incertitudes et de risque (« cindynique », origine Sorbonne 1987), e.g. *via* PDF
- Acceptabilité, politiques publiques, réglementation...



# Références

## Webographie

- > <https://reseau-mexico.fr> : journées thématiques, retours d'expériences, formation, école ASPEN
- > <http://www.gdr-mascotnum.fr> : journées thématiques, formation, écoles-chercheurs
- > <http://www.maimosine.fr> : journées thématiques, retours d'expériences
- > <http://www.rnsc.csregistry.org> : réseau national des systèmes complexes



## Bibliographie

- > Morris, M. D. "Factorial sampling plans for preliminary computational experiments". *Technometrics*, 33(2), 161-174 (1991)
- > Saltelli, A., Chan, K., & Scott, E. M. (Eds.). *Sensitivity analysis* (Vol. 1). Wiley, New-York (2000)
- > Faivre, R., Iooss, B., Mahévas, S., Makowski, D., & Monod, H. *Analyse de sensibilité et exploration de modèles: application aux sciences de la nature et de l'environnement*. Editions Quae (2013)
- > Sobol, I. M. "Global sensitivity indices for nonlinear mathematical models and their Monte Carlo estimates". *Mathematics and computers in simulation*, 55(1-3), 271-280 (2001)
- > Iooss, B., & Lemaître, P. "A review on global sensitivity analysis methods". In *Uncertainty management in simulation-optimization of complex systems* (pp. 101-122). Springer, Boston, MA (2015)
- > Chilès J.P. & Delfiner P., *Geostatistics : Modelling spatial uncertainty*, Wiley, New-York (1999)
- > de Rocquigny E., *Uncertainty in Industrial Practice - A guide to quantitative uncertainty management*, Wiley, New-York (2008)

# Présentation de l'enquête auprès des Dirlabs de AME

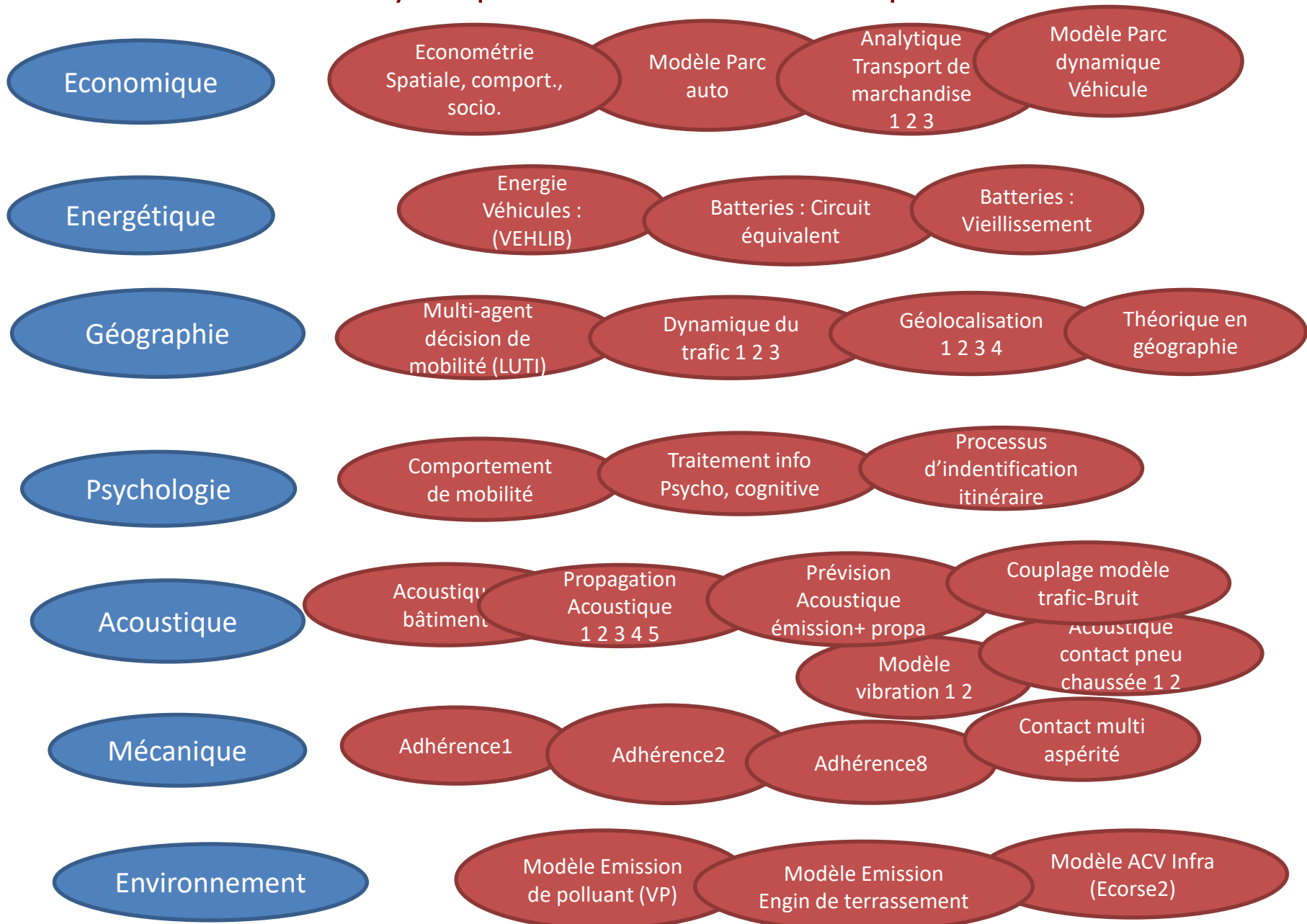
MODEL\_AME\_28092018.xlsx - Microsoft Excel

LEJRI D., CAN A., SCHIPER N., LECLERCQ L. Accounting for traffic speed dynamics when calculating COPERT and PHEM pollutant emissions at the urban scale, Transportation Research Part D, 63, 588-603  
 DE COENSEL B., CAN A., BOTTELDOOREN D. Effect of traffic signal coordination on noise and air pollutant emissions, Environmental Modelling and Softwares, 35, 2012, 74-83

| A   | B           | C   | D  | E   | F  | G                       | H                    | I   | J                         |
|---|-------------|---|--|---|--|-------------------------|----------------------|---|---------------------------|
| Nom   | Utilisation | Description   | Données d'entrée (input)   | Données de sortie (output)  | Discipline (au sens CNU ou section CNRS) | Laboratoire Ifsttar/AME | Référent Ifsttar/AME | publication ref. (optionnel)  | lien/site web (optionnel) |
| DFM (Dynamic Friction Model)                    | Adhérence   | ce modèle mécanique calcule le frottement entre un patin de gomme en glissement et une surface de chaussée propre ou contaminée (évolution est en cours pour prendre en compte le pneu complet avec ses sculptures, sa pression de gonflage et aussi avec une cinématique plus complète... càd le roulement avec un taux de glissement). Le modèle prend en compte les conditions de fonction du pneu (Charge, vitesse), sa géométrie, la nature de son matériau, les rugosités présentes à la surfaces de la chaussée et son état de contamination (épaisseur) et la nature du contaminant (viscosité) | charge, vitesse, contaminants (type, épaisseur), caractéristiques rhéologiques de la gomme, géométrie du patin, profils de la chaussée,  | coefficient de frottement, forces   | Mécanique                                | EASE                    | M. Kane              | Kane M., Do M.-T., Cerezo V., Rado Z., Khelifi C. (2017). Contribution to tire/road friction modelling: Introduction of the wetting effect in the "Dynamic Friction Tester" model. International Journal of Pavement Engineering, September 2017, p. 1-12 |                           |
| Modèle de contact "Brush modifié"               | Adhérence   | modèle mécanique calculant le frottement d'un pneu sur chaussée sèche et mouillée (applicable aux VL et aux avions) pour différentes conditions de fonctionnement (charge, vitesse, caractéristiques des pneumatiques) >> thèse de J. Gerthoffert. Ce modèle prend en compte le comportement dynamique des appareils. En parallèle, nous avons développé un modèle de calcul de l'aire de contact (approche macroscopique prenant en compte la dynamique du véhicule et les équilibres des forces ainsi que les forces hydrodynamiques générées par la présence d'eau sur la chaussée)                  | caractéristiques des pneumatiques (pression nominale, taille, sculptures, raideur gomme et carcasse), vitesse, charge verticale et forme du champ de pression, épaisseur du film d'eau si présent, macrotexture de la chaussée | dimensions aire de contact à tout instant, vitesse d'aquaplanage estimable, coefficient de frottement | Mécanique                                | EASE                    | J. Gerthoffert       | J. Gerthoffert, V. Cerezo, M. Bouteldja, M.-T. Do (2015). Modelling aircraft braking performance on wet and snow/ice-contaminated runways, Proc. IMechE Part J: J. Engineering Tribology, vol. 229, Issue 9, 1065-1078                                    |                           |
| Modèle de frottement "micro" (suite)            | Adhérence   | calcule le frottement d'un pain de gomme sur une surface rugueuse couplé avec un modèle qui estime l'épaisseur du film d'eau sur la rugosité selon la quantité d'eau présente à la surface. Ce modèle décrit la variation d'adhérence avec la hauteur d'eau depuis l'état sec jusqu'au mouillage complet de la surface (thèse Y. Beautre)   | Hauteur d'eau, profil de texture (géométrie des aspérités), $\mu_0$ caractéristique  | Coefficient de frottement   | Mécanique                                | EASE                    | M.-T. Do             | Do, M.-T., Cerezo, V., Beautre, Y., Kane, M., (2013). Modeling of the connection road surface microtexture/water depth/friction. Wear 302, 1426-1435  |                           |
| Modèle de frottement "micro" (travaux initiaux) | Adhérence   | Modèle analytique calculant des forces de frottement dues à la déformation d'un solide visco-élastique (pneu) par des aspérités d'une surface rugueuse (chaussée)   | Profil de texture (géométrie des aspérités), $\mu_0$ caractéristique   | Coefficient de frottement   | Mécanique                                | EASE                    | M.-T. Do             | Do, M.-T. (2004) Contribution des échelles de texture routière à l'adhérence des chaussées. Rapport ERLPC Routes CR 35, ISSN 1160-9761, 86 pages  |                           |

Avant-propos bilan labos classif\_disciplines classif\_méthodes classif\_objectifs classif\_botes classif\_autres

# Analyse par domaine/discipline



# Analyse par laboratoires

DEST

SPLIT

LTE

LVMT

GEOLOC

LAPEA

UMRAE

EASE

Econométrie  
Spatiale, comport.,  
socio.

Modèle Parc  
Auto

Analytique  
Transport de  
marchandise  
1 2 3

Modèle Parc  
dynamique  
Véhicule

Energie  
Véhicules :  
(VEHLIB)

Batteries : Circuit  
équivalent

Batteries :  
Vieillessement

Multi-agent  
décision de  
mobilité (LUTI)

Dynamique du  
trafic 1 2 3

Géolocalisation  
1 2 3 4

Théorique en  
géographie

Comportement  
de mobilité

Traitement info  
Psycho, cognitive

Processus  
d'identification  
itinéraire

Acoustique  
bâtiment

Propagation  
Acoustique  
1 2 3 4 5

Prévision  
Acoustique  
émission+ propa

Couplage modèle  
trafic-Bruit

Modèle  
vibration 1 2

Acoustique  
contact pneu  
chaussée 1 2

Adhérence1

Adhérence2

Adhérence8

Contact multi  
aspérité

Modèle Emission  
de polluant (VP)

Modèle Emission  
Engin de terrassement

Modèle ACV Infra  
(Ecorse2)



# Analyse SPI // SHS

**SHS**

Econométrie Spatiale, comport., socio.    Modèle Parc Auto    Analytique Transport de marchandise 1 2 3    Modèle Parc dynamique Véhicule

Energie Véhicules (VEHLIB)    Batteries Circuit équivalent    Batteries Vieillesissement

Multi-agent décision de mobilité (LUTI)    Dynamique du trafic 1 2 3    Géolocalisation 1 2 3 4    Théorique en géographie

Comportement de mobilité    Traitement info Psycho, cognitive    Processus d'indentification itinéraire

Acoustique bâtiment    Propagation Acoustique 1 2 3 4 5    Prévion Acoustique émission+ propa    Couplage modèle trafic-Bruit    Acoustique contact pneu chaussée 1 2    Modèle vibration 1 2

Adhérence1    Adhérence2    Adhérence8    Contact multi aspérité

Modèle Emission de polluant (VP)    Modèle Emission Engin de terrassement    Modèle ACV Infra (Ecorse2)

**SPI**

# Rappel des axes thématiques du département

**Axe 1 - Mobilité et systèmes d'acteurs** : quelles logiques et systèmes d'acteurs sous-jacents aux pratiques de mobilité et de transport ainsi qu'aux politiques publiques? Quels en sont les rapports de force ? Quels sont les modalités de leurs évolutions ?

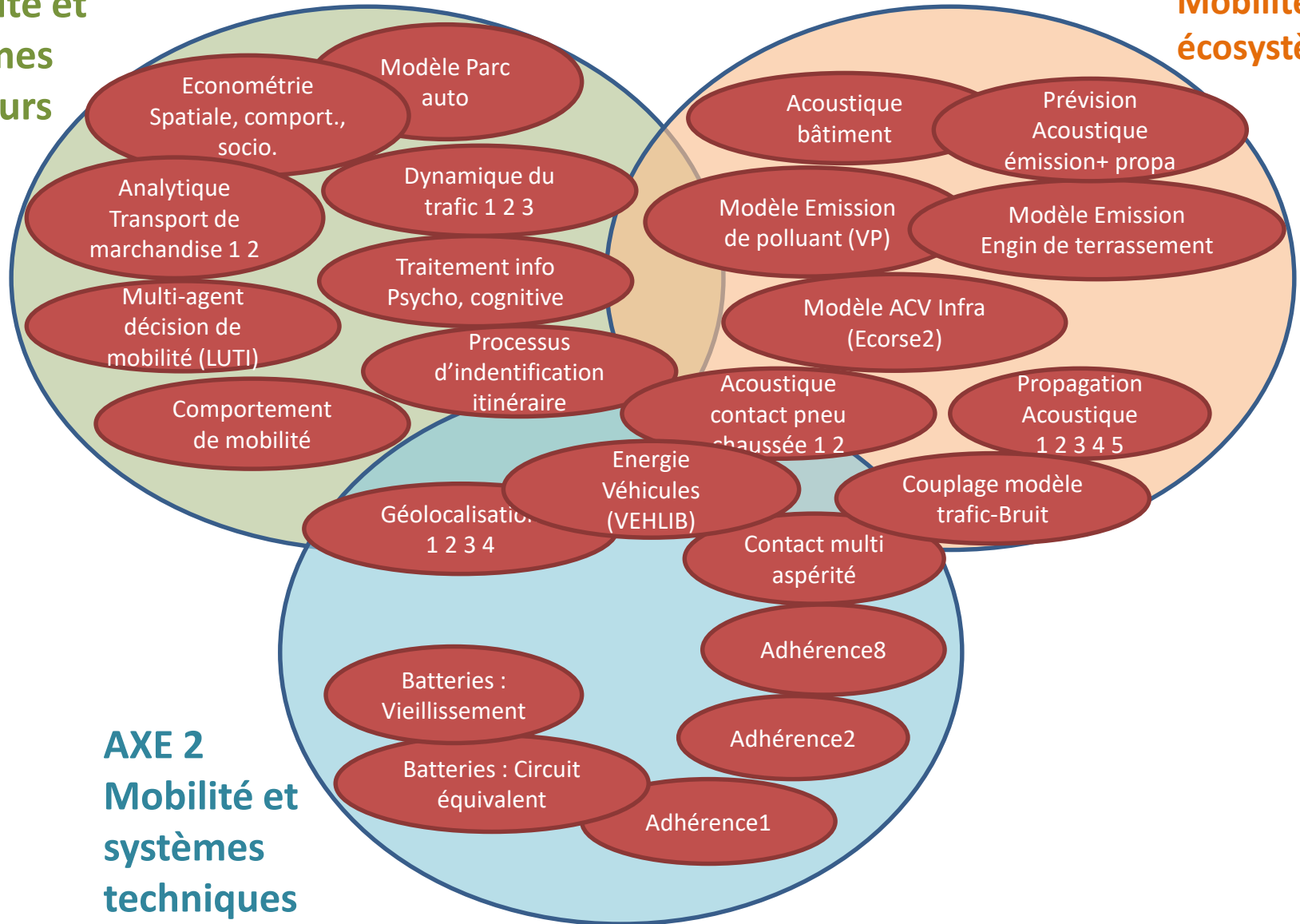
**Axe 2 - Mobilité et systèmes techniques** : quelles stratégies optimales de conception des systèmes techniques par rapport aux usages et aux politiques de transport ? Quels sont les usages, l'acceptabilité et l'influence de ces systèmes techniques ? Comment soutenir les stratégies d'innovation ?

**Axe 3 - Mobilité et écosystèmes** : quels sont les mécanismes de génération/émission et de diffusion/propagation des externalités environnementales (émissions de polluants air, bruit, impact sur la biodiversité, etc.) ? Quelles interactions entre l'environnement et les pratiques de mobilité comme de transport ? Quel rôle des politiques publiques dans la réduction des externalités environnementales ?

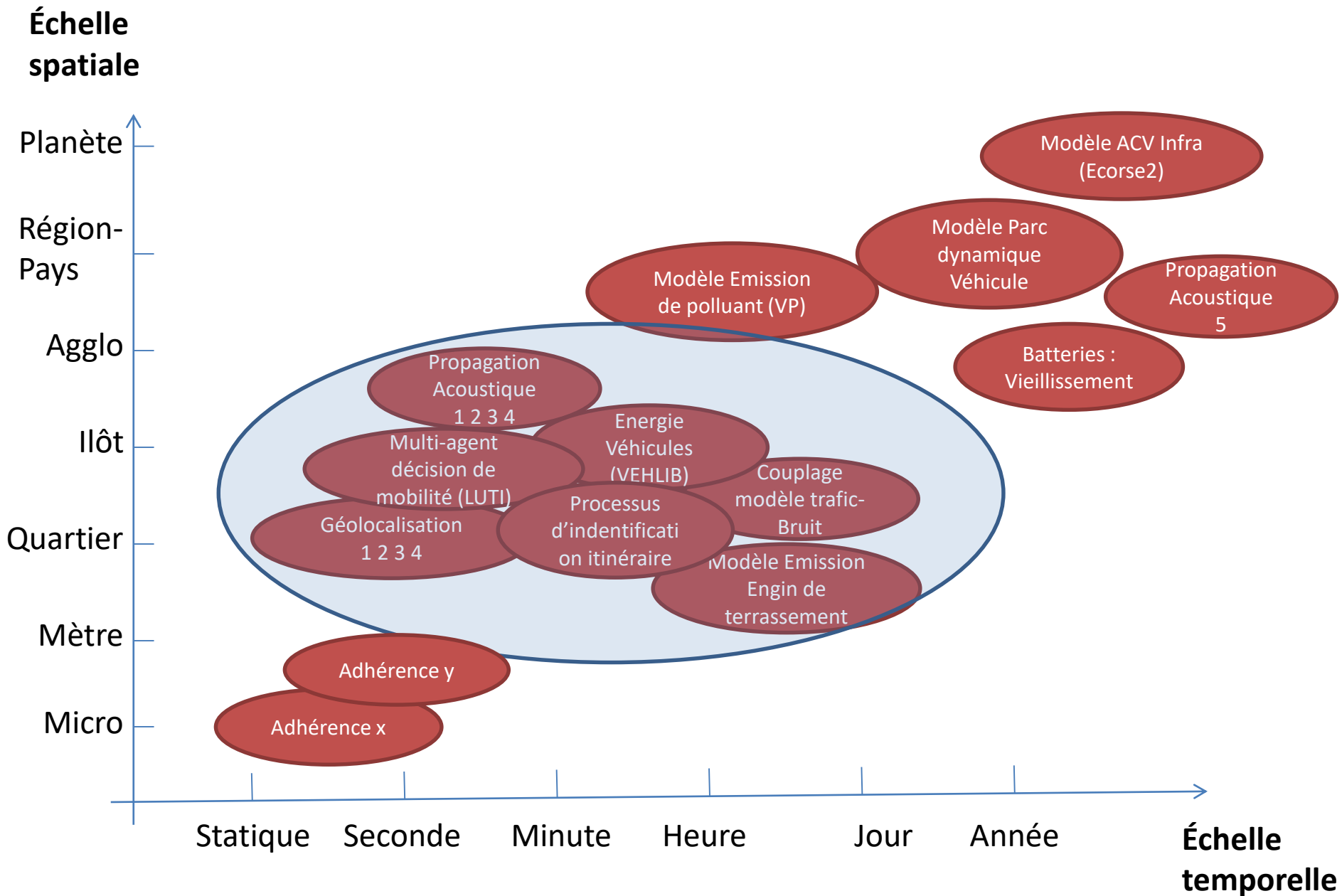
# Répartition par axes du département

## AXE 1 Mobilité et systèmes d'acteurs

## AXE 3 Mobilité et écosystèmes



# Répartition par échelles (temps & espace)





# Et après ?

PROSPECTIVE  
DISCIPLINAIRES ENQUÊTE DÉCISION  
STATISTIQUES INVERSES TERRITOIRE  
CONCEPTUELS PROSPECTIFS USAGES  
MESURE QUANTITATIFS AMONTS INDICATEURS  
BOÎTES OUTILS INPUT DESCRIPTIFS AIDE  
NOIRES OUTPUT SPI SHS NUMÉRIQUES  
OUVERTES  
DONNÉES **MODELES** ENTRÉES  
SORTIES **INCERTITUDES** CHAÎNAGE  
IMPACT DIRECTS QUALITATIFS PHYSIQUES PRATIQUES  
FERMÉES OPÉRATIONNELS DIAGNOSTIC  
SCÉNARIOS BLANCHES COUPLAGE  
INTERDISCIPLINAIRES  
AMÉNAGEMENT

- Définition et stabilisation du vocabulaire : vers un « glossaire » commun ?
- Cartographie enrichie – et évolutive – des modèles au sein du département AME (quel support ?)
- Susciter/favoriser l'interaction entre chercheurs *via* l'utilisation des modèles... voire couplage/chainage ?
- Incertitudes // politiques publiques (notion de « risque ») ?