

théorie et  
méthodes  
de la conception  
innovante

Chaire d'Enseignement et de Recherche

[www.cgs-mines-paristech.fr/tmci/](http://www.cgs-mines-paristech.fr/tmci/)



THALES



# Rencontres du Végétal, Angers, 12-13 janvier 2015

## Conception et écosystèmes innovants : théorie et méthodes

Pascal LE MASSON

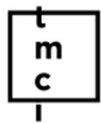
Professeur Chaire Théorie et Méthodes de la Conception Innovante,  
Directeur du Centre de Gestion Scientifique  
MINES ParisTech – PSL\*

[Pascal.le\\_masson@mines-paristech.fr](mailto:Pascal.le_masson@mines-paristech.fr)





# Chair of Design Theory and Methods for Innovation



théorie et  
méthodes  
de la conception  
innovante

Chaire d'Enseignement et de Recherche

[www.cgs-mines-paristech.fr/tmci/](http://www.cgs-mines-paristech.fr/tmci/)



THALES



## Management Science

- IPDM conference, CIM community, EURAM,...
- JPIM, TASM, CIM, RADMA,...

## Engineering Design

- ICED, Design Society, SIG Design Theory...
- RED, JED, CIRP,...

### Technology Analysis & Strategic Management

Volume 10 Number 4 December 1998

### STRATEGIC MANAGEMENT OF INNOVATION AND DESIGN

Masson, Benoit Weil and Armand Hatchuel

CAMBRIDGE



### 7th International Workshop on DESIGN THEORY

Special Interest Group of the Design Society

27th – 28th Jan  
Mines

AgroParisTech  
Carnegie Mellon University  
CEA LARSIM  
CERN  
Chalmers University of Technology  
EDF  
ENSAD  
ENSCI - Les Ateliers  
ESC Rennes School of Business  
GMU and UNCC  
Grenoble INP  
Grenoble Ecole de Management  
G-SCOP  
Harvard Business School  
IBM Research - Almaden  
IKBM  
Linköping University  
Mines ParisTech  
Montréal Université  
Nutriset  
Orion  
Pepperdine University  
Renault  
Salford University  
SHCP  
Stanford University  
TAKT  
Technion  
Tel Aviv University  
Telecom ParisTech  
Universitat Politècnica de Catalunya  
University of Abomey Calavi  
University of Amsterdam / EXIN  
University of Columbia  
University of Michigan  
Université Paris Sorbonne

the Design Society  
a worldwide community



### Research in Engineering Design

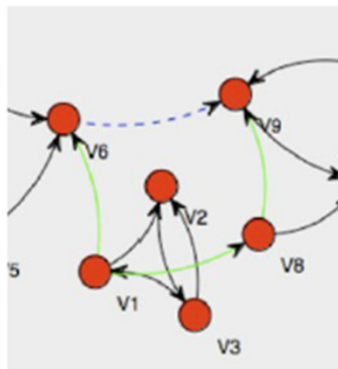
Theory  
Applications,  
and Technology

Organized by the Chair of Design Theory and Methods for Innovation | CGS - MINES ParisTech

# Programme de recherche

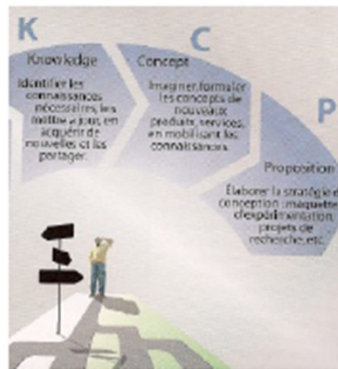
## AXE 1

**fondements des théories de la conception et du raisonnement dans l'inconnu**



## AXE 2

**outils, méthodes et organisation de la conception innovante**



## AXE 3

**approches cognitives neuropsychologiques et culturelles de la conception innovante**



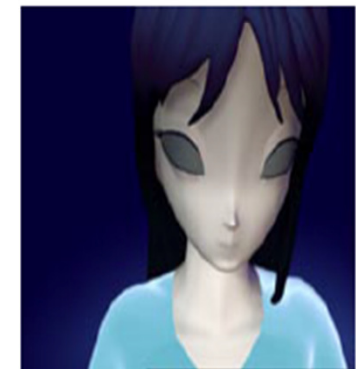
## AXE 4

**régimes de conception, économie et histoire de la conception**



## AXE 5

**création et réception, identité des objets et nouveaux discours critiques**



# Quelques références...

- Etude Peter Pribilla Foundation, 2010-2012, étude ITRS 2007-2009, étude ANR-ADD 2008-2011, ANR-RITE 2009-2012, Innocentive 2008
- Publications:
  - Le Masson P, Weil B, Hatchuel A, Cogez P (2012) Why aren't they locked in waiting games? Unlocking rules and the ecology of concepts in the semiconductor industry. . *Technology Analysis & Strategic Management* 24 (6):617-630.
  - Agogué M, Berthet E, Fredberg T, Le Masson P, Segrestin B, St  tzel M, Wiener M, Ystrom A (2013) A contingency approach of open innovation intermediaries – the management principles of the “intermediary of the unknown”. Paper presented at the *European Academy of Management*, Istanbul,
  - Le Masson P, Aggeri F, Barbier M, Caron P (2012) The sustainable fibres of generative expectation management: The “building with hemp” case study. In: Barbier M, Elzen B (eds) *System Innovations, Knowledge Regimes, and Design Practices towards Transitions for Sustainable Agriculture*. INRA Editions, Paris, pp 226-251
  - Le Masson P, Hatchuel A, Weil B (2010) Modeling Novelty-Driven Industrial Dynamics with Design Functions: understanding the role of learning from the unknown. In: *13th International Schumpeter Society*, Aalborg, Denmark, 2010. p 28
  - **Dubois, L.-E., Le Masson, P., Weil, B., and Cohendet, P. (2014).** “From organizing for innovation to innovating for organization: how co-design fosters change in organizations.” 21st International Product Development Management Conference (Thomas Hustad best paper award), Limerick, Ireland, 23.

# Conception et écosystèmes innovants

1. L'innovation contemporaine : au-delà de l'effet de mode, de nouveaux enjeux
2. Nouvelles théories et nouvelles méthodes
3. Des « architectes de l'inconnu », nouveaux acteurs pour des écosystèmes innovants



# L'innovation contemporaine : un changement de régime

- Changer l'identité des objets
- Réviser les règles de conception, les compétences
- Nouvelles formes de collaborations : alliances, plates-formes, communautés, consortia,...



La maison centrale d'énergie



Voiture électrique



Vélib'



Metronizar o onibus

Cloud computing, internet of things...

Lab-on-a-chip

Smart Grids

Home networking

Smart cities

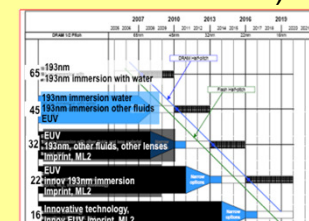
Biomass

Apple Apps, Android developers



Intel Architecture Lab (Gawer et al)

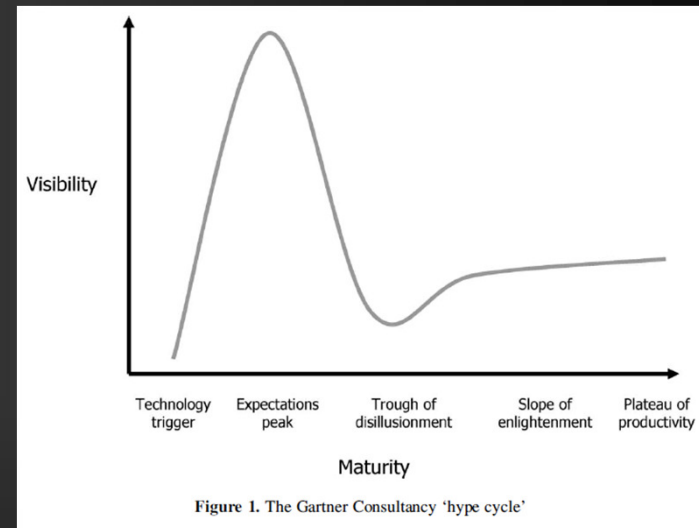
ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductor ind.)



Entrepreneur ? Grandes entreprises ?  
Ou d'autres formes ?

# En l'absence de nouveaux modèles... les risques de l'innovation contemporaine

- Taux d'échecs élevés
- Bulles spéculatives de l'innovation
- Faible croissance des start-ups
- Innovation orpheline
- Technologies éternellement émergentes

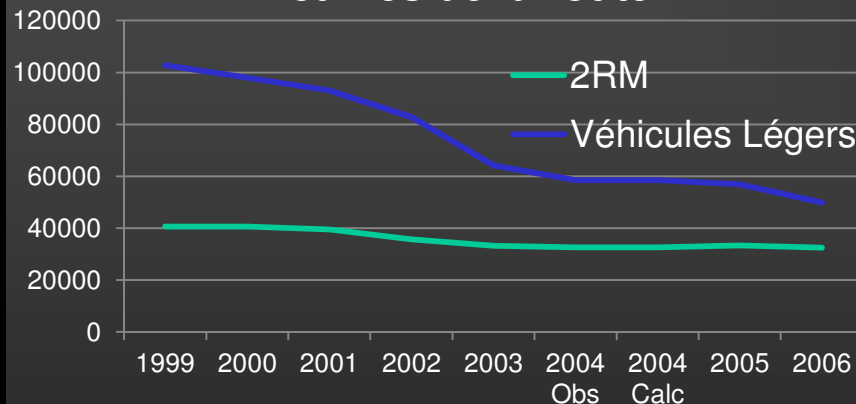


→ Manager la rupture ? Et collectivement ?

# Quelques exemples d'innovation orpheline

## Sécurité des deux roues

### Victimes de la route



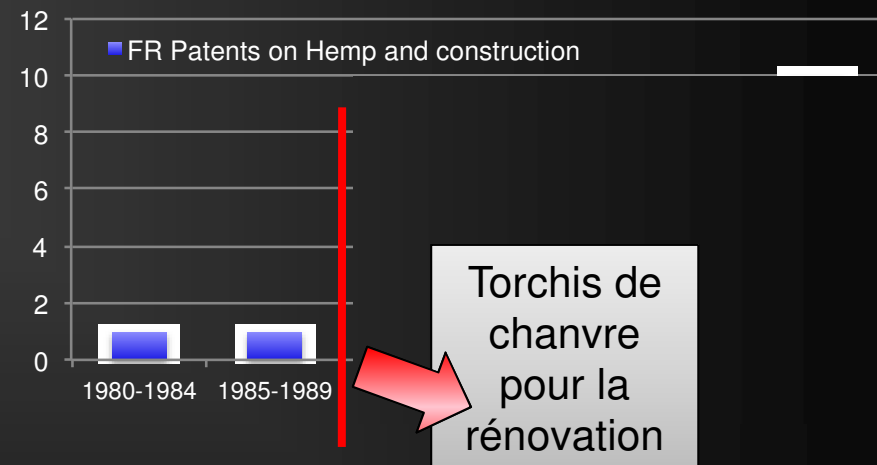
Considering the scientific work already done for those groups in many countries the public, Parliament, researchers and authorities became aware of the growing importance of traffic safety problems for the users of two-wheelers, relatively speaking but to some extent also in absolute terms.

EEVC (EuroNCAP) 1985

Des cas paradoxaux : il y a « de la demande », il y a des technologies, il y a des ressources, **il y a des programmes de recherche communs et des connaissances échangées...** MAIS pas de croissance !

## Construire en chanvre dans les années 1980

### Brevets « chanvre & construction »



**Sans pilotage : une seule voie explorée... et peu de succès**



# Conception et écosystèmes innovants

1. L'innovation contemporaine : au-delà de l'effet de mode, de nouveaux enjeux
2. Nouvelles théories et nouvelles méthodes
3. Des « architectes de l'inconnu », nouveaux acteurs pour des écosystèmes innovants

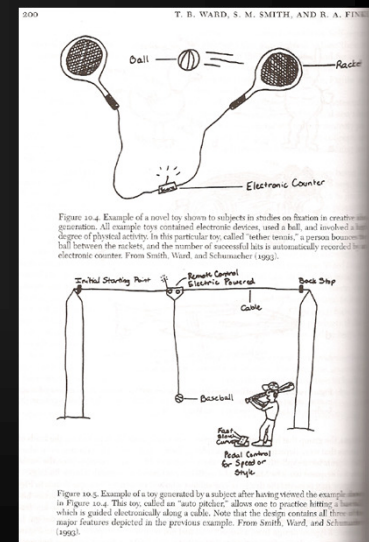
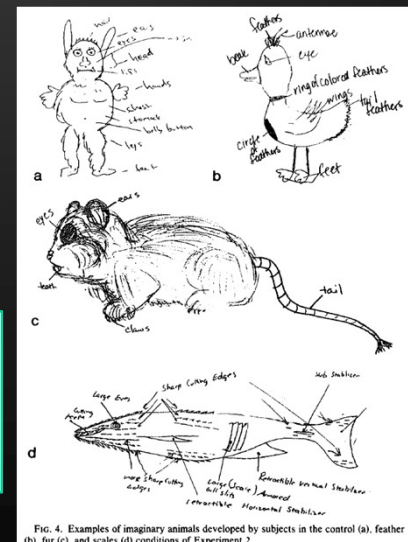
# Les obstacles à la création collective

- Des méthodes ? Open innovation, co-design, brainstorming, living lab...
- Mais est-ce si efficace ?

## Un phénomène de « productivity gap » en brainstorming ! Causes cognitives individuelles et collectives → fixations

*Comment faire un carré en bougeant une allumette ?*

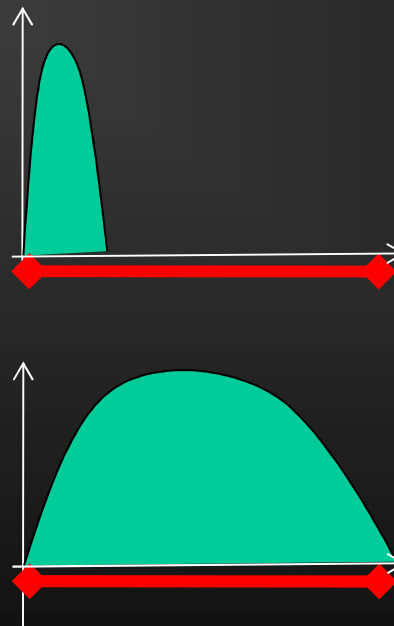
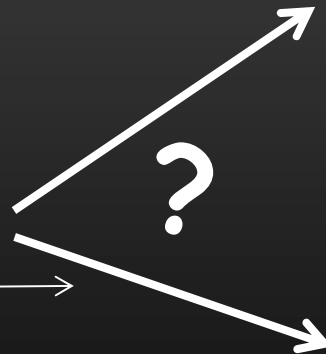
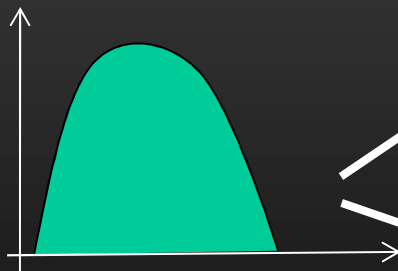
Fixation cognitive sur le « carré » :  
Carré = forme géométrique  
Carré = opération mathématique (2x2)



# Défixer rigoureusement – L'apport des théories de la conception

Dans les années 50s : décide-t-on bien ? → théorie de la décision.  
Aujourd'hui : est-on bon créatif ? → Théorie de la conception

Etant donné une  
distribution d'idées :



Existe-t-il un biais ?  
Et comment le  
mesurer ?

S'il y a un biais, est-il  
lié à un raisonnement  
particulier ?

Comment corriger le  
biais ?

# Un socle théorique : conception par combinaison et optimisation à partir d'une base de règles



Need: parametric change on one classical spec

$\Delta FRI_i$

Functional re

Techno

$\Delta DP_i$

$\Delta DP_i$

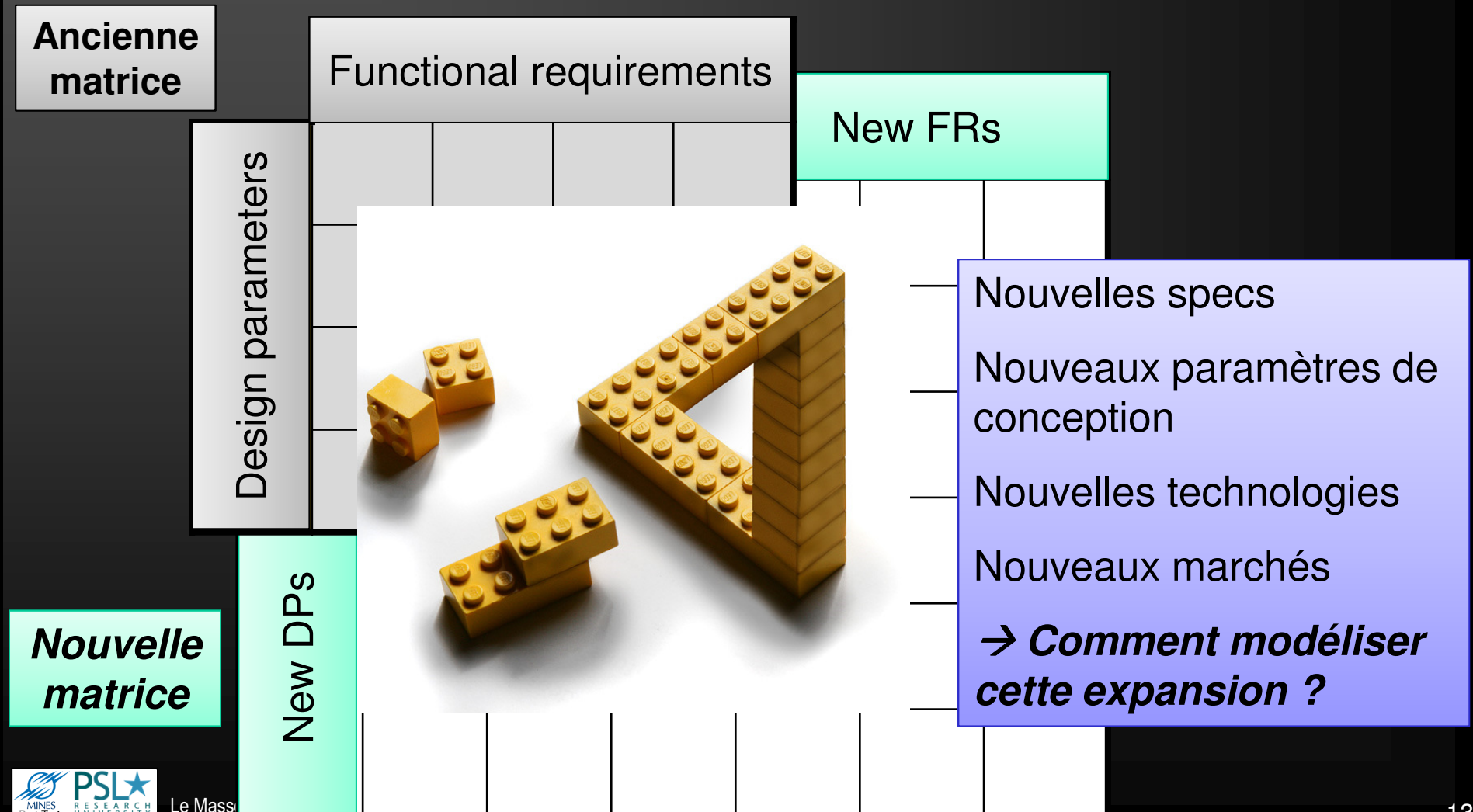
Design parameters

Techno xx



Answer:  
adapt/improve existing  
design parameters

# ... Mais comment penser la régénération des règles ?





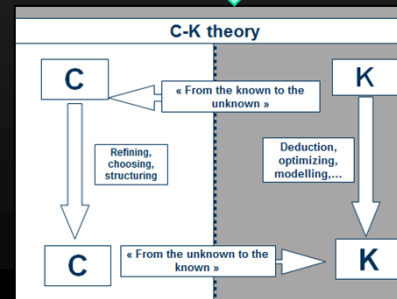
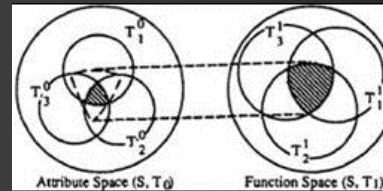
# « Models of thought » : ruptures dans les théories de la conception



De la combinaison de règles de conception fixées à :

1. Une indépendance par rapport aux domaines (techniques ou non)
2. Une générativité accrue

Hatchuel, Le Masson, Reich and Weil 2011 ICED (reviewers favorite)



**General design theory**  
(Yoshikawa 1981)

**Axiomatic Design**  
(Suh 1988)

**Coupled design Process** (Braha & Reich 2001)

**Infused Design**  
(Reich & Shai 2001)

**C-K theory**  
(Hatchuel & Weil 2002)

# L'espace des concepts : expansion de l'imaginaire

## Les Concepts (C)

*Un pneu sans  
caoutchouc*

*Des antibiotiques sans  
résistance*

- **Des propositions** « ni vraies ni fausses », **sans statut logique...**
- ... Mais que l'on peut **enrichir**, jusqu'à ce qu'une **définition** satisfaisante émerge
- **Structure** des concepts: raffinement et divergence

**Partition  
expansive**

**C<sub>0</sub>: un bateau qui vole**

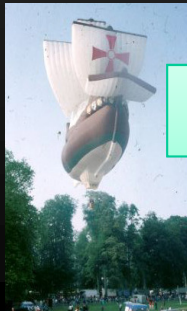


# La double expansion

Un bateau qui vole



Partition  
expansive



## La connaissance (K) Des propositions vraies

Les propositions de K sont  
utilisées pour expandre les  
concepts

### K-dépendance

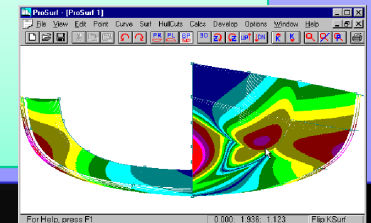
Avions, ailes,  
ballons

Marchés  
outdoor

Zoologie

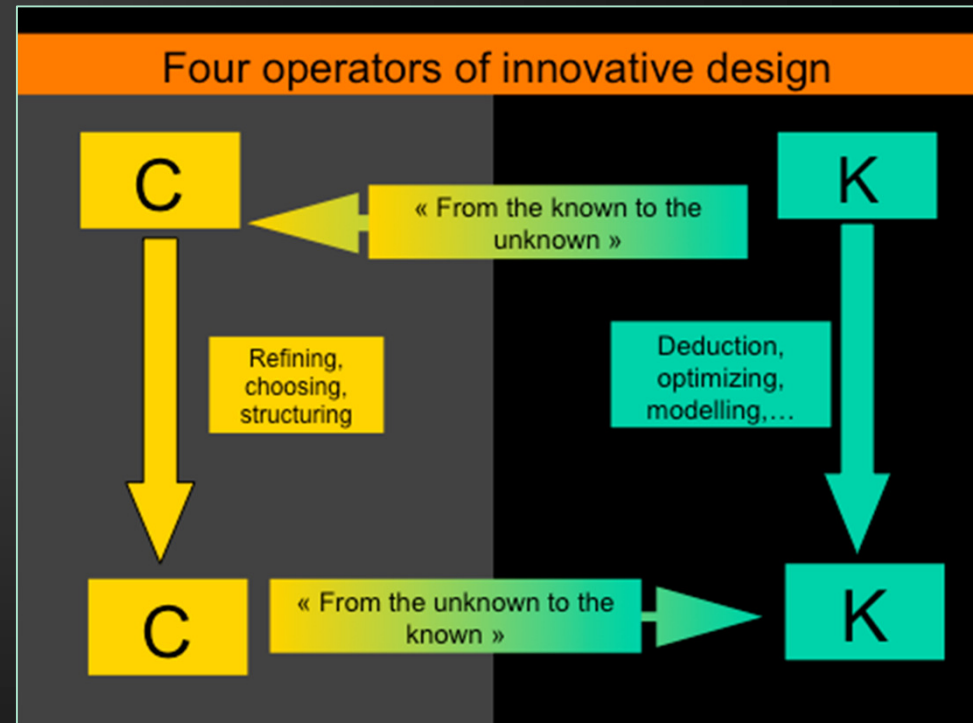
Générer des  
connaissances

K-reordering



# Les fondations mathématiques de la théorie C-K

- Extensions algébriques: nombres complexes  
 $i^2 = -1$
- Forcing: des extensions génériques sur des modèles d'ensembles (Cohen 1963, médaille Fields)



La théorie C-K = un Forcing sur des structures de connaissances (Hatchuel et Weil 2007)

# Conception et écosystèmes innovants

1. L'innovation contemporaine : au-delà de l'effet de mode, de nouveaux enjeux
2. Nouvelles théories et nouvelles méthodes
3. Des « architectes de l'inconnu », nouveaux acteurs pour des écosystèmes innovants



# Un exemple d'application : étude de fixation individuelle (Agogué Cassotti et al 2013)

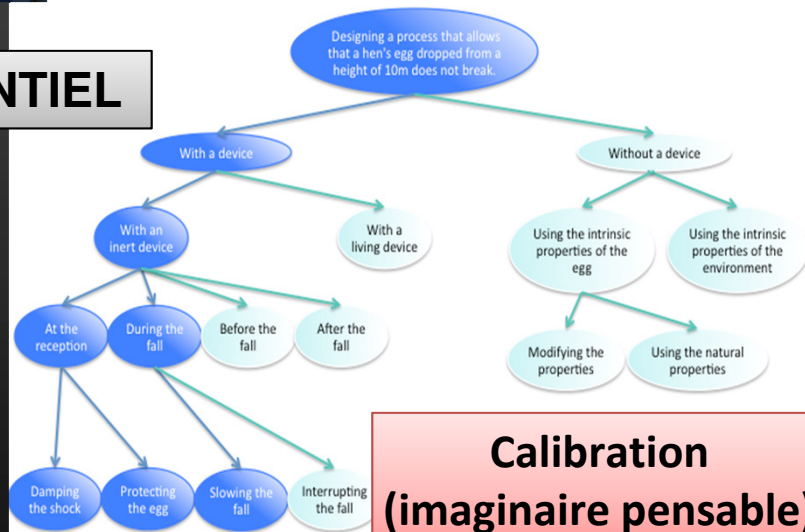


Vous êtes un concepteur et on vous demande de proposer le plus de solutions créatives possibles au problème suivant :

*Faire en sorte qu'un œuf de poule lâché d'une hauteur de 10m ne se casse pas.*

## REFERENTIEL

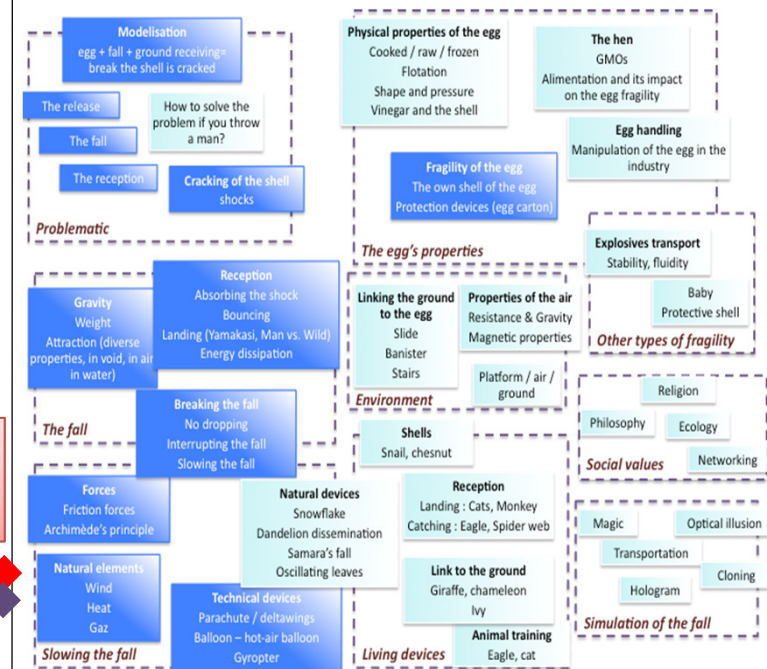
### Espace C



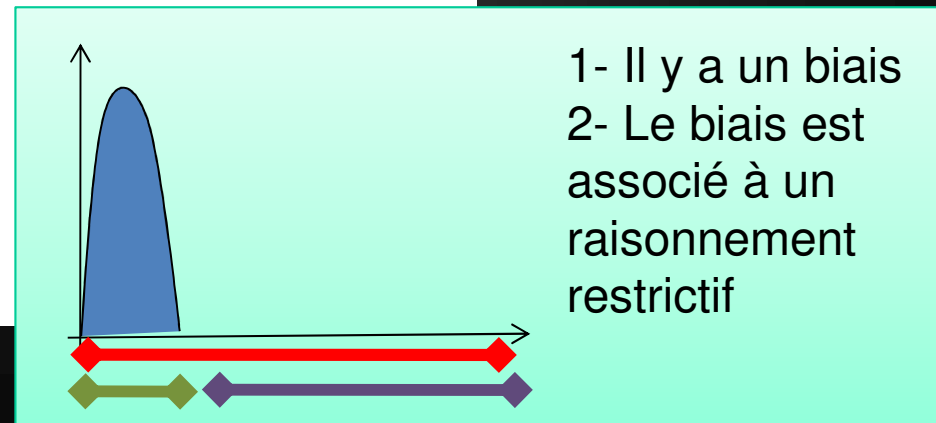
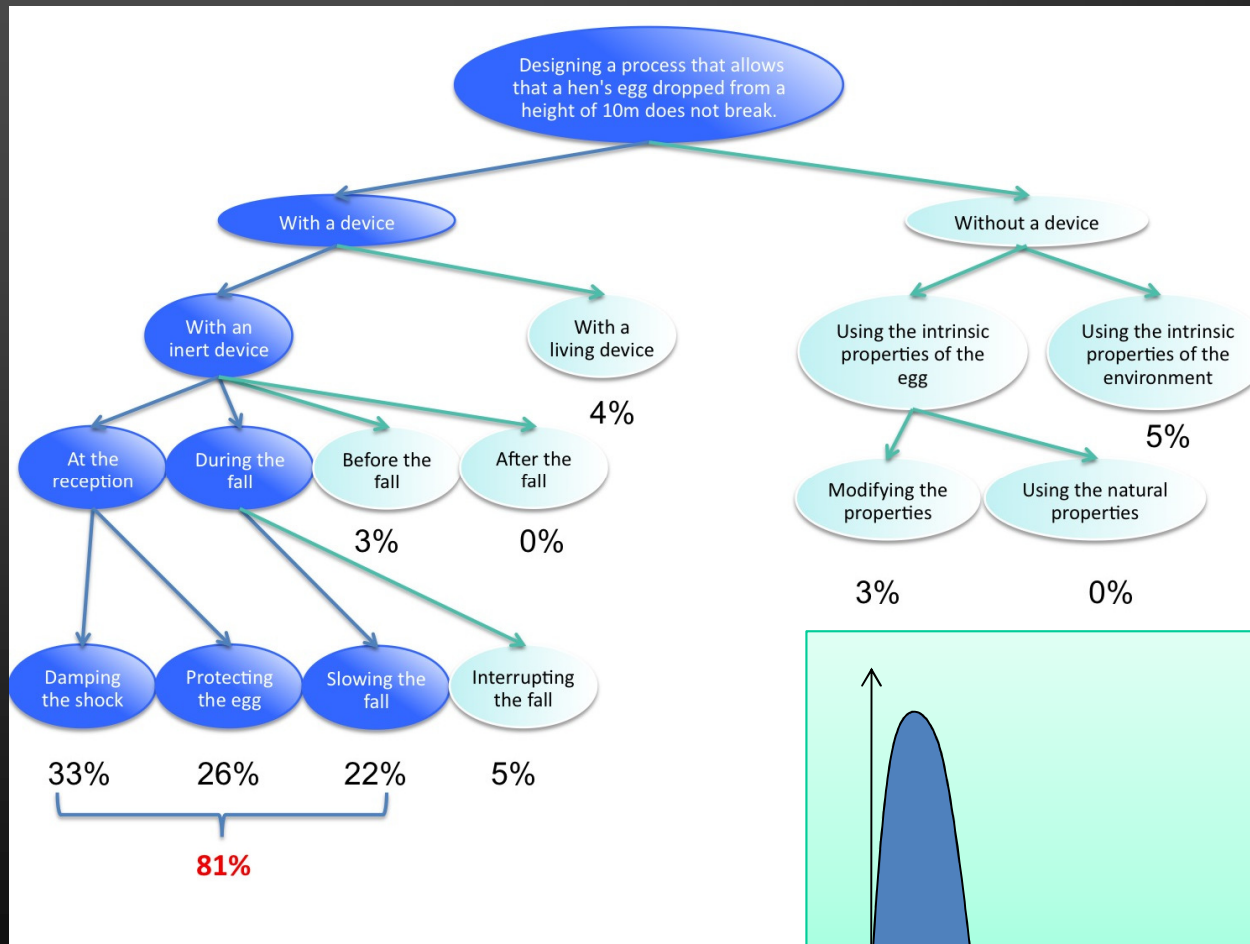
**Raisonnement restrictif**

**Raisonnement expansif**

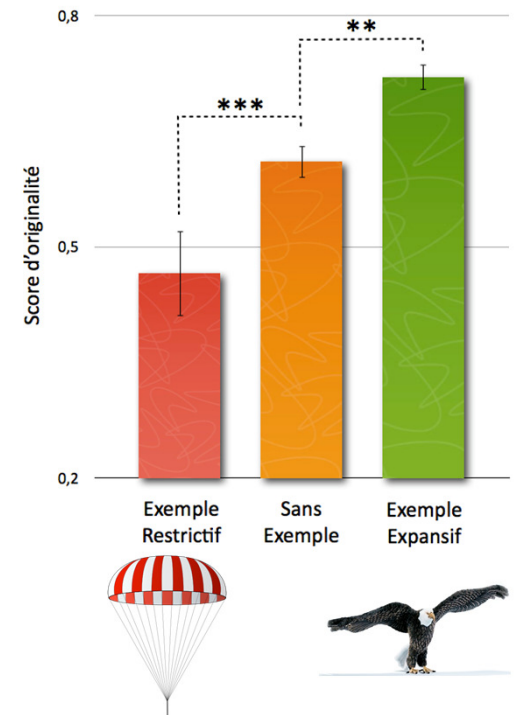
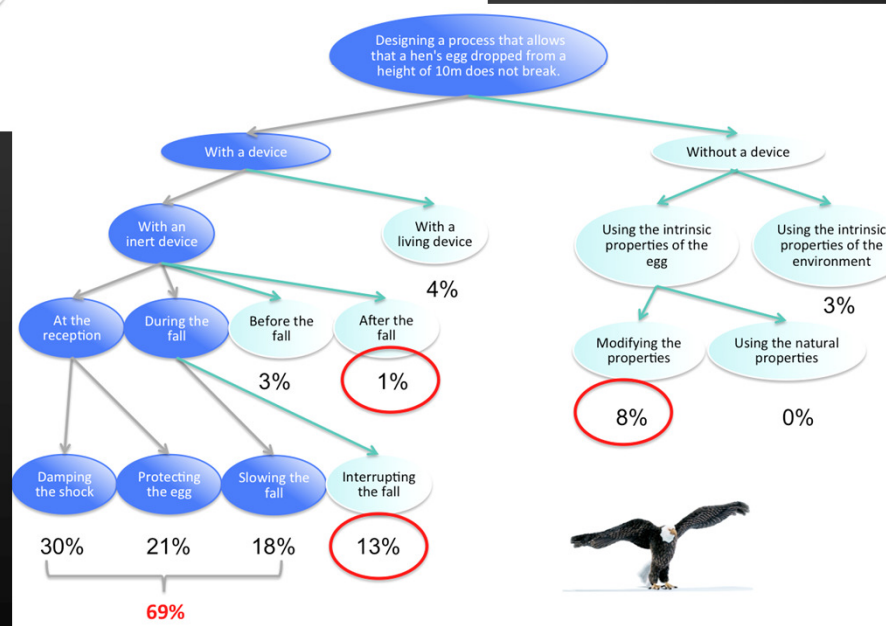
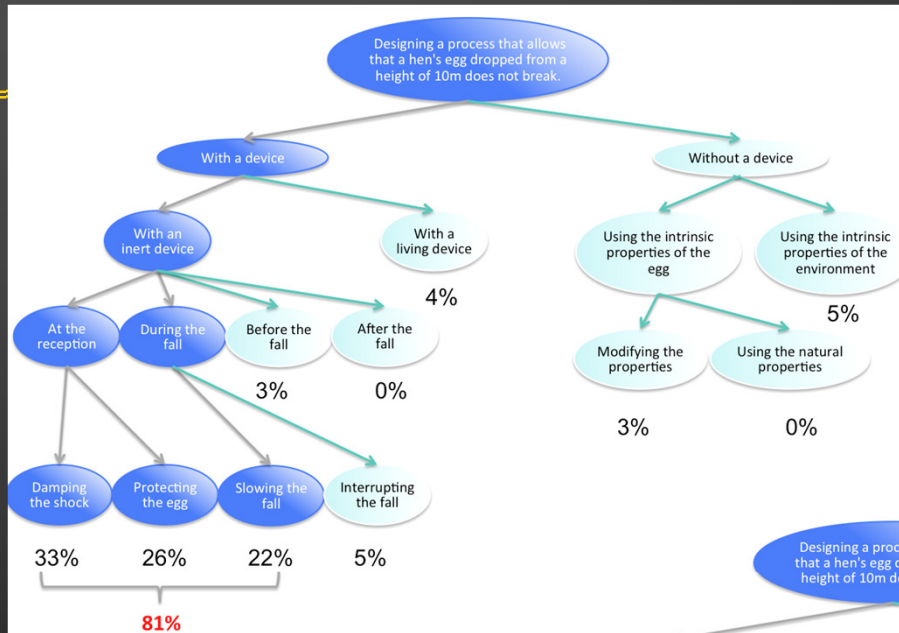
### Espace K



# Un exemple d'application : étude de fixation individuelle – tâche de l'oeuf



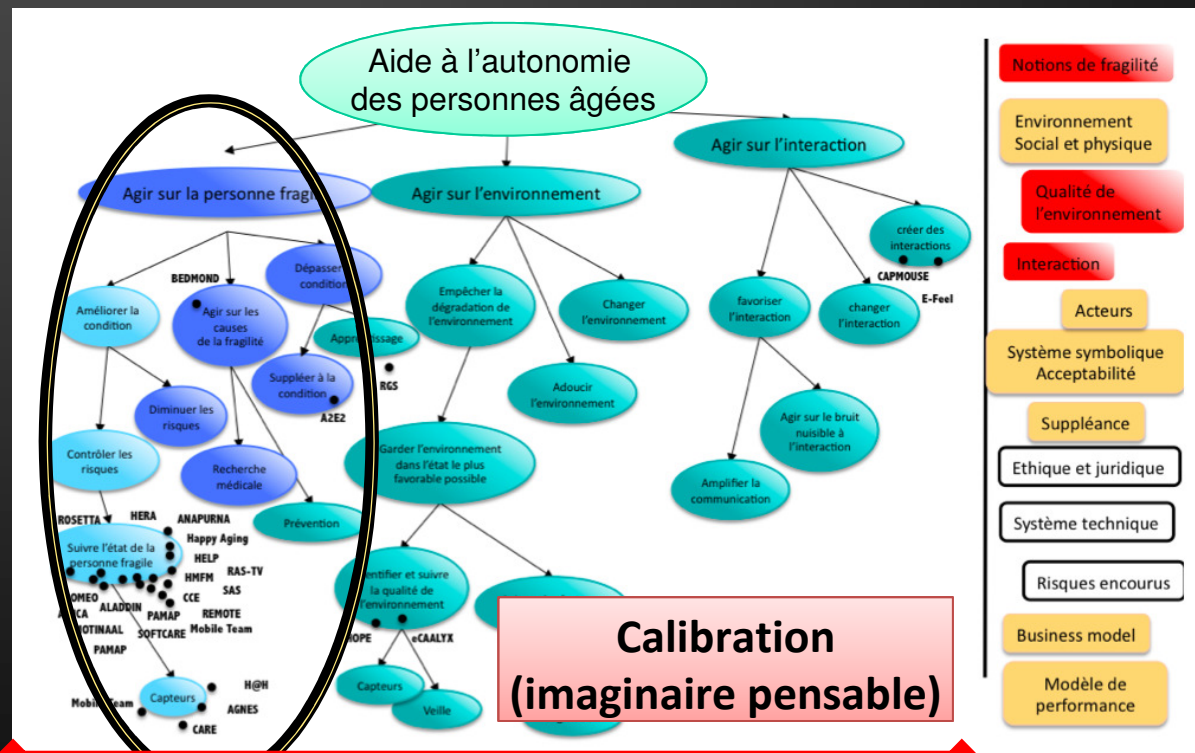
# Effet des exemples sur la créativité



# Un exemple d'application à l'échelle industrielle : l'innovation orpheline

Fixation collective : l'industrie de l'aide à l'autonomie des personnes âgées grâce aux nouvelles technologies

Agogué et al. 2012)



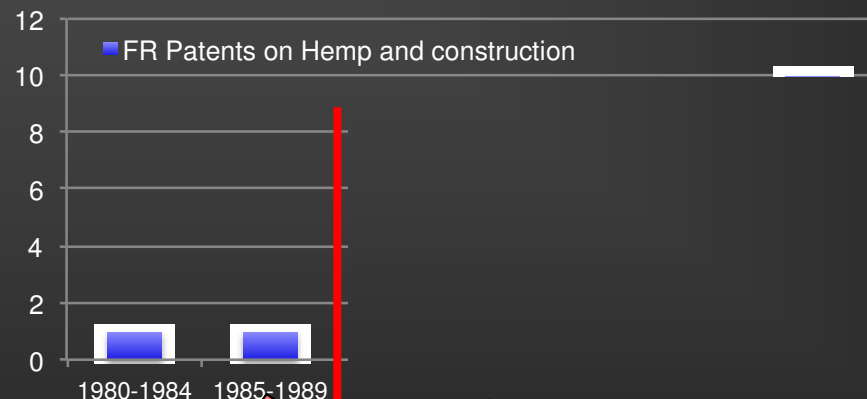
Raisonnement restrictif

Raisonnement expansif

# Sortir de l'innovation orpheline : les nouveaux collectifs de la conception innovante ?

## Un changement de régime

Brevets « chanvre & construction »



**Sans pilotage :  
une seule  
voie explorée**

Torchis de  
chanvre  
pour la  
rénovation

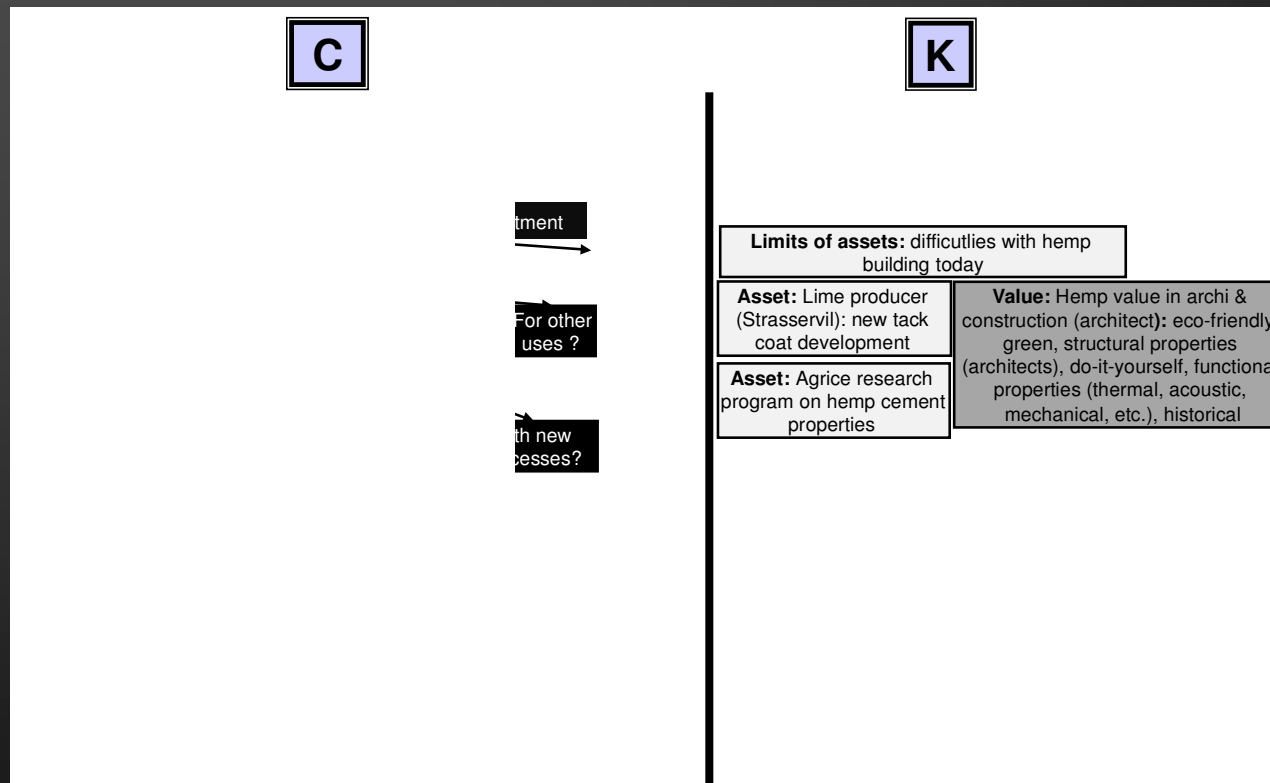
**Avec pilotage :  
Multiplication  
des voies**

Béton de chanvre, pour murs,  
toits, chapes, enduits;  
multifonctionnel (poids, isolation,  
hygro-inertie,...); avec nouveaux  
procédés ; pour des briques,...

→ Quels  
collectifs ?  
Quelles  
organisations ?

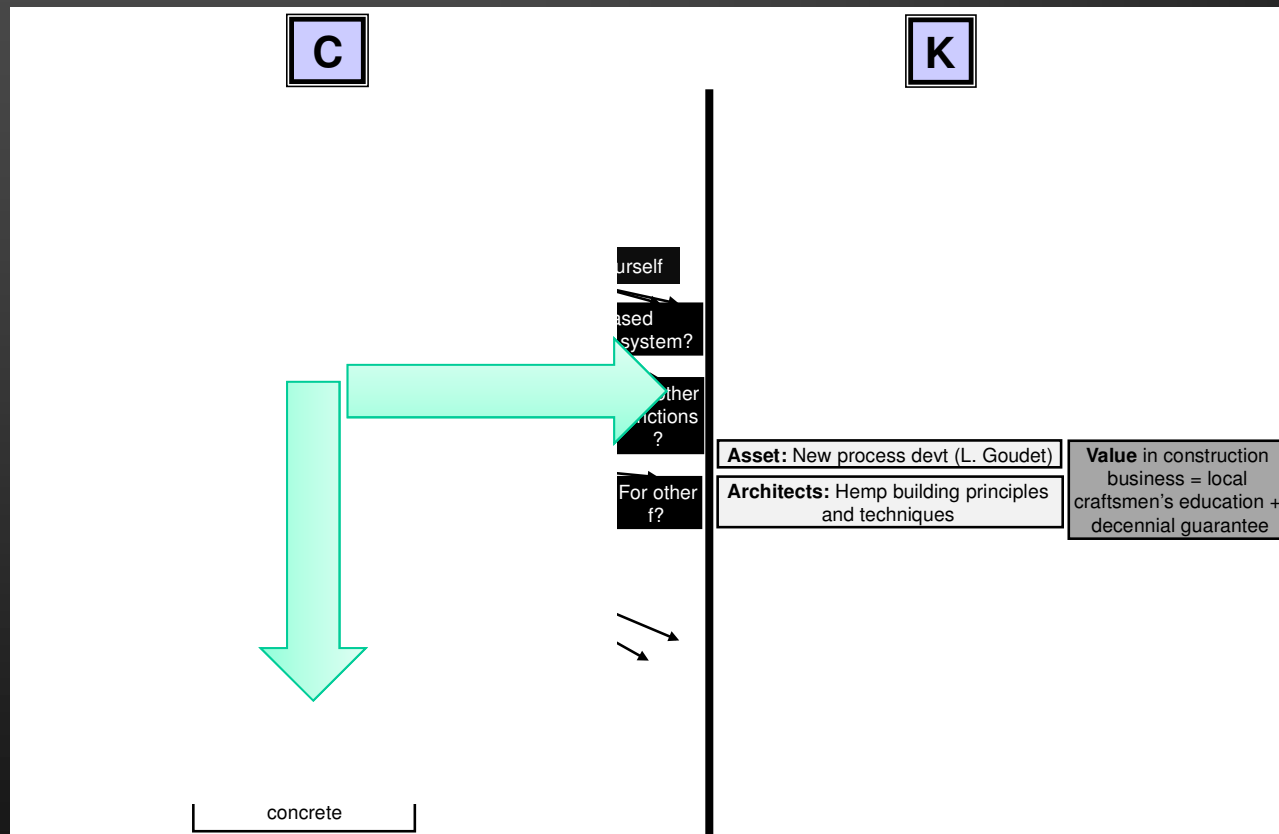


# Première phase



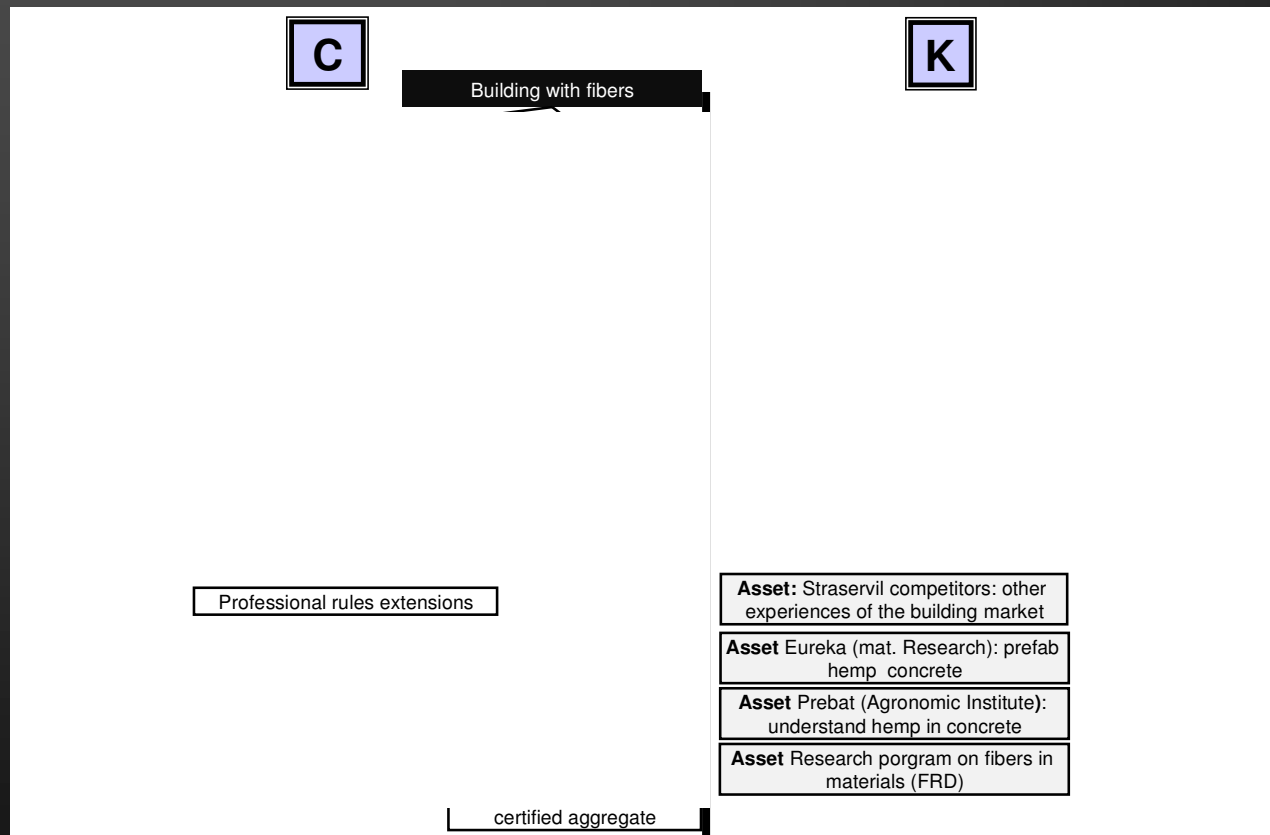
- Ouvrir des alternatives
- En mobilisant de nouveaux acteurs

# Deuxième phase



- Pousser à la réalisation
- Maintenir des alternatives
- Eviter les clivages

# Troisième phase



- Structuration de filières
- Poursuite de l'exploration
- Mise en place de structures de soutien (R&D)

# Le collectif « construire en chanvre »

- Un « miracle » !
- Capacité à surmonter les difficultés classiques :
  - Renforcer les expectations
  - Paralysie pour cause de luttes d'influence

- Des traits spécifiques :
  - Variété des participants (PME, grands groupes, ONG, univ,...)
  - Périmètre évolutif
  - Structuration (cœur / périphérie ; sous-groupes ; actions « projet »,...)

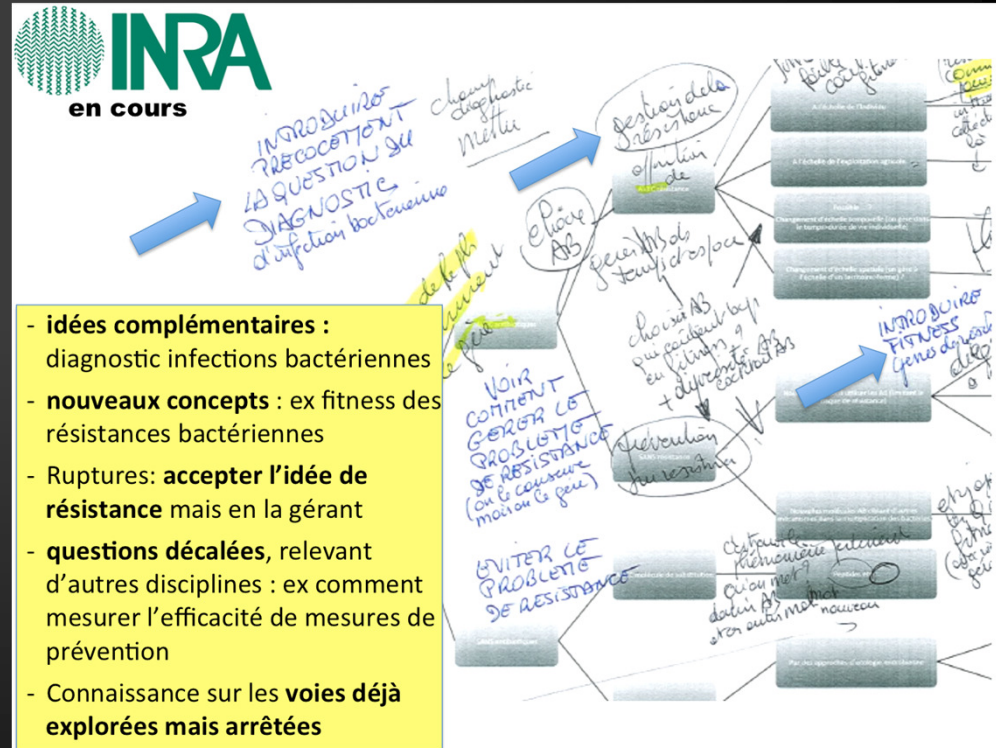
- Une logique d'action rigoureuse :
  - Ouverture d'alternatives
  - Maintien d'un équilibre entre « exploitation » et « exploration »
  - Favoriser l'implication de partenaires concepteurs (vs « purs financeurs »)

# Les architectes de l'inconnu : une capacité collective à explorer l'inconnu



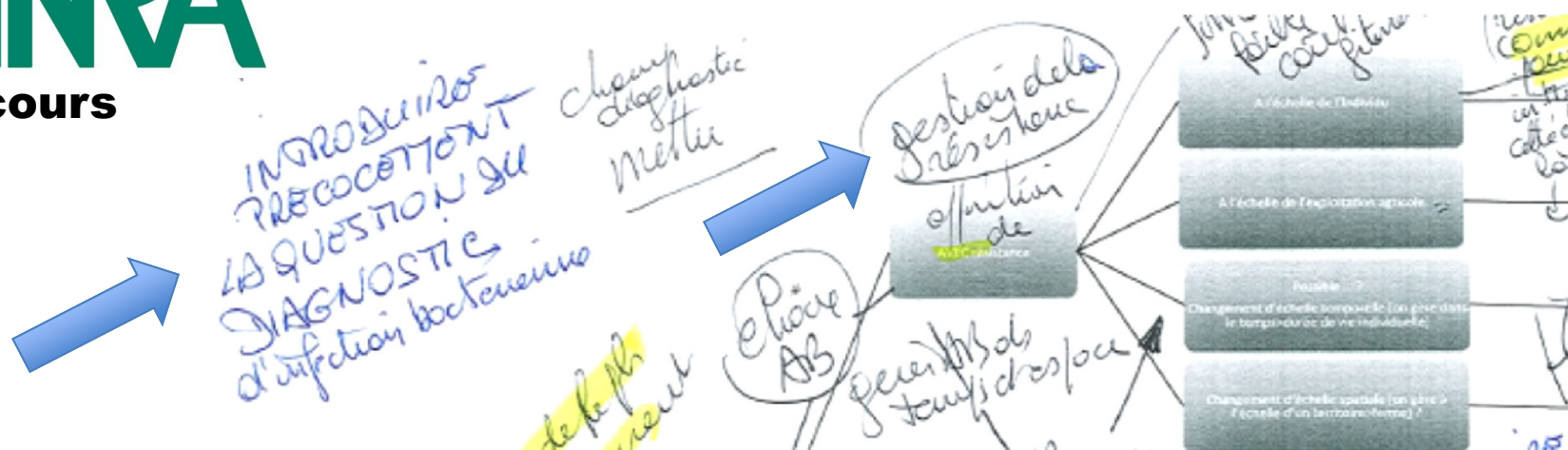
## Des exemples :

- Historique : la Lunar Society
- Big size : ITRS
- Privé : Ariel
- Agro-écosystèmes (Berthet 2014)
- Recherche : métaprogramme R2A2



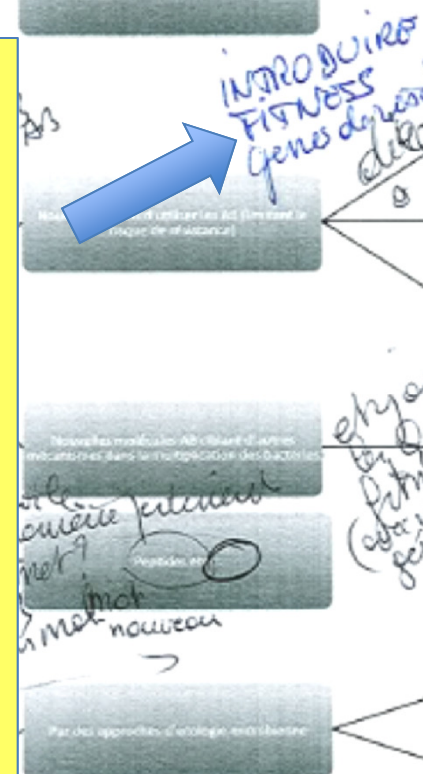
« We are not picking winners or losers »





### Evolution de la deuxième version :

- Introduction **d'idées complémentaires**, pour développer le raisonnement : ex diagnostic infections bactériennes
- Introduction de **nouveaux concepts** : ex fitness des résistances bactériennes
- Ajout d'approches **acceptant l'idée de résistance** mais essayant de la gérer...
- Apparition de **questions décalées** sur certains volets, relevant d'autres disciplines que celles pressenties : ex comment mesurer l'efficacité de mesures de prévention
- Réflexion sur les **critères d'arrêt** des voies déjà explorées mais arrêtées



# Conclusion : les « architectes de l'inconnu », ressource essentielle de la conception innovante

- Nécessité d'un nouvel acteur, « architecte de l'inconnu » (Agogué et al. 2012)
  - ni entrepreneur, ni grande entreprise, ni...
- Sa mission : éviter l'innovation orpheline !
- Son rôle : structurer un champ d'innovation et l'écosystème de concepteurs associé
- Ses méthodes :
  - Cognitif: expansion rigoureuse des connaissances et des concepts
  - Social: favoriser l'implication de concepteurs

## Enjeux :

Théorique – les  
inconnus communs non-  
appropriables  
(Le Masson Weil 2014)

Méthodes

Formation

Gouvernance



- 

