

MODELISATION/SIMULATION REVISION

Emergence
10/11/2014

LES REFERENCES(1/2)

- Les simulation (A.Makarovitsch/2010)
- Projet Ghettos(M. Bloch/G. Lepicard/2011)
- Growing Artificial societies (M. Bloch/J. Bursztejn/E. Amara/2011)
- Modélisation et Simulation(Santa café du 13/1/2014)
- Pourquoi et comment modéliser (J. Printz 2014)
- Thèse de Doctorat de Fabien Michel(Décembre 2004)
- Dynamique des Systèmes(Valérie Gacogne/2014)
- Fiche Simulation(P.Picard/Janvier 2014)

LES REFERENCES(2/2)

- Modélisation et Simulation- AnyLogic7(V.Koltchanov/Mars 2014)
- Convergence Humain/Machine(A.Makarovitsch/2014)
- Simulation Fermiers Suédois(G.Lepicard/2014)
- Canal U (Mathématiques.modélisation et Simulation - Pierre-louis Lyons/2000)
- Canal U (L'Expérience dans les Sciences – Daniel Parrochia)/2000)
- Analyse Numérique et Optimisation (Grégoire Allaire/Ecole Polytechnique 2007)

SOMMAIRE

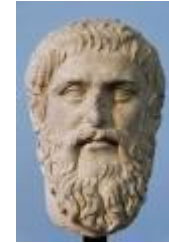
- EPISTEMOLOGIE
- LES PARADIGMES DE MODELISATION
- LES SIMULATIONS
- LES PLATEFORMES
- DES APPLICATIONS
- L'AVENIR DE LA SIMULATION
- CONCLUSION

EPISTEMOLOGIE EXPÉRIENCE

- **ANTIQUITÉ:**

L'EXPÉRIENCE EST MÉPRISÉE:

seules valent les approches théoriques (PLATON)
quelques observations passives (ARISTOTE)



- **XVIIème SIECLE:**

QUELQUES EXPÉRIENCES SIMPLES:

méthodes purement déductives (DESCARTES)



- **XVIIIème SIECLE:**

INTRODUCTION DES EXPÉRIENCES INDUCTIVES:

les propositions par induction sont vraies tant qu'elles ne
sont pas contredites (NEWTON)



EPISTEMOLOGIE MODÉLISATION

- **XIXème SIECLE:**
 - INTRODUCTION DE LA NOTION DE SYSTÈMES.
 - INTRODUCTION DU CONCEPT DE CHAMPS.
 - EXPLORATION À PARTIR DE MODÈLES MÉCANIQUES.

EPISTEMOLOGIE / MODÉLISATION

UN MODÈLE

- C'EST « UN INTERMEDIAIRE » AUQUEL LES PHYSICIENS DÉLÈGUENT LA FONCTION DE CONNAISSANCE DU SYSTEME
- IL INTÈGRE DES NIVEAUX DIFFÉRENTS DU SYSTEME
- IL EST TRANSPOSABLE À D'AUTRES DOMAINES : *ÉCONOMIE DE MOYENS*.
- PERMET L' APPLICATION DE CHOSES CONNUES À DES CHOSES INCONNUES
(MAXWELL)
- A ÉTÉ INTRODUIT DANS LE MONDE DU VIVANT (CLAUDE BERNARD)

EPISTEMOLOGIE / SIMULATION

LA SIMULATION

- ELLE PERMET DE CONSERVER LE LIEN ENTRE **LA MODÉLISATION ET L'EXPÉRIENCE.**
- ELLE FAIT SUITE À LA **MODÉLISATION**
- ELLE PALLIE LES INSUFFISANCES DE LA **THÉORIE**
- ELLE EST ESSENTIELLEMENT **NUMÉRIQUE**(RÉOLUTION D'ÉQUATIONS AUX DÉRIVÉES PARTIELLES OU PROGRAMME DE SIMULATION).
- ELLE A DES APPLICATIONS MULTIPLES (MÉTÉO, SPATIAL, BIOLOGIE, SCIENCES HUMAINES,.....

EPISTEMOLOGIE

MODELISATION ET SIMULATION

- C'EST UN COUPLE CREATIF QUI STIMULE LA REFLEXION
- REMPLACE LE RÉEL (REEL VIRTUEL) MAIS AVEC DES LIMITATIONS
- LE VIRTUEL DOIT ETRE CONFRONTE AU REEL (DANGER DE LA VIRTUALISATION)
- LA SIMULATION N'EXCLUT PAS L'EXPÉRIENCE

MODELISATION ET SIMULATION

“ the process of designing a model of a real system and conducting experiments with this model for the purpose either of understanding **the behavior of the system** or of **evaluating various strategies** (within the limits imposed by a criterion or a set of criteria) for the operation of the system.”

Shannon 1998

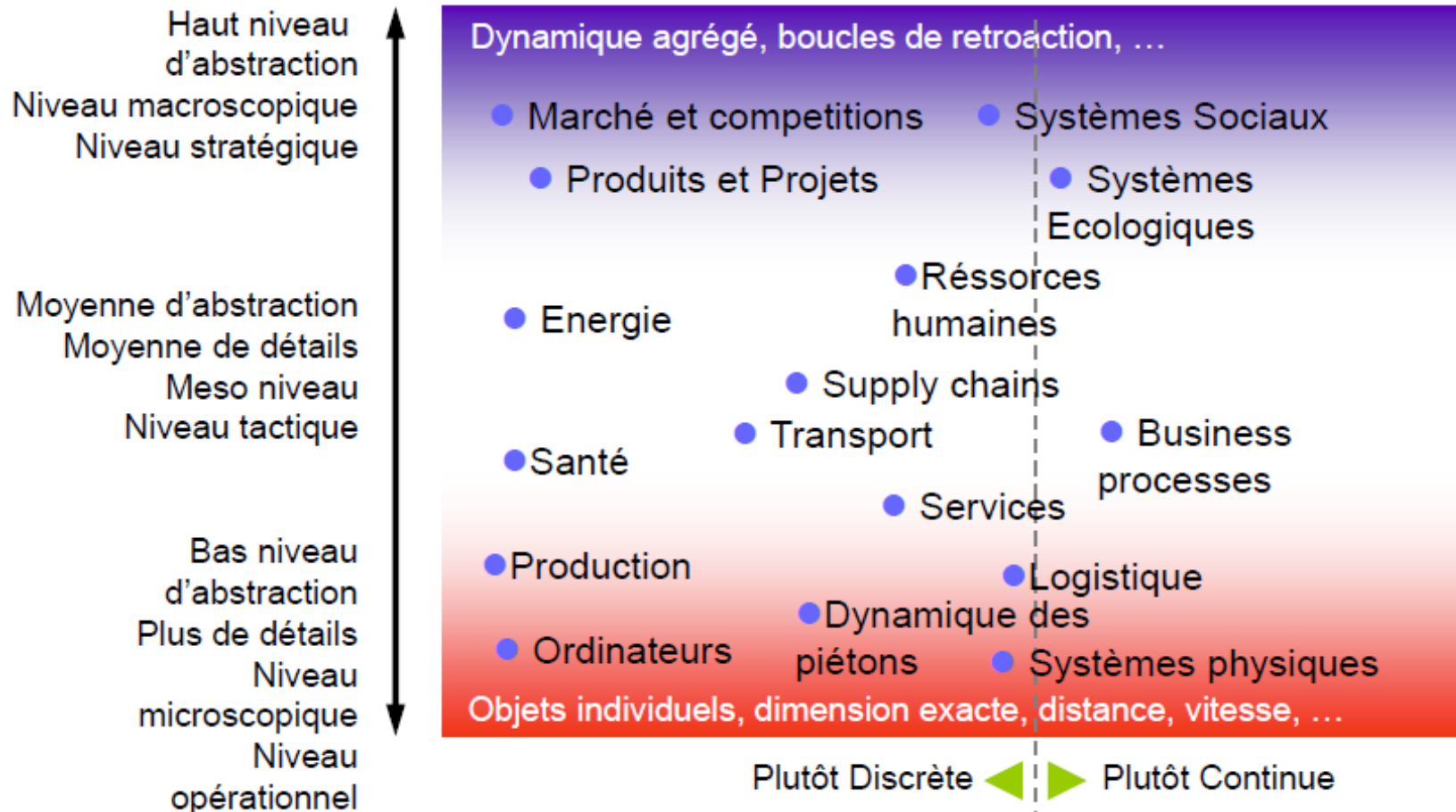
“Computer simulation is the discipline of **designing a model** of an actual or theoretical physical system, **executing the model** on a digital computer, and **analyzing the execution** output.”

Fischwick 1997

La seule façon de critiquer une modélisation est d'en faire une autre en changeant les paramètres

LES PARADIGMES DE MODELISATION

Aires d'application



24/03/2014

ANYLOGIC EUROPE
vladimir.koltchanov@anylogic.fr

7

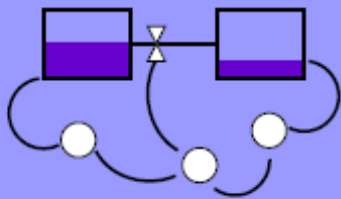
Emergence
10/11/2014

12

Etudes de complexité de systèmes et paradigmes de modélisation

Dynamique des systèmes

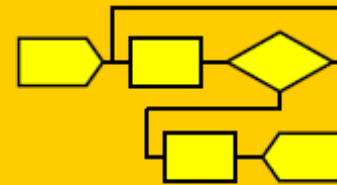
Stock & Flow, Diagrammes,
Boucles de retroactions



Jay Forrester, 1950s
System Dynamics
Conference

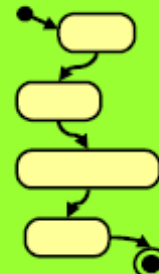
Evènements discrets

Entities (Objets passifs)
Flowcharts et/ou Resources



Jeff Gordon, 1960s
Winter Simulation
Conference

Objets actifs
Comportement individuel
Interactions directes ou
indirectes
Environnement



SMA

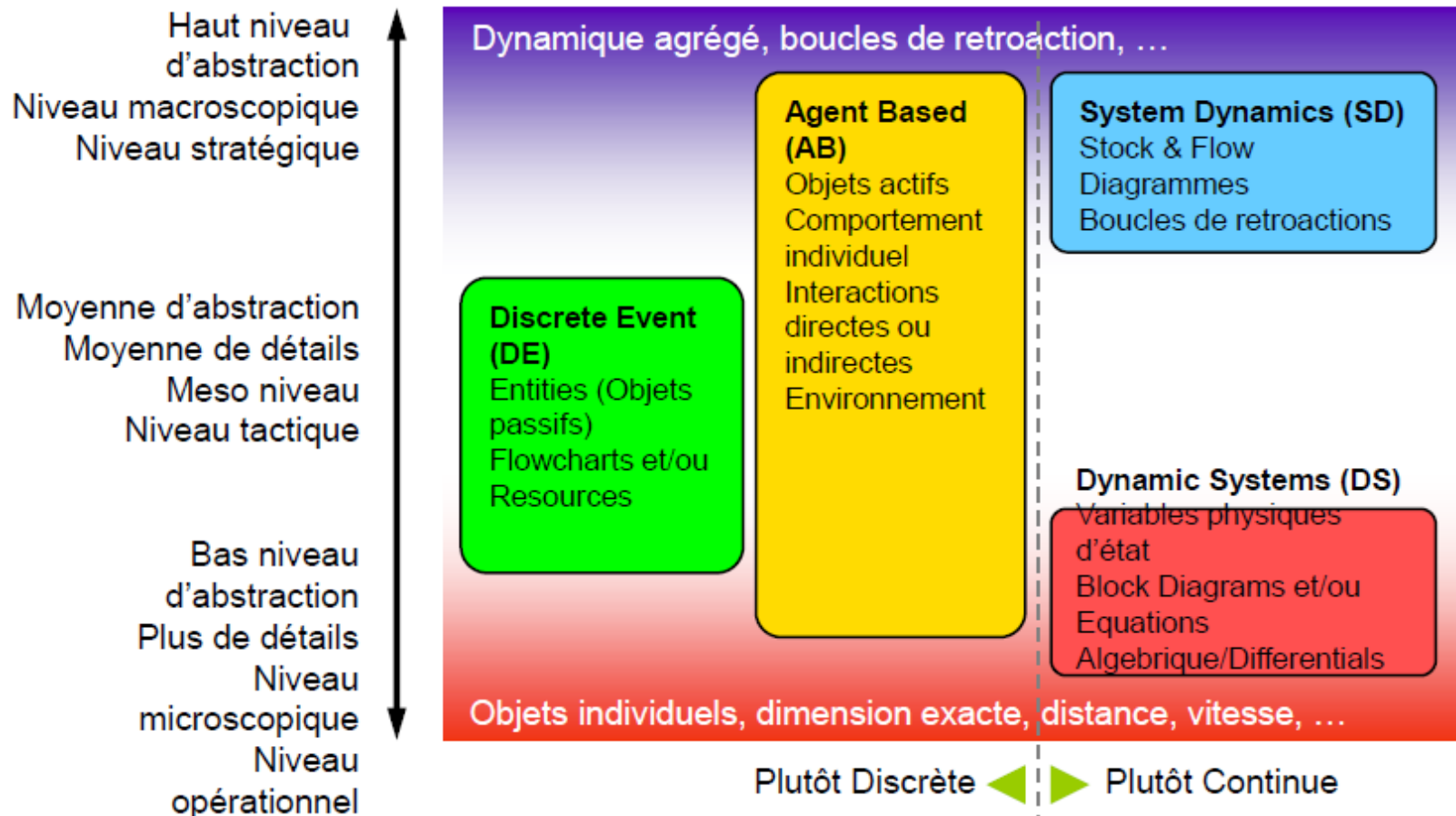
1990s-2000s

24/03/2014

ANYLOGIC EUROPE
vladimir.koltchanov@anylogic.fr

Emergence
10/11/2014

Paradigmes de modélisation



24/03/2014

ANYLOGIC EUROPE
vladimir.koltchanov@anylogic.fr

8

Emergence
10/11/2014

14

Les 12 Principes de modélisation

N°1 : ☐ Il faut développer un modèle pour résoudre un problème particulier, et ne jamais modéliser pour le plaisir.

N°2 : ☐ Les activités de modélisation architecturale doivent être intégrées dans le cycle de vie de tout projet système, et ce dès le début du cycle de vie.

N°3 : ☐ Il faut rester en permanence lucide sur les vertus supposées de la modélisation en pratiquant un principe de simplicité/sobriété, en ajustant le niveau d'abstraction, le tout couplé à un questionnement et un doute systématique ⇒ pourquoi avons nous besoin de cela ? dans quel but ? Pour quel résultat ? Avec quels moyens, techniques, humains, ... ?

N°4 : ☐ La dynamique naturelle de l'évolution d'un système dans son environnement fait qu'il est extrêmement difficile de cerner la réalité « vraie » du système, ce qui est dans le système, ce qui est dehors, et où est la frontière dedans/dehors. Il ne faut donc jamais hésiter à utiliser tous les outils et/ou méthodes qui paraissent appropriés à la levée de toutes les incertitudes opérationnelles : modèles à files d'attente, logique temporelle pour synchroniser les processus, évolution et croissance fonctionnelle, socio-dynamique des acteurs, etc. ... et ne jamais oublier son bon sens.

N°5 : ☐ Il faut intégrer toutes les dimensions humaines et techniques du système d'information à construire, et ce dès le début du projet.

N°6 : ☐ La modélisation est d'autant plus efficace qu'elle est pratiquée de façon itérative à partir d'interrogations conjointes entre les clients, les parties prenantes et l'architecte.

N°7 : ☐ La modélisation « boîte noire », sans rétroaction avec les clients, doit être bannie : les « clients » doivent être impliqués dans le processus architectural dès le départ.

N°8 : ☐ La validation d'un modèle architectural est un processus continu dont le but est de donner confiance dans le modèle, et in fine dans le système, tant du point de vue de l'architecte du modèle, que du point de vue des clients & des métiers qui valident, in fine, les résultats. La fidélité du modèle est un élément de maîtrise de la complexité.

N°9 : ☐ L'obtention rapide, dès le début de cycle de vie, d'un modèle préliminaire simple « mais non simpliste » qui « marche », i.e. donne des résultats compréhensibles, est fondamental pour crédibiliser l'approche vis à vis des parties prenantes : on ajoutera les détails plus tard, et seulement si c'est nécessaire, un modèle à gros ou moyens grains pouvant se révéler suffisant. Le cas des performances est emblématique de cette bonne pratique où de simples règles de trois permettent souvent de découvrir des énormités.

N°10 : ☐ Un modèle complet & cohérent à gros grain est plus important qu'une accumulation de détails, souvent sans intérêt par rapport à l'objectif, qui dans tous les cas nuisent à la compréhension, ce qui est un objectif primordial de toute modélisation. Le trop est toujours l'ennemi du bien.

N°11 : ☐ L'expérience de l'architecte système, son savoir-faire, son sens du compromis, est primordiale : il faut éviter de faire appel à des novices ignorant du métier qui ne connaissent que les outils de modélisation. L'outil n'est qu'un moyen, jamais une finalité.

N°12 : ☐ Les modèles développés pour maîtriser la complexité des systèmes de l'entreprise doivent être considérés comme des actifs de l'organisation, i.e. leur valeur d'usage et un élément de son patrimoine numérique, au même titre que le code source des programmes et les tests. Ils doivent être gérés comme tel, en configuration et en traçabilité, dans l'espace et dans le temps, par l'organisation de l'ingénierie, développement et maintenance. C'est une raison suffisante pour en minimiser le nombre.

Comment poser *ET* résoudre un problème ?

☞ George Polya, *How to solve it* et *Les mathématiques et le raisonnement plausible*

COMPRENDRE LE PROBLÈME

- Quelle est l'inconnue ? Quelles sont les données ? Quelles sont les conditions ?
- Faire un schéma. Introduisez la notation appropriée.

CONCEVOIR UN PLAN

- Connaissez-vous un problème qui s'y rattache ? Pourriez-vous vous en servir ?
- Trouver le rapport entre les données et l'inconnue.
- Considérer des problèmes auxiliaires si vous ne pouvez trouver un rapport immédiat.
- Vous devez obtenir finalement un plan de la solution.

METTRE LE PLAN À EXÉCUTION

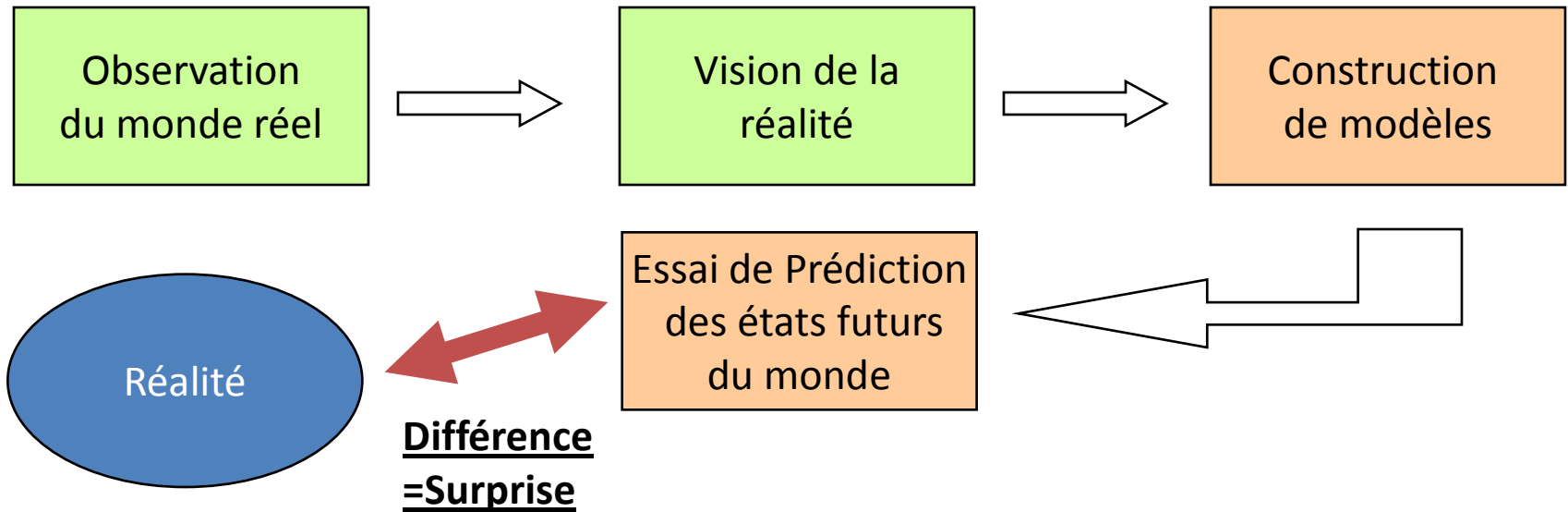
- Vérifier chaque détail du plan l'un après l'autre.
- Pouvez-vous voir clairement si ce détail est correct ? Pouvez-vous démontrer qu'il est correct ?

EXAMINER LA SOLUTION OBTENUE

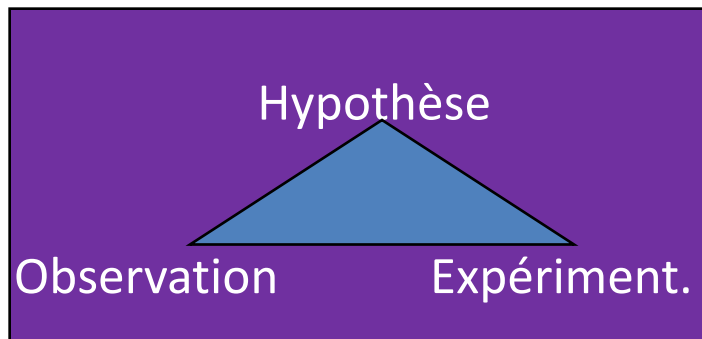
- Pouvez-vous vérifier le résultat ? Pouvez-vous vérifier le raisonnement ?
- Pouvez-vous obtenir le résultat différemment ? Pouvez-vous le voir d'un seul coup d'oeil ?
- Pouvez-vous vous servir du résultat ou de la méthode pour quelque autre problème ?

LES PARAMETRES DE LA MODELISATION

MODÈLE: RÉDUIRE LA COMPLEXITÉ



La méthode Scientifique



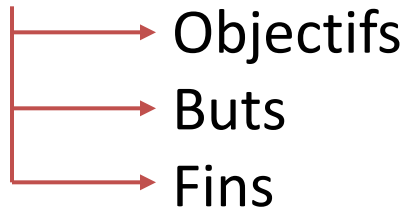
La règle scientifique

Explicite (non-ambiguë)
Publique (partageable)
Fiable (passé le test du temps)
Objective (pas biaisée)
Méth. de génération

SYSTÈME ET ENVIRONNEMENT

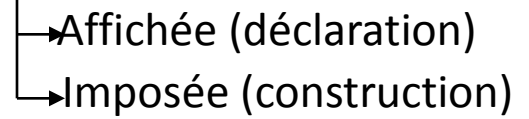
Finalités

Niveaux



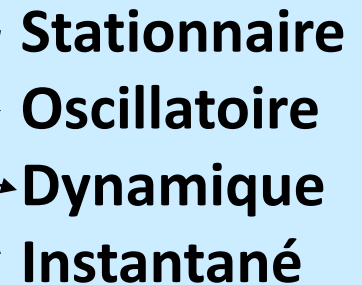
Comportement

Intentionnalité

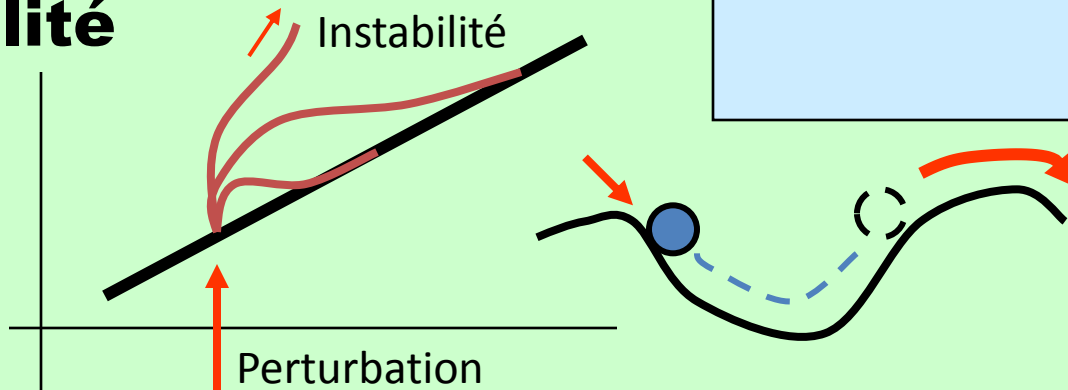


Révélation

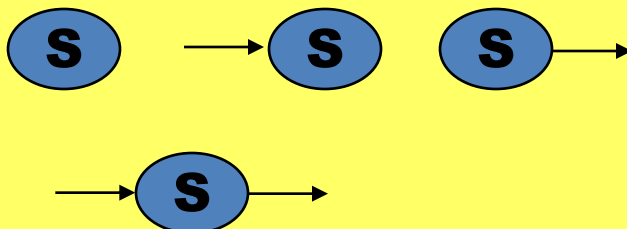
Equilibre



Stabilité



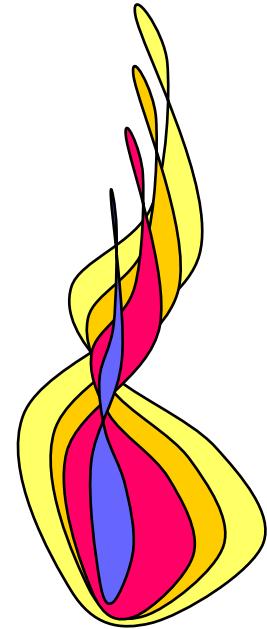
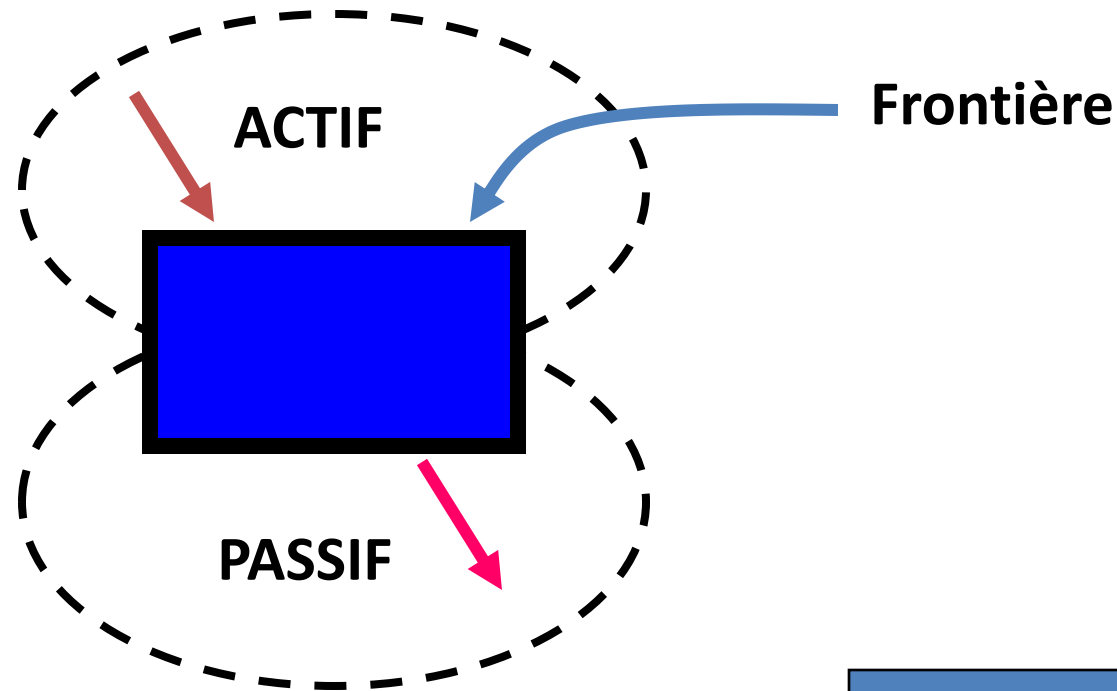
Ouverture



Adaptabilité

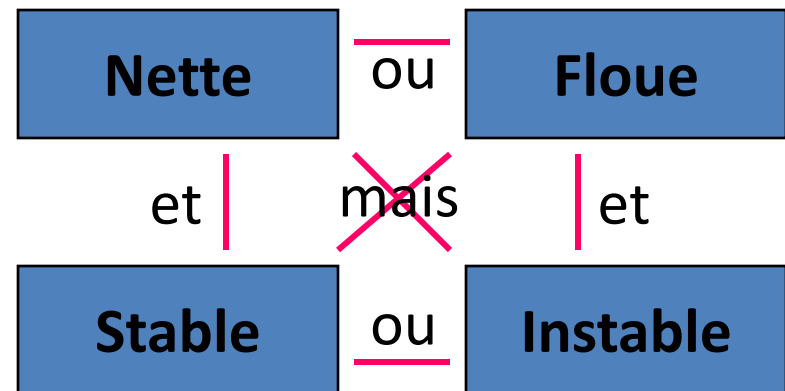


LES FRONTIÈRES

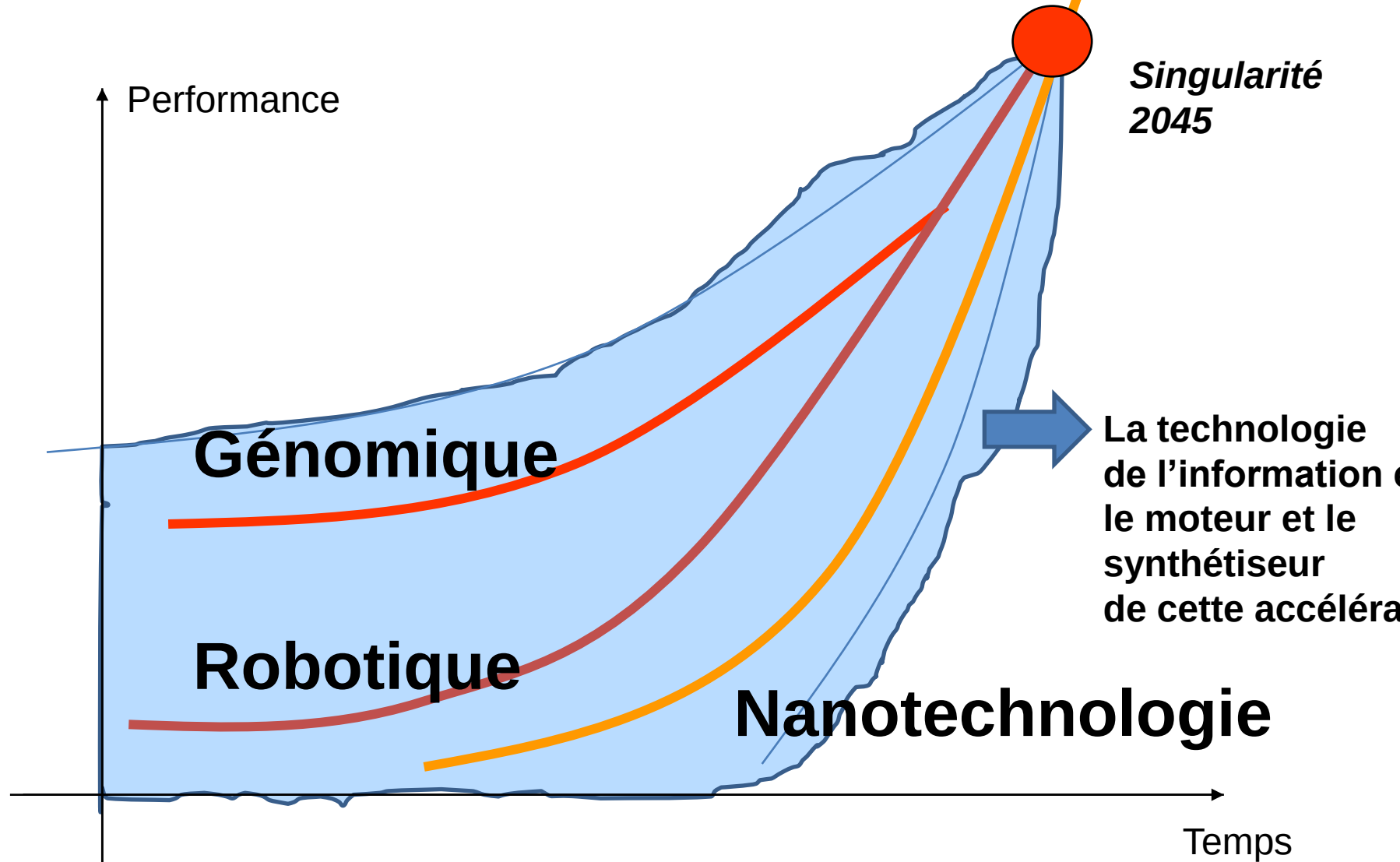


Immeubles
Mobiles
Brouillard
Objet lointain

- > Nette et stable
- > Nette mais instable
- > Floue et instable
- > Floue mais stable

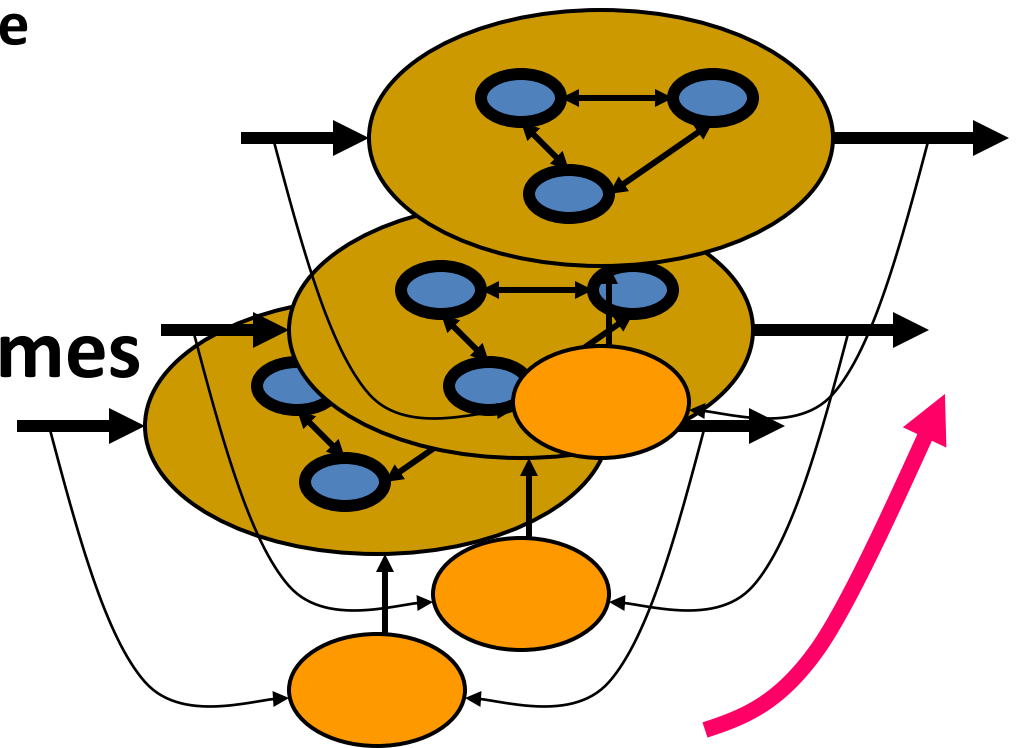


LA SYNERGIE DES TECHNOLOGIES MULTIDISCIPLINARITE

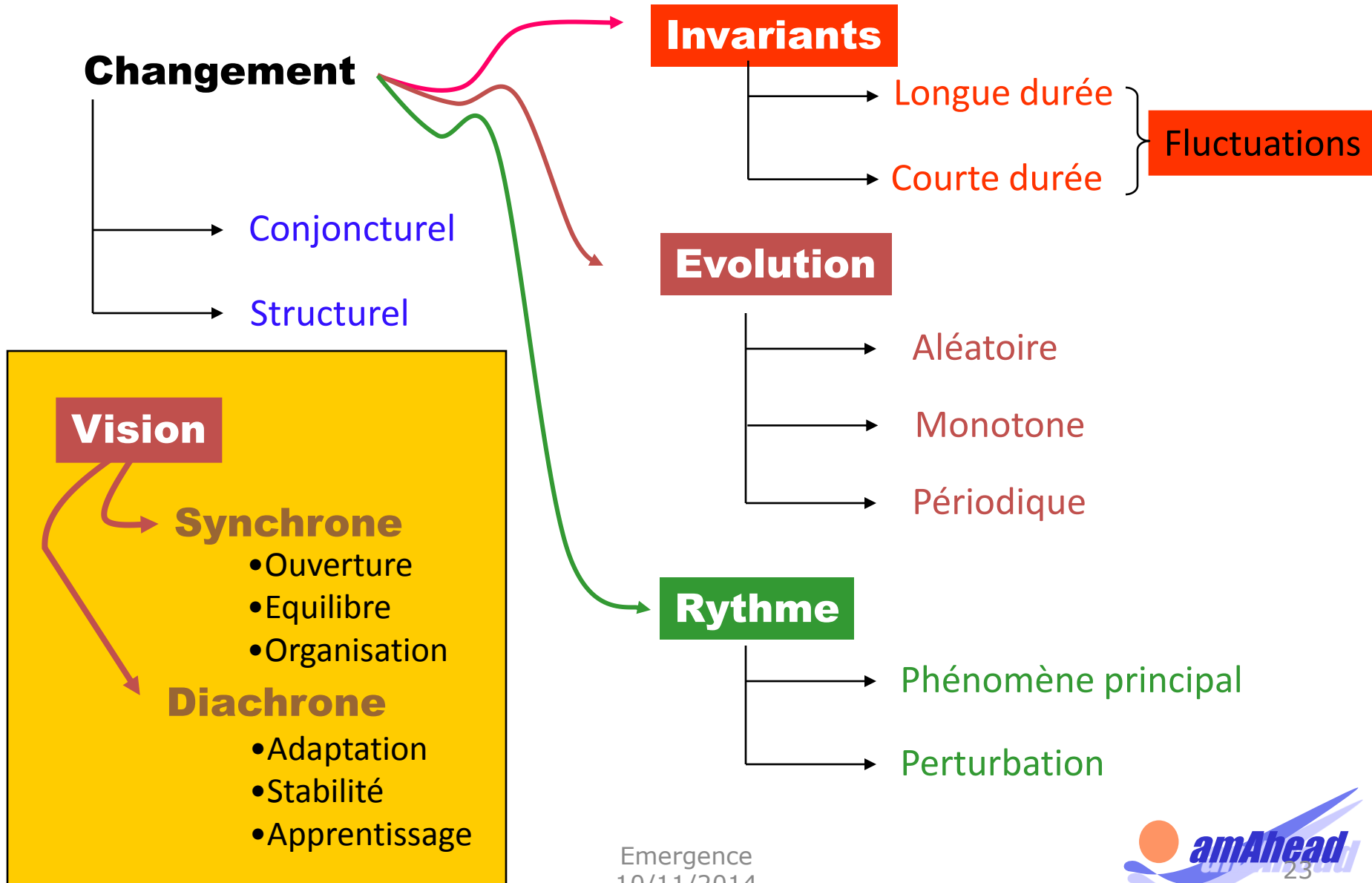


DIFFÉRENTS ÉCLAIRAGES

- **Système et environnement**
 - La boîte noire
- **Système et sous-systèmes**
 - Le contenu de la boîte
- **Système et temps**
 - Le changement
- **Régulation des systèmes**
 - Le contrôle



SYSTÈME ET TEMPS



LES SIMULATIONS

- LES ESSAIS DE PROTOTYPE
- LES SIMULATIONS NUMERIQUES(EDP)
- LES SIMULATIONS MULTI AGENTS
- DYNAMIQUE DES SYSTEMES

LES ESSAIS DE PROTOTYPE

ESSAIS QUI SIMULENT LES CONDITIONS REELLES D'EXPLOITATION

- TEMPERATURE
- MECANIQUE (VIBRATIONS, CHOCS)
- SOUFFLERIE
- SENSIBILITE RADIO ELECTRIQUE (PERTURBATEUR, IEM ...)
- FOUDRE
- VIELLISEMENT (PANNES DE JEUNESSE ..)
- FIABILITE
- DUREE DE VIE ET USURE
-

LES SIMULATIONS NUMERIQUES (1/4)

- Que sont les simulations numériques et à quoi servent-elles ?
- Il s'agit de problèmes de mathématiques appliqués dans lesquels on essaie de résoudre numériquement des modèles d'origine physique, biologique, économique, financier,.....
- L'outil indispensable à ces résolutions sont les EDP (équations aux dérivées partielles), équations qui mélangent les différentes dérivées d'une fonction. Elles permettent de décrire des milieux non rigides, d'établir et de prévoir des "comportements moyens".
- Les résultats ainsi obtenus permettent d'analyser des problèmes aussi vastes que le traitement de l'image ou le comportement des fluides dans une cuve à électrolyse

LES SIMULATIONS NUMERIQUES (2/4)

LES MATHEMATIQUES APPLIQUEES

- L'ORDINATEUR A ÉTÉ UNE REVOLUTION POUR LES MATHEMATIQUES;
- IL A OUVERT LE CHAMP DE LA MODELISATION ET DE LA SIMULATION
- LA CONCEPTION ET L'ANALYSE DES METHODES DE CALCUL SUR ORDINATEUR SONT DEVENUS UNE NOUVELLE BRANCHE DES MATHEMATIQUES : LA SIMULATION
- A PERMIS AUX MATHEMATIQUES DE S'ATTAQUER A DES PROBLEMES COMPLEXES ET CONCRETS INDUSTRIELS ET SCIENTIFIQUES ET DE DONNER DES REPONSES QUALITATIVES ET QUANTITATIVES : LA MODELISATION

LES SIMULATIONS NUMERIQUES (3/4)

LES MODELES CLASSIQUES

- Equation de la chaleur
- Equation des ondes
- Equation de Schrödinger
- Système de Lamé
- Système de Stokes
- Equation des plaques

LES SIMULATIONS NUMERIQUES (4/4)

REMARQUES SUR LE CALCUL NUMERIQUE

- Problèmes bien posés (Hadamard)
 - *Il existe au moins une solution*
 - *Il faut que la solution soit unique*
 - *Il faut que la solution dépende continument des données*

LA METHODE DES ELEMENTS FINIS EST SOUVENT UTILISEE

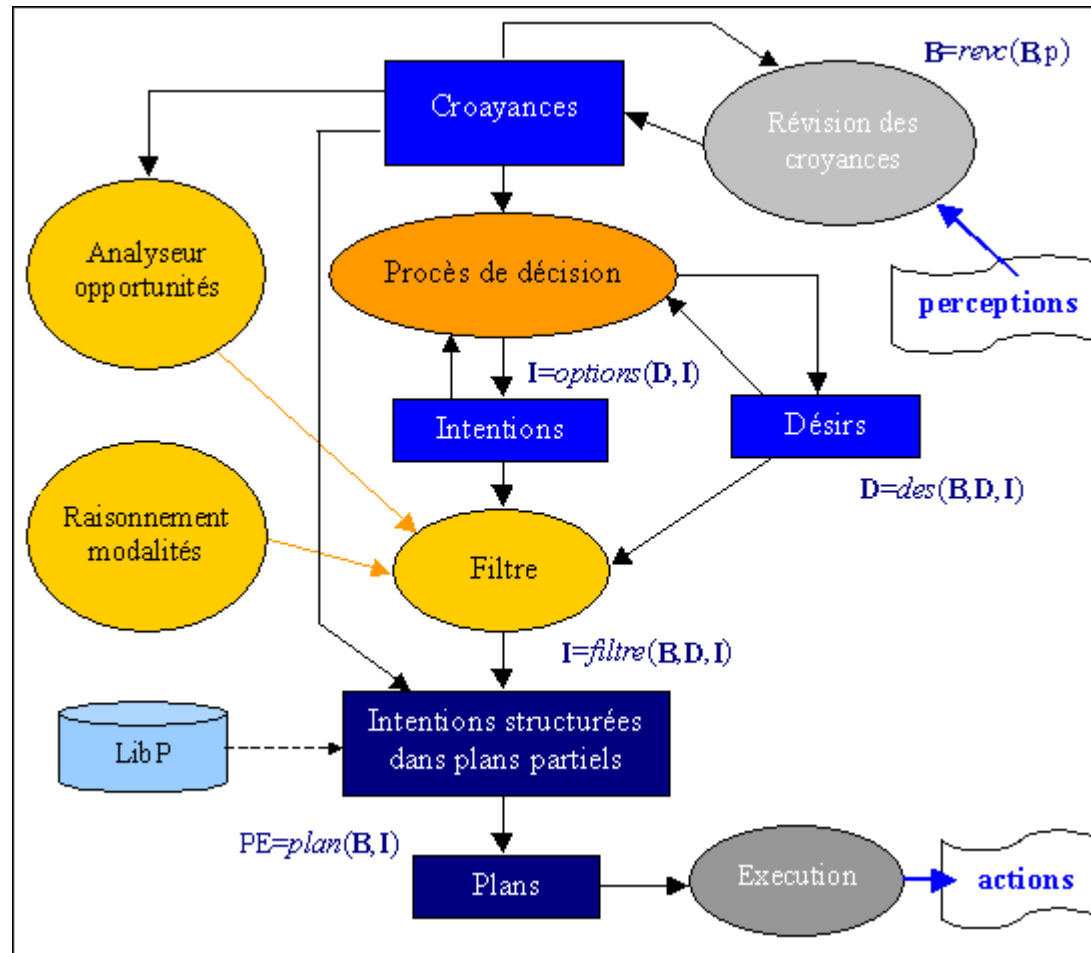
QUELQUES PLATEFORMES LOGICIELLES:

http://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9thode_des_%C3%A9l%C3%A9ments_finis

LES SIMULATIONS MULTI AGENTS

LES SIMULATIONS MULTI AGENTS

CARACTERISTIQUES D'UN AGENT- APPROCHE BDI



Langage de programmation: orienté agents

LES SIMULATIONS MULTI AGENTS

CARACTERISTIQUES D'UN SYSTEME MULTI AGENTS

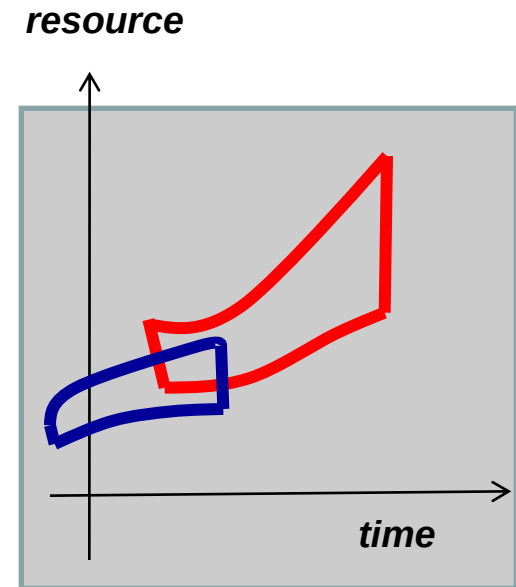
APPROCHE VOYELLE

- – **A**gents : architectures internes des agents.
- – **E**nvironnement : le milieu dans lequel évoluent les agents.
- – **I**nteraction : les moyens par lesquels les agents interagissent.
- – **O**rganisation : les moyens utilisés pour structurer l'ensemble des entités.

LES SIMULATIONS MULTI AGENTS

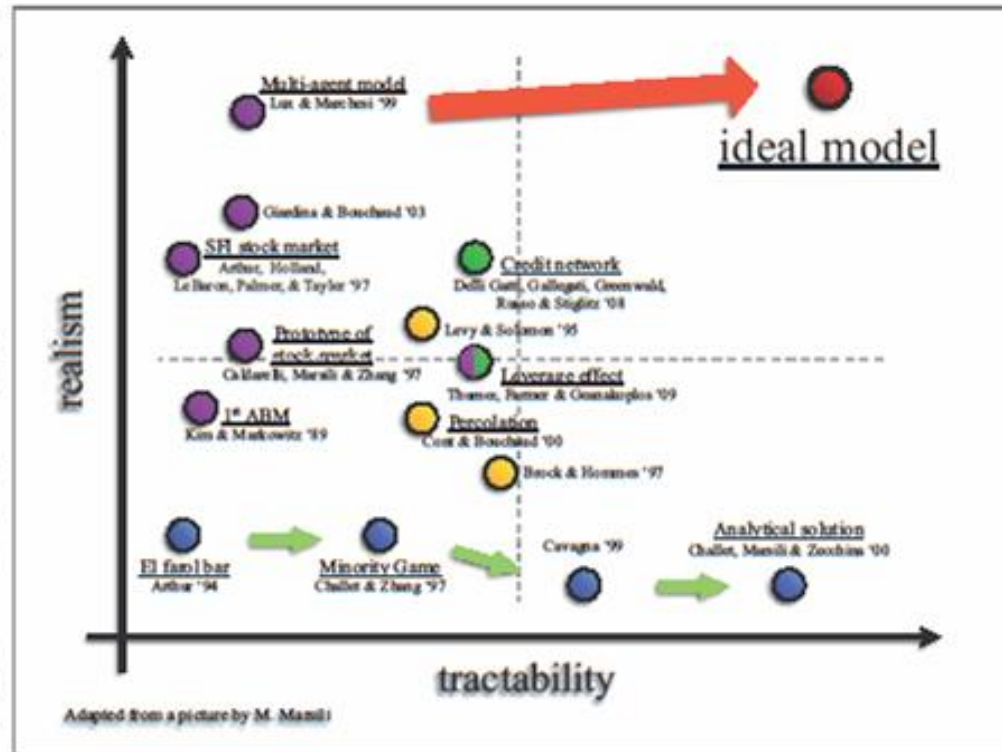
COMPARISON BETWEEN CA AND MAS

- ❖ *To be noted that the frontier between the two approaches is fuzzy
CAs could be extended and MAS could be restricted*
- ❖ *Full MAS need, for a successful implementation
highly qualified technical personnel
considerable financial resources (software, personnel,
test fields long development and testing time*
- ❖ *Even full MAS do not provide guarantee on the result*
- ❖ *MAS could be developed by minimizing the financial resource only
once a convenient architecture is decided upon*
- ❖ *There are many cases where CA or enhanced CA is sufficient for getting the
necessary information to solve the problem at hand*



LES SIMULATIONS MULTI AGENTS

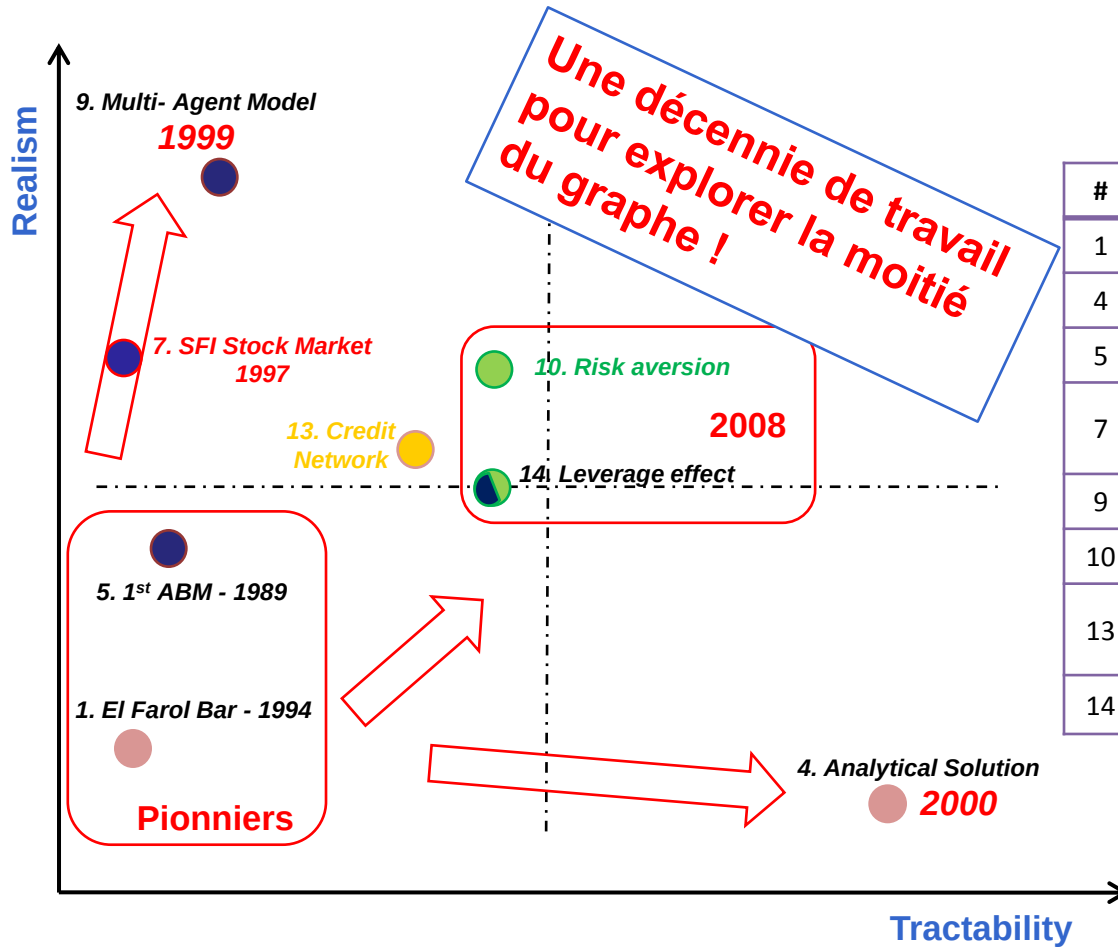
REALISM VS TRACTABILITY



M. CESTELLI, L. PETERLINI, and A. ZACCARIA

□ Positionnement des *AGENT BASED MODELS*

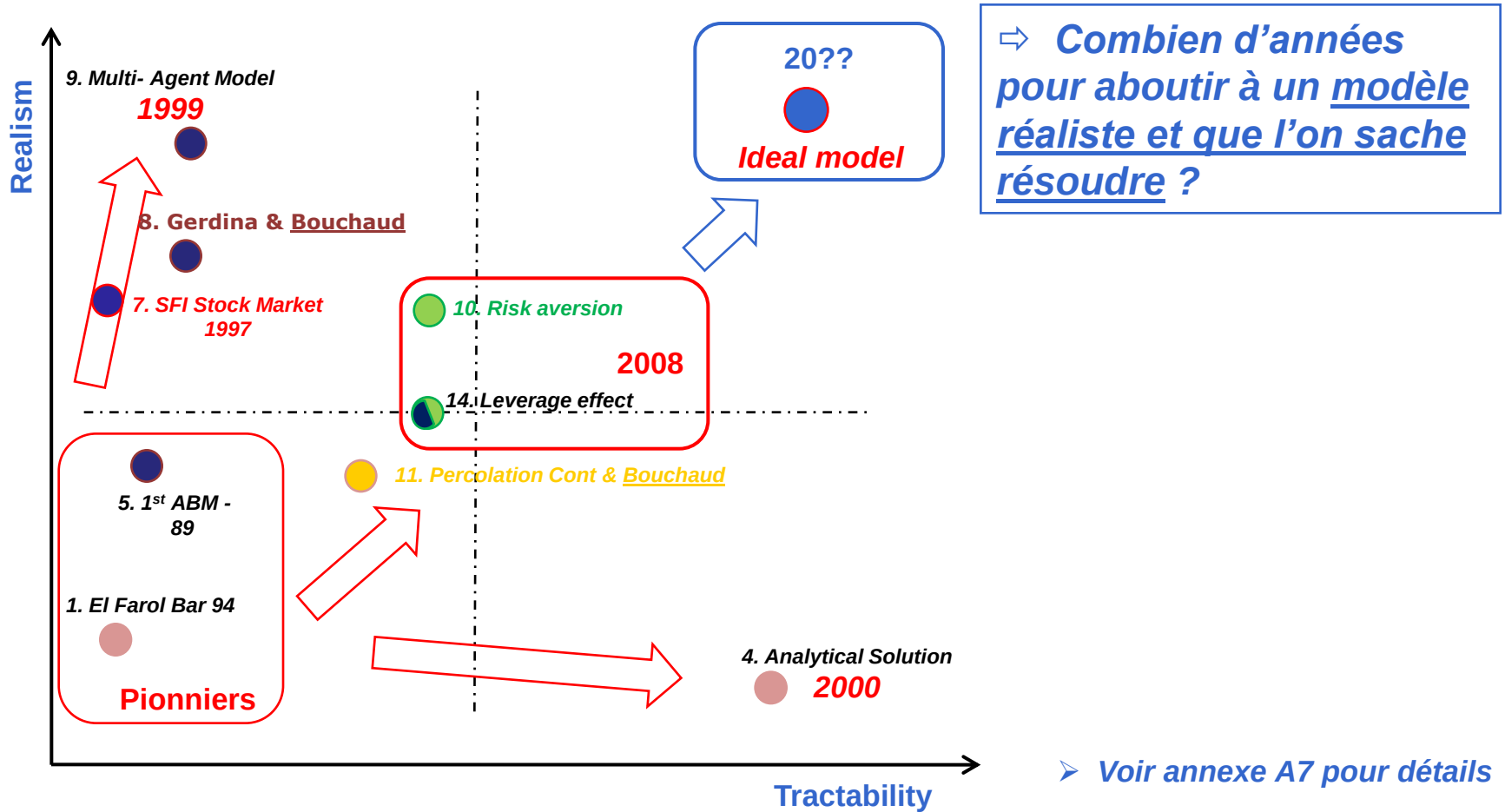
M. Cristelli, L. Pietronero, and A. Zaccaria – Inspired by a talk by Matteo Marsili



#	Author	Date
1	Bryan Arthur	1994
4	Challet, Marcili, Zocchina	2000
5	Kim, Markowitz	1989
7	Arthur, Holland, LeBaron, Palmer, Tayler	1997
9	Lux, Marchesi	1999
10	Lévy, Salomon	1995
13	Delli Gatt, Gallegati, Greenwald, Russo, Stiglitz	2008
14	Thumer, Farmer, Greanokoplos	2008

❑ Positionnement des *AGENT BASED MODELS*

M. Cristelli, L. Pietronero, and A. Zaccaria – Inspired by a talk by Matteo Marsili



LA DYNAMIQUE DES SYSTEMES (1/4)

Une méthodologie et une technique de modélisation des systèmes développée par Jay W. Forrester au MIT il y a 50 ans

LA DYNAMIQUE DES SYSTEMES (2/4)

LES GRANDS PRINCIPES DES MODÈLES

1. Une approche dite systémique comprenant des boucles de rétroaction positives et négatives
2. des délais (ou retards) dans les relations entre variables;
3. l'existence de relations non-linéaires entre variables (relation de non proportionnalité entre cause et effet)

DYNAMIQUE DES SYSTEMES(3/4)

SIMULATIONS INFORMATIQUES

- 1. Comprendre le fonctionnement (complexe) d'un système au cours du temps;
- 2. Tester des hypothèses, des scénarios (que se passerait-il si...?), faire de la prospective (futurs possibles), etc.
- 3. Créer des outils d'aide à la décision.

Mais

Nombre de variables réduit (3)

DYNAMIQUE DES SYSTEMES(4/4)

PRINCIPAUX LOGICIELS

- Vensim (Ventana) et VensimPLE
- Ithink et Stella (Isee systems)
- Powersim Studio (Powersim)
-

LES PLATEFORMES MULTI AGENTS

LES PLATEFORMES MULTI AGENTS

COMPARAISON(1/2)

- Critères de comparaisons:
 - Domaine
 - Type de licence
 - Langage de programmation
 - Systèmes d'exploitation
 - Support utilisateur
 - Compatible **FIPA**(Fondation for Intelligent Physical Agents)
 - -Données géographiques(GIS)
 - 3D

Platform	Primary Domain	License	Programming language	Operating System	User Support	FIPA compliant	GIS capabilities	3D
AnyLogic	•Agent Based general purpose • Distribute dsimulations	•Proprietary	•Java •UML-RL (UML for real time)	•AnyLogic models are standalone Java Applications (professional version only)	•Demos •Training •Knowledge base •Online Forum •Ask a question •Documentation •Selected References	NO	YES	YES

LES PLATEFORMES MULTI AGENTS

COMPARAISON(2/2)

Platform	Primary Domain	License	Programming language	Operating System	User Support	FIPA compliant	GIS capabilities	3D
NETLOGO	•Social and Natural Sciences •Help beginning users get started authoring models.	•GPL (General Public License)	•NETLOGO	•Any Java Virtual Machine Version5 or Later	•Documentation •FAQ •Selected References •Tutorials •Defect List •Mailing List •Third Party extensions	unknown	YES	YES
CORMAS (<u>Common-pool Resources and Multi-Agent Systems</u>)	•Natural resources management, •Rural development and ecology	•Free to modify but not to distribute the modified version	•Smalltalk (requires •VISUAL-WORKS to run)	•LINUX •Mackintosh •UNIX •WINDOWS	•Training •Selected references •Examples •Online forum •Email developers •Documentation	Unknown (UNK)	YES	UNK

La suite des nombreuses plateformes peut être consultée

Sur: [http://en.wikipedia.org/wiki/ABM Software Comparison](http://en.wikipedia.org/wiki/ABM_Software_Comparison)

AUTRES PLATEFORMES

LookAhead

Une méthode et un outil associé d'aide à la décision dans l'imprécision

Concepts faisant partie du monde de la prise de décision:

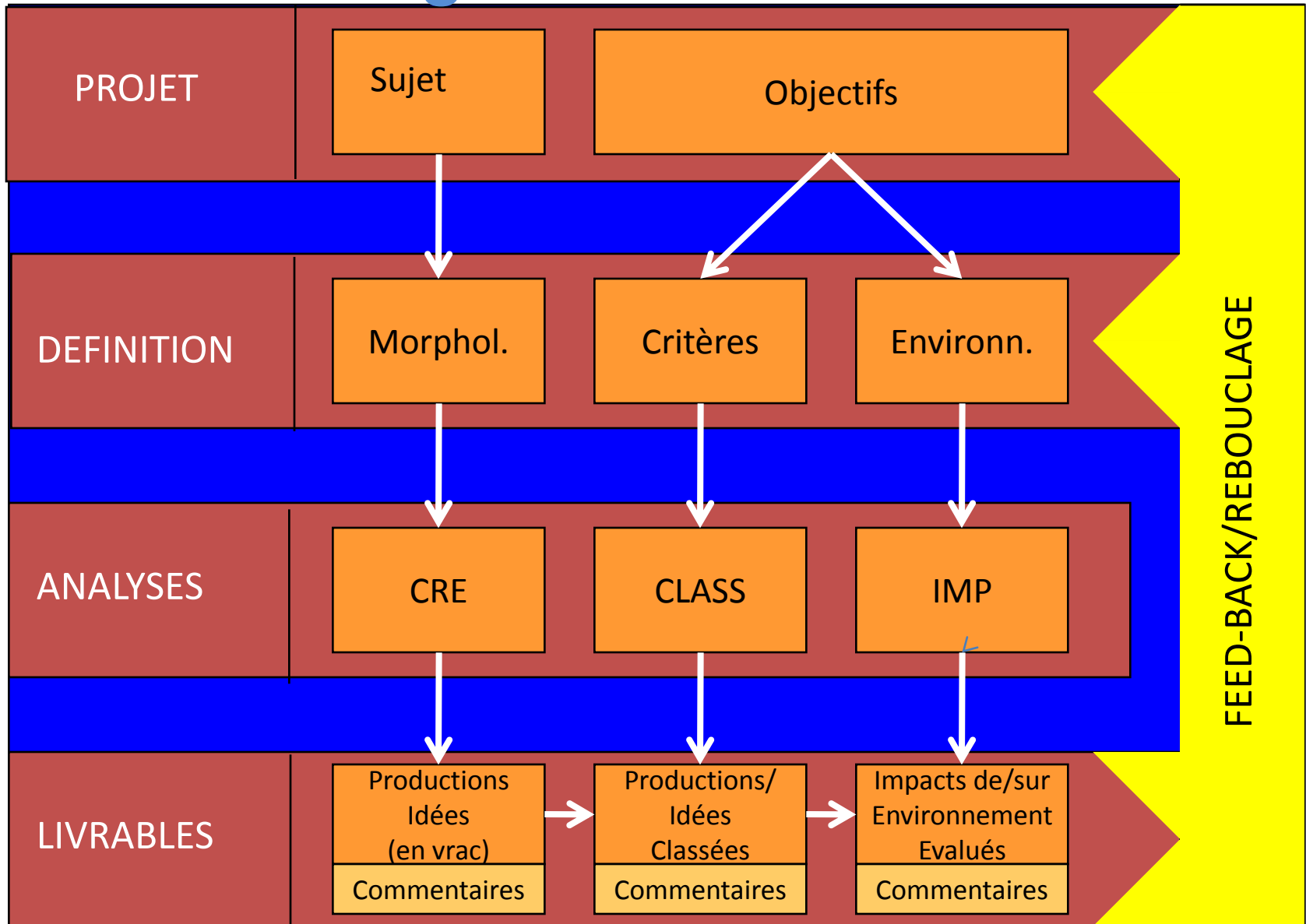
- Cohérence
- Adéquation
- Impact
- Risque
- Ressources



Ces concepts sont tous flous

L'idée de les utiliser ces concepts sur le même type de support informatique
Pour réaliser un outil d'aide à la décision, en donnant une gradation
« pas », « peu », « moyennement », « fortement », « très fortement »,...

Le schéma général de LookAhead



EXAMPLES

NETLOGO INNOVATION

<https://www.youtube.com/watch?v=dQAr73CK3RA&list=PL7B985129024483C5>

<https://www.youtube.com/user/EC2Modelisation>

FAMILLES DE MODÉLISATION

Maquettes matérielles

- **Soufflerie**
- **Bassin des carènes**
- **Crash auto**

Formalisme mathématique théorique

- **EDP-Equations Différentielles aux Dérivées Partielles (*)**
- **Modèle stochastique, Chaines de Markov**
- **Relations non linéaires**

(*) Notamment en physique:
mécanique statistique,
mécanique quantique,
hydrodynamique,
électromagnétisme, etc..

Informatique

- **Dynamique des systèmes**
- **Data Mining**
- **Algorithmes classiques (simplex, graphes, théorie des jeux,..)**
- **IA**
- **SMA**
 - **Automates cellulaires**
 - **Réseaux de neurones**

SANTA CAFÉ MODÉLISATION

- Que souhaite-t-on faire ?
 - Partager une vision vulgarisée de l'ensemble (par famille de modèle, par famille de techno de simulation, par domaine applicatif)
 - Approfondir:
 - une techno particulière (SMA, autre?)
 - les applications dans certains domaines à définir
 - "Observer" le développement d'un modèle spécifique du groupe Emergence
 - Eduquer le groupe (NB: voir ancienne tentative sur Net logo?)
 - Etc.

LA MODELISATION/SIMULATION AVENIR



WAR INTELLIGENCE - Raccourci.lnk

https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/technical_reports/2006/RAND_TR329.pdf

Agent-based simulation is relatively new in terms of utilization for analyses of force on-force combat scenarios. Certainly, more validation will be needed. Furthermore, the results in this report may be sensitive to the assumptions that are made with regard to network architecture, force makeup, and technology performance. Although a large space of possibilities was explored for the parameters under consideration, all results need to be taken in the context of the specific scenarios simulated. Nonetheless, the results show how agent-based tools can be exploited to quantify the marginal impact of networks and networking performance to warfighters.