



## UE CYCLE DE VIE D'UN PRODUIT ET ANALYSE DE LA VALEUR

- ◆ Partie 1 : Cycle de vie d'un produit (2h40)
  - ◆ Partie 2 : Analyse de la Valeur (1h20)
- ◆ Partie 3 : Analyse Fonctionnelle Externe (1h20)
- ◆ Partie 4 : Analyse Fonctionnelle Interne (1h20)

Hervé Christofol, [herve.christofol@univ-angers.fr](mailto:herve.christofol@univ-angers.fr)  
 Laurent Saintis, [laurent.saintis@univ-angers.fr](mailto:laurent.saintis@univ-angers.fr)

## UE CYCLE DE VIE D'UN PRODUIT ET ANALYSE DE LA VALEUR

- ◆ Partie 1 : Cycle de vie d'un produit

E1. introduction et définitions de l'Innovation et de la conception

E2. théories de la conception

E3. théories de la conception innovante

E4. Analyse de la valeur et processus de développement,

E5. ingénierie système et processus de développement de systèmes complexes

E6. projets et organisation matricielle

carsharing solution, e-Colibri™, Mobility Tech Green



Hervé Christofol,  
[herve.christofol@univ-angers.fr](mailto:herve.christofol@univ-angers.fr)

## DÉFINITIONS DE L'INNOVATION

« La **première application commerciale** ou la production d'un nouveau produit ou processus » [Freeman 83]

« Le **processus** qui conduit de **l'invention** à sa **diffusion** » [Kelly, Kranzberg 78]

« La **transformation** d'une idée en un **produit nouveau** ou amélioré **utilisé dans l'industrie ou le commerce**, ou en une **nouvelle démarche** à l'égard d'un service social » [OCDE 94]

« *L'innovation, c'est une situation qu'on choisit parce qu'on a une **passion brûlante** pour quelque chose.* » [Steve Jobs]

« L'innovation se planifie et s'organise :

- pas d'innovation sans **sanction par le marché** ;
- pas d'innovation sans **conception** ;
- pas d'innovation sans **entreprises innovante** » [Perrin 04]

Concepts : processus, marché, invention, entreprise, diffusion, CONCEPTION...

[Kelly Kranzberg 78, Freeman 83], Maunoury 72, Caldecote 79, Manuel de Fracasti OCDE 94, Perrin 04]

## DÉFINITIONS DE LA CONCEPTION

◆ Définitions :

- « **Activité de pose et de résolution de problèmes, de recherche d'heuristique de solutions, d'évaluation et de décision** » [Simon 69]

- « **Activité créatrice** qui, partant des **besoins exprimés** et des **connaissances existantes**, aboutit à la **définition d'un produit satisfaisant** à ces besoins et **industriellement réalisable** » [AFNOR 88]

- « La conception permet de **transformer une invention en innovation réussie**, ou **d'élargir l'utilité d'une innovation existante** » [Oakley 90]

- « La conception est une activité **complexe** nécessitant l'intégration de **≠ points de VUE** (cognitifs, techniques, sociaux, économiques, organisationnelles, ...) fournissant chacun des **exigences** et des **contraintes** souvent mal connues au début du **projet** et **évolutives** » [PAL 96, BONJOUR 06]

Concepts : création, besoin, connaissances, produits, projet, points de vues, exigences, industrialisation, invention, innovation, utilité, ...

[Oakley 90, Pye 78, Pahl et Beitz 84, Caldecote 79, Simon 69, Walsh, Robin, Bruce et Potter 92, Perrin 04]

## DEUX ACCEPTIONS DE LA CONCEPTION

### 2 points de vue

- ◆ activité cognitive : *analyse/recherche, synthèse/génération, évaluation, management, réflexion, transfert*
  
- ◆ processus organisé :
  - *Formalisé (phases, ERI), complexe (dialogiques ordre/désordre et objet/sujet), intégré (métiers et collaborations)*
  - *1. Conceptual design 2. detail design 3. Embodiment 4. prototype evaluation verification*

[Jones 63, Cross 00, Sim & Duffi 03] ;  
[Bucciarelli 84, Tichkievich 95, Christofol 95, Hubka & Eder 96, Aoussat 00, Perrin 04]

## Partie 1 : CYCLE DE VIE DES PRODUITS



GLINT PHOTONICS Hero  
Hero is the first track luminaire  
to give users the ability to aim  
light without tilting the luminaire  
itself

Hervé Christofol,  
[herve.christofol@univ-angers.fr](mailto:herve.christofol@univ-angers.fr)

E2. théories de la  
conception

## Approches théoriques de la conception

### ◆ 6 théories de la conception

- Théorie "résolution de problèmes" : Simon (1969)
- Théorie évolutionniste : Gero (1995)
- Théorie Systématique : Pahl & Beitz (1977)
- Théorie Axiomatique : Suh (1988)
- Théorie fractale : Christofol (1995)
- Théorie C-K (unifiée) : Hatchuel et Weil (1999)

## résolution de problèmes (Simon, 1969)

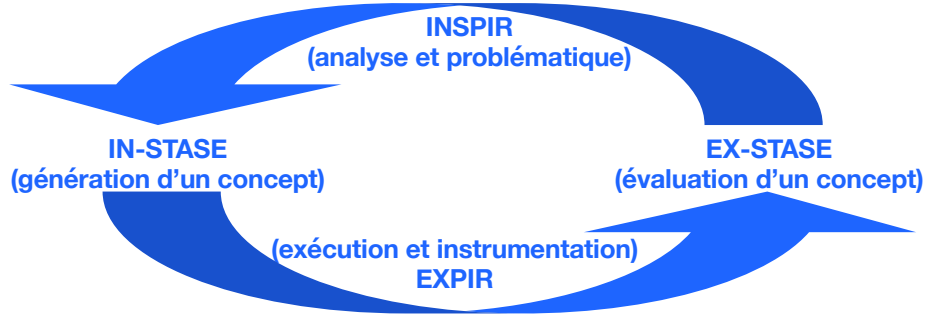
### LA CONCEPTION : RAISONNEMENT DE POSE ET RDP



- ◆ La conception est un raisonnement qui conduit à poser puis résoudre des problèmes
  - Problem setting
  - Problem solving
- ◆ Caractéristique de l'activité
  - Problème « ouvert »
  - Rationalité limité
  - Pragmatique, opportuniste, réflexive
- ◆ Champ d'application
  - Ingénierie, architecture, psychologie, ...

# La conception comme un raisonnement

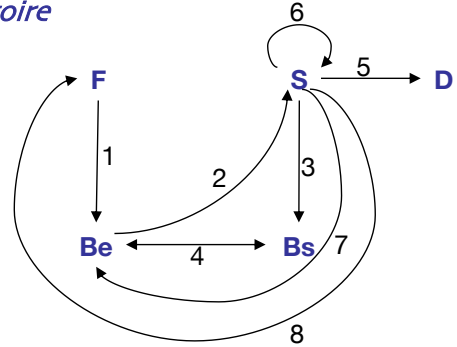
[FINDELI 94]  
Unité structurelle élémentaire du processus de design



Analogie respiratoire

[GERO 04]  
The FBS Framework

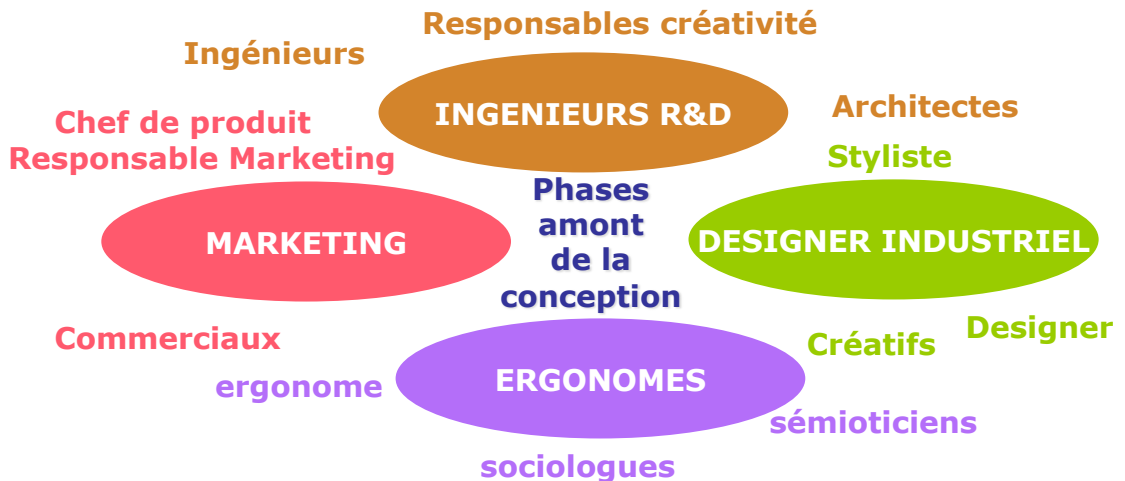
Be : expected Behaviour  
Bs : Behaviour derived from structure  
D : design description  
F : Function  
S : Structure  
: transformation  
: comparison



The Function Behaviour Structure Framework

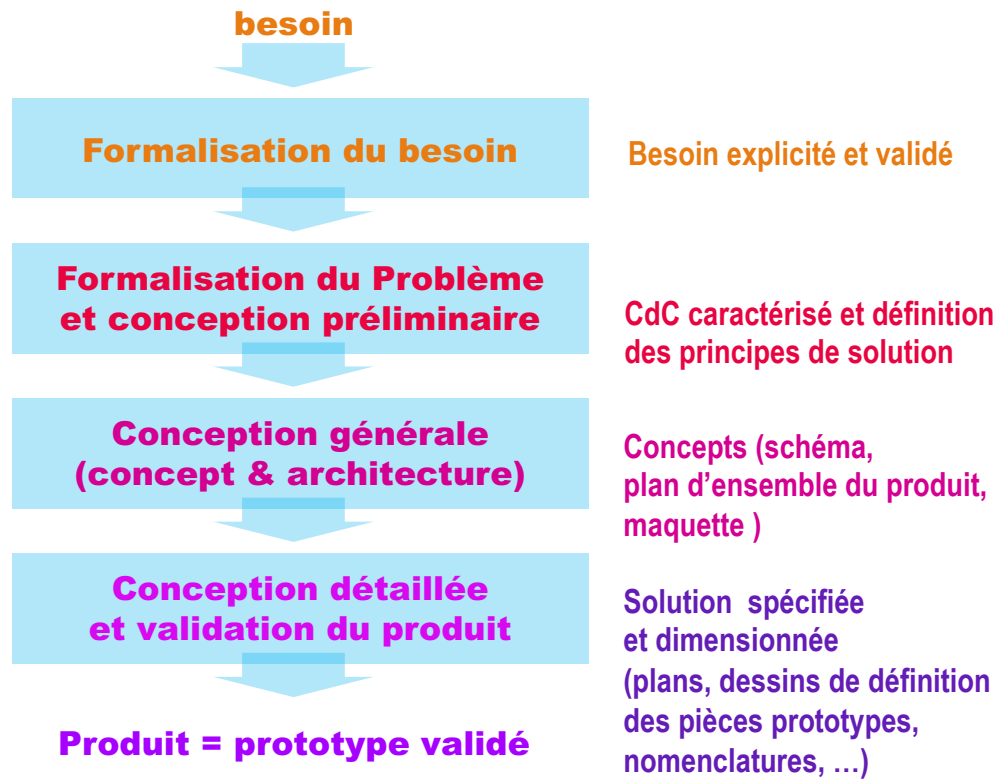
[FINDELI 94, GERO 04]

# Les raisonnements des métiers impliqués en phases amont de la conception



raisonnements	rigoureux	flou
généralisant	INDUCTION	ANALOGIE
discriminant	DÉDUCTION	ABDUCTION

# Systematic approach (Pahl et Beitz, 1996)

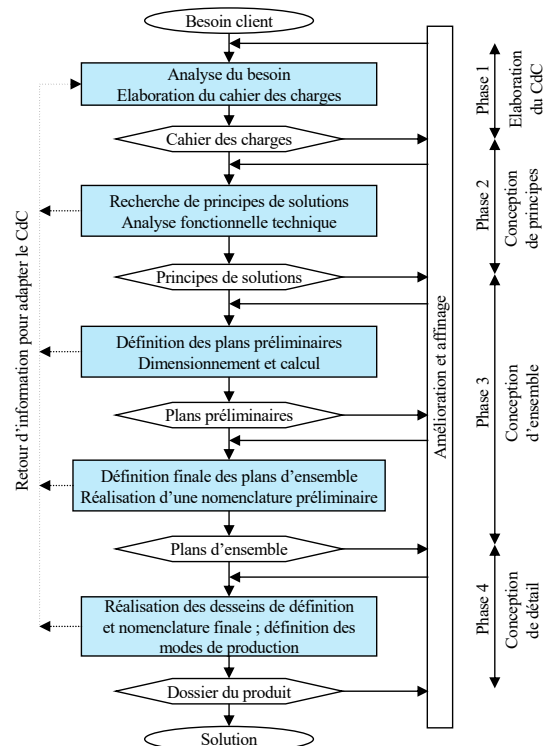


[PAHL & BEITZ 84, AOUSSAT 90, LE COQ 92, HUBKA 94, QUARANTE 94]

# Théorie systématique (Algorithmique)

## Organisation hiérarchique

- **Phases**
  - Indépendantes
  - Bases de connaissances spécifique à chaque phase
- **Étapes**
  - Analyse
  - Synthèse



[PAHL & BEITZ 84, AOUSSAT 90, HUBKA 94]

## Approche systématique

### ◆ Intérêts

- Structuration du processus de conception
- Adaptée aux méthodes de gestion de projet PERT, GANTT, Concurrent Engineering, ...
- Maîtrise des coûts et possibilité de planification
- Évaluation de chaque phase du processus
- Capitalisation de connaissances

### ◆ Limites

- Processus de conception séquentiel monotone : modèles classique linéaire et hiérarchique
- Nécessité d'un cahier de charges produit : planification et clarification des tâches
- Recours à des métiers existants
- Cadre d'application de solutions connues et de la conception routinière
- Difficulté de structuration du processus de conception relativement à l'organisation de l'entreprise
- Ne précise pas les opérations, méthodes et outils associés à chaque étape du processus
- Ne favorise pas l'innovation et la créativité

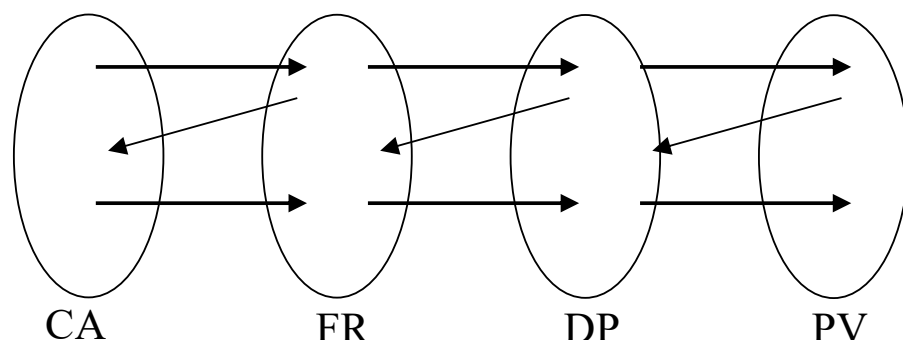
[Le Masson 01]

## Axiomatic Design (Suh N., 1990)

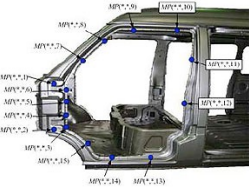


### ◆ Zig zag entre 4 espaces :

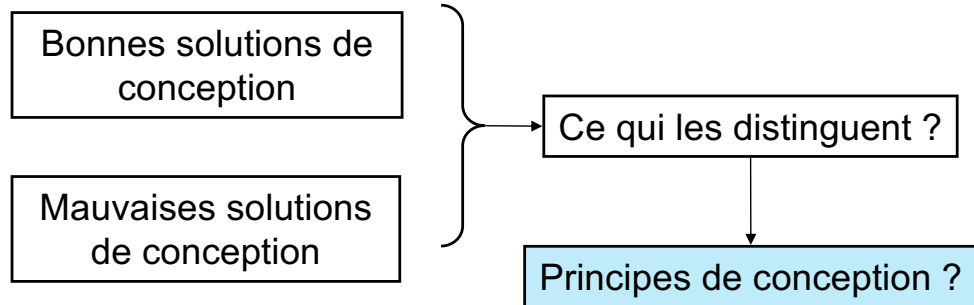
- Customer Attributes (CA)
- Functional Requirements (FR)
- Design parameters (DP)
- Process Variables (PV)



# Théorie axiomatique



## ◆ Existe-t-il des principes de conception ?

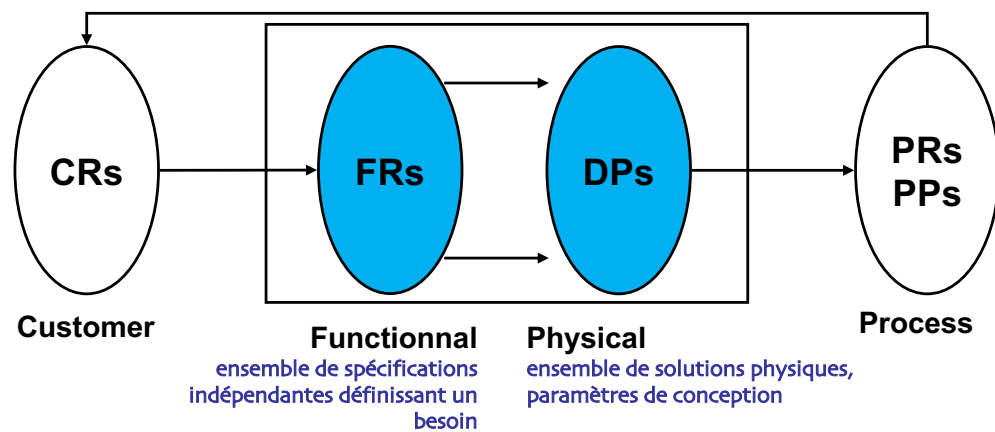


## ◆ Axiomes

- Permettent d'identifier les bonnes conceptions dans un nombre infini de conceptions possibles

[Suh, 1988]

# Principe



- ◆ Parallèle entre domaines de conception (clients, fonctionnel, physique, processus)
- ◆ Représentation de l'activité de conception de manière analytique
  - $\{FRs\} = [M] \{DP\}$  : définition de la matrice de transfert M
- ◆ Projection entre deux domaines adjacents
- ◆ Règles de conception ou axiomes menant à une bonne conception



◆ Indépendance

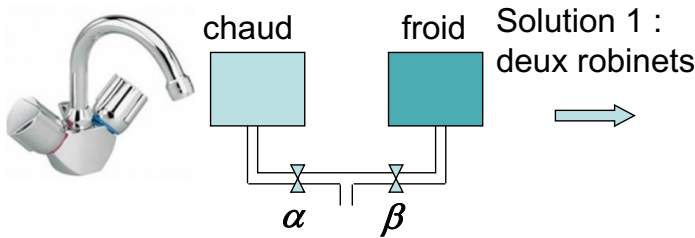
- Une conception menant à des fonctions découplées est meilleure qu'une conception menant à des fonctions fortement couplées
- Un DP spécifique est défini/modifié pour satisfaire son FR sans affecter d'autres FRs
- Formes spécifiques de la fonction [F]

◆ Information

- Une conception avec moins de contenu informationnel mais répondant aux besoin fonctionnels est meilleure

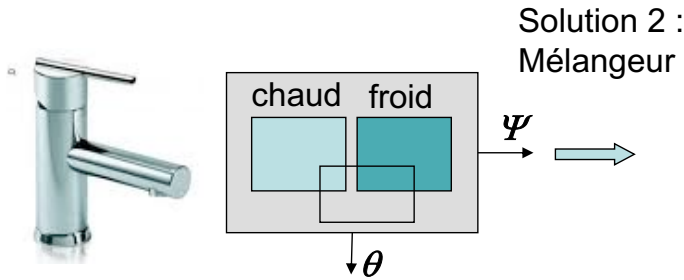
◆ Conception du Mélangeur

- FR1 : le flux
- FR2 : la température
- Deux source d'eau : froid ( $T_b$ ) et chaud ( $T_h$ )



	$\alpha$	$\beta$
Flux	X	X
Température	X	X

e



	$\theta$	$\psi$
Flux	X	
Température		X

## ◆ Intérêts :

- Modularité de la conception : division du travail
- Évaluation du résultat
- Concision des spécifications

## ◆ Limites

- Processus de conception monotone
- Raisonnement en termes de solutions techniques
- Pas de précision sur le processus de génération des solutions : par exemple les DP
- Point de départ du processus



HEI TECHNOLOGY  
INTERNATIONAL GMBH  
hei libertas - solar energy tubes

E3. théories de la  
conception innovante

Hervé Christofol,  
[hervé.christofol@univ-angers.fr](mailto:hervé.christofol@univ-angers.fr)

# Théorie fractale

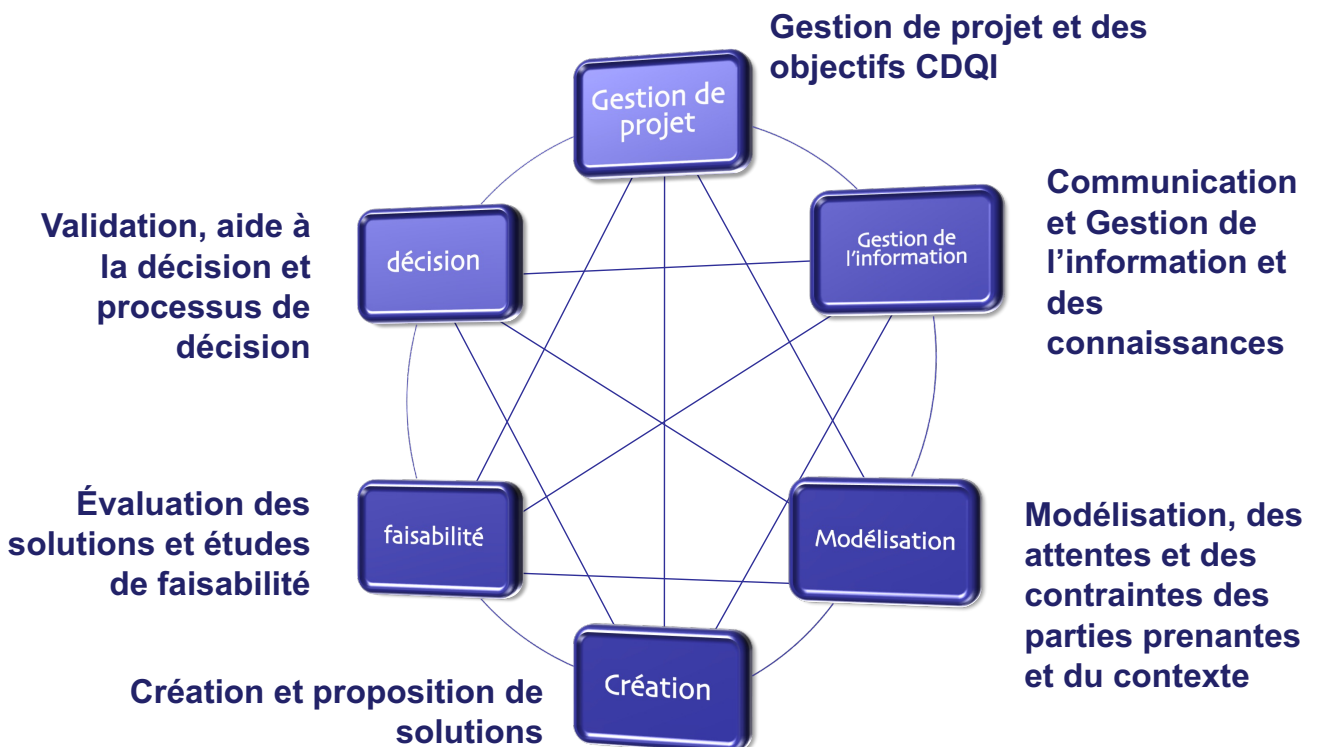
## ◆ Les échelles fonctionnelles :

- Les raisonnements (minutes)
- Les activités (heures)
- La gestion de projet (jours)
- L'apprentissage (mois)

## ◆ Les concepts d'homothéties :

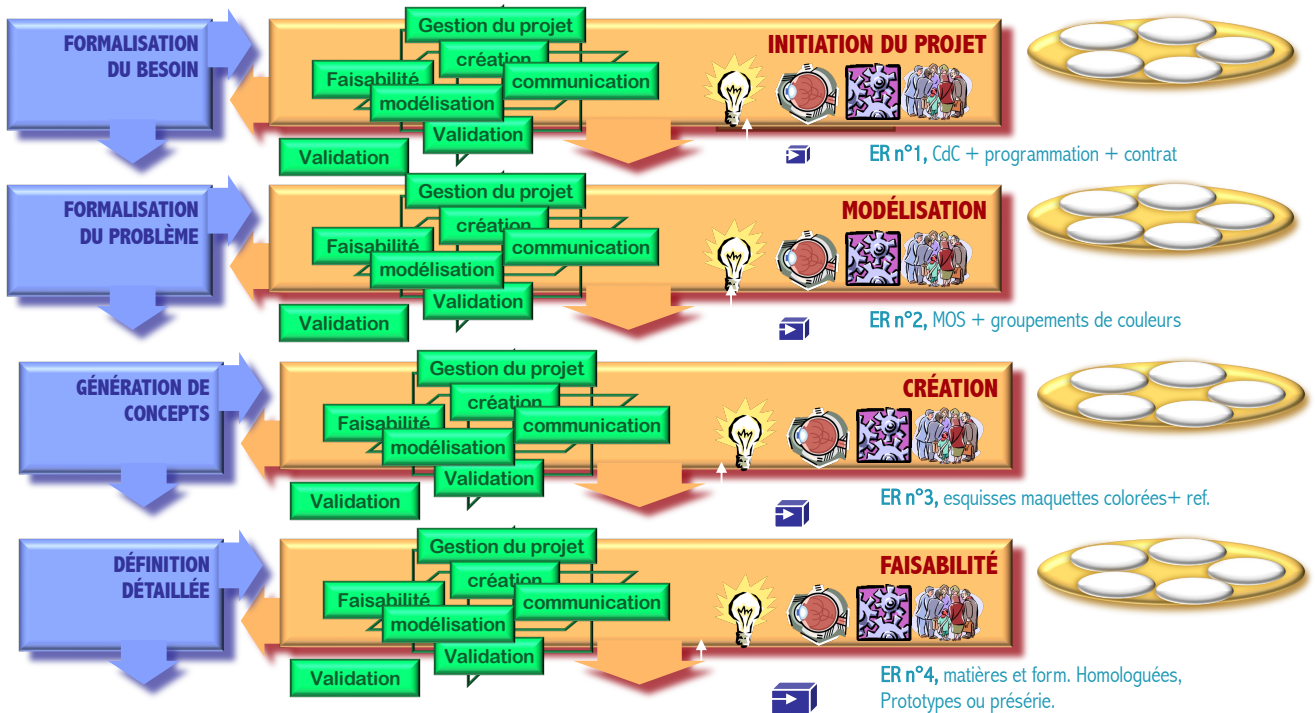
- parallèles
- Séquentielles
  
- À un même niveau
- Entre les niveaux.

# Les activités de la CONCEPTION



# Le modèle fractal des activités de la conception<sup>23</sup>

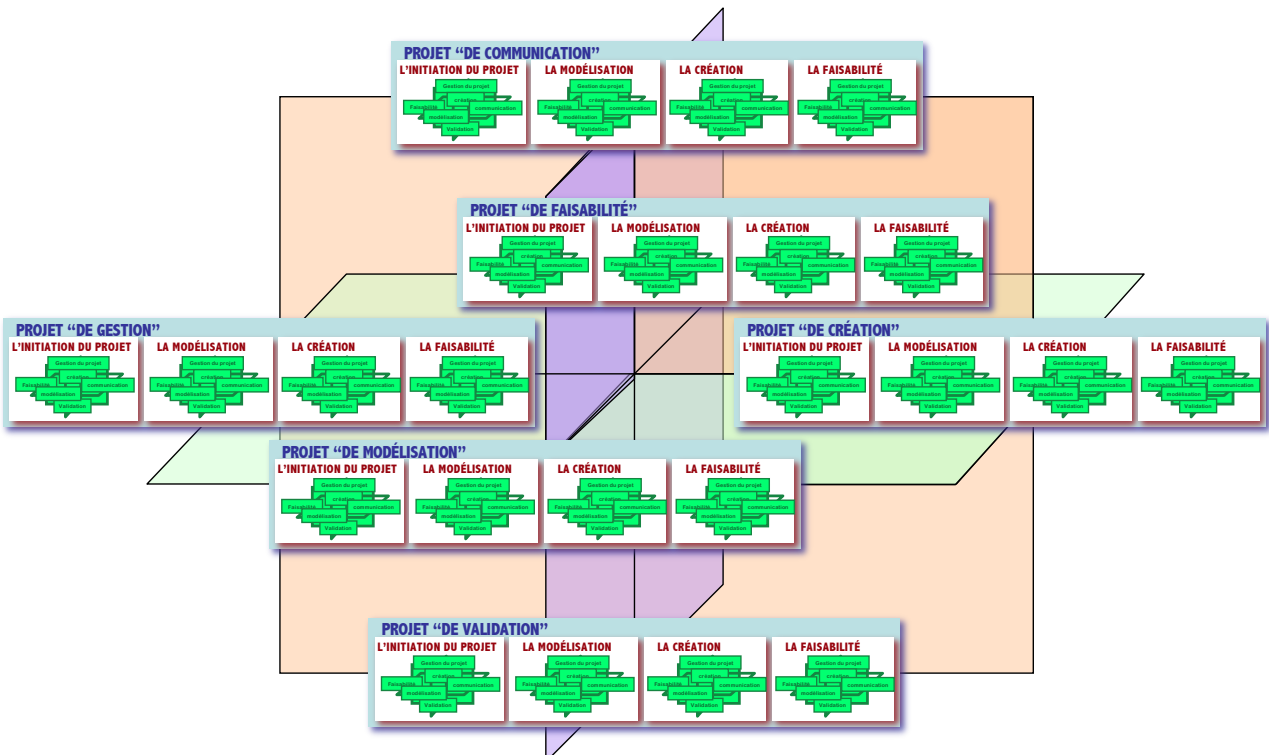
Formalisation, intégration, opérationnalité, créativité, adaptation



[Christofol 1995, 1997]

# Le modèle fractal : LE PROCESSUS D'APPRENTISSAGE

HOMOTHÉTIE INTERNE ENTRE LES 3 NIVEAUX DU MODÈLE



[Christofol 1995, 1997]

## Théorie fractale

### ◆ Avantages :

- Plus proche des fonctionnements réels;
- Distinction et articulation des différents niveaux de la conception;
- Compatible avec les outils de gestion de projet;
- Évite les « retour en arrière » en cas de non validation des livrables d'une activité;

### ◆ Limites :

- Peu connue;
- Non supportée par des outils informatisés.

## Théorie C-K : unifiée

### ◆ Créativité :

- activité psychologique, imagination,

### ◆ Conception :

- métier d'ingénieur : méthodes

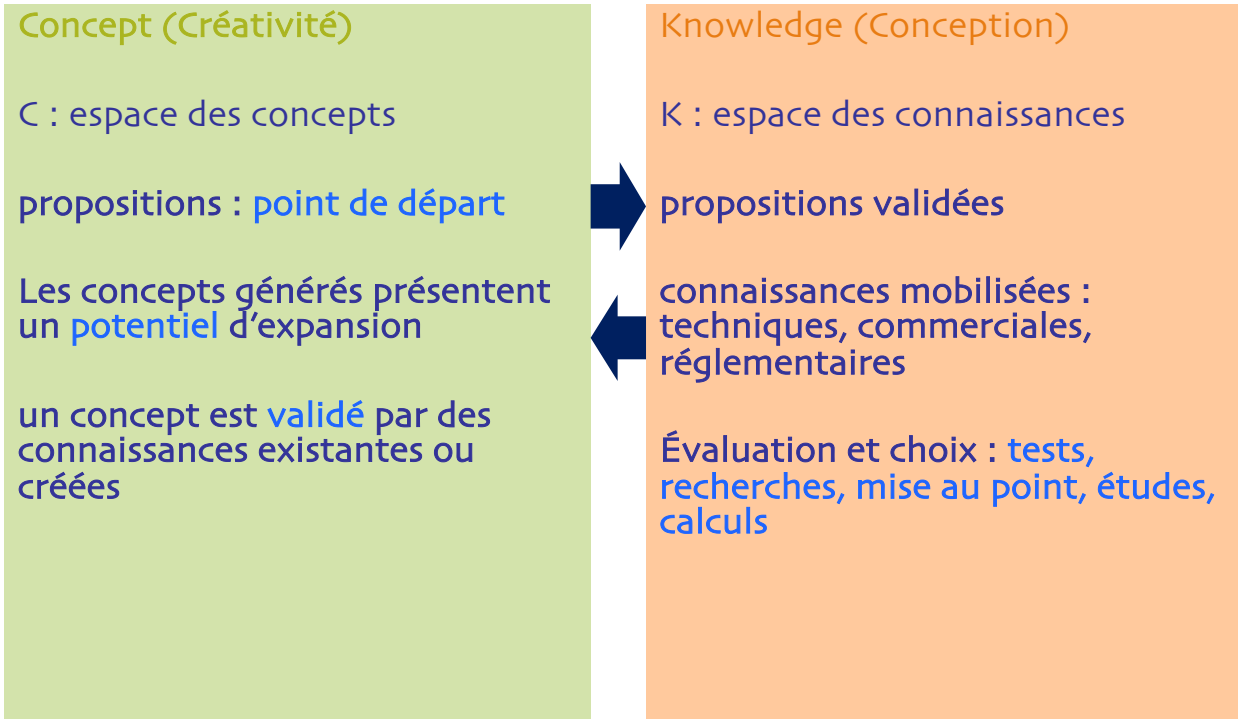
### ◆ Innovation :

- combinaison

### ◆ Passage de la création à l'innovation : la conception industrielle

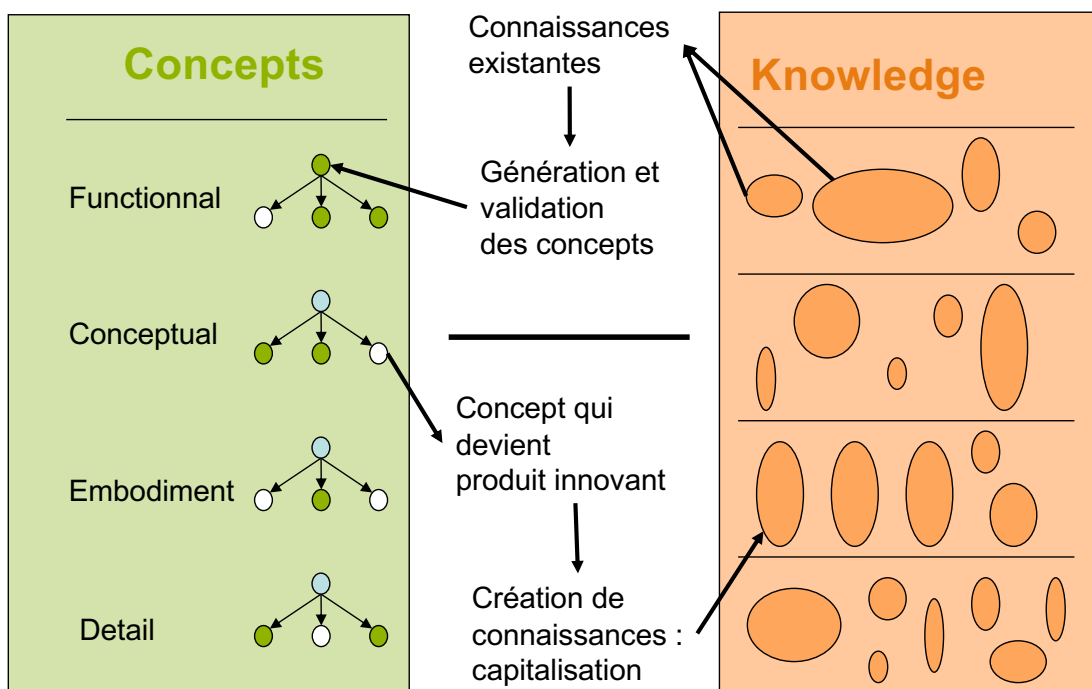
- Variétés des solutions
- Revoir l'identité même des objets
- Explorer le monde
- Créer un climat collectif favorable

# Conception innovante



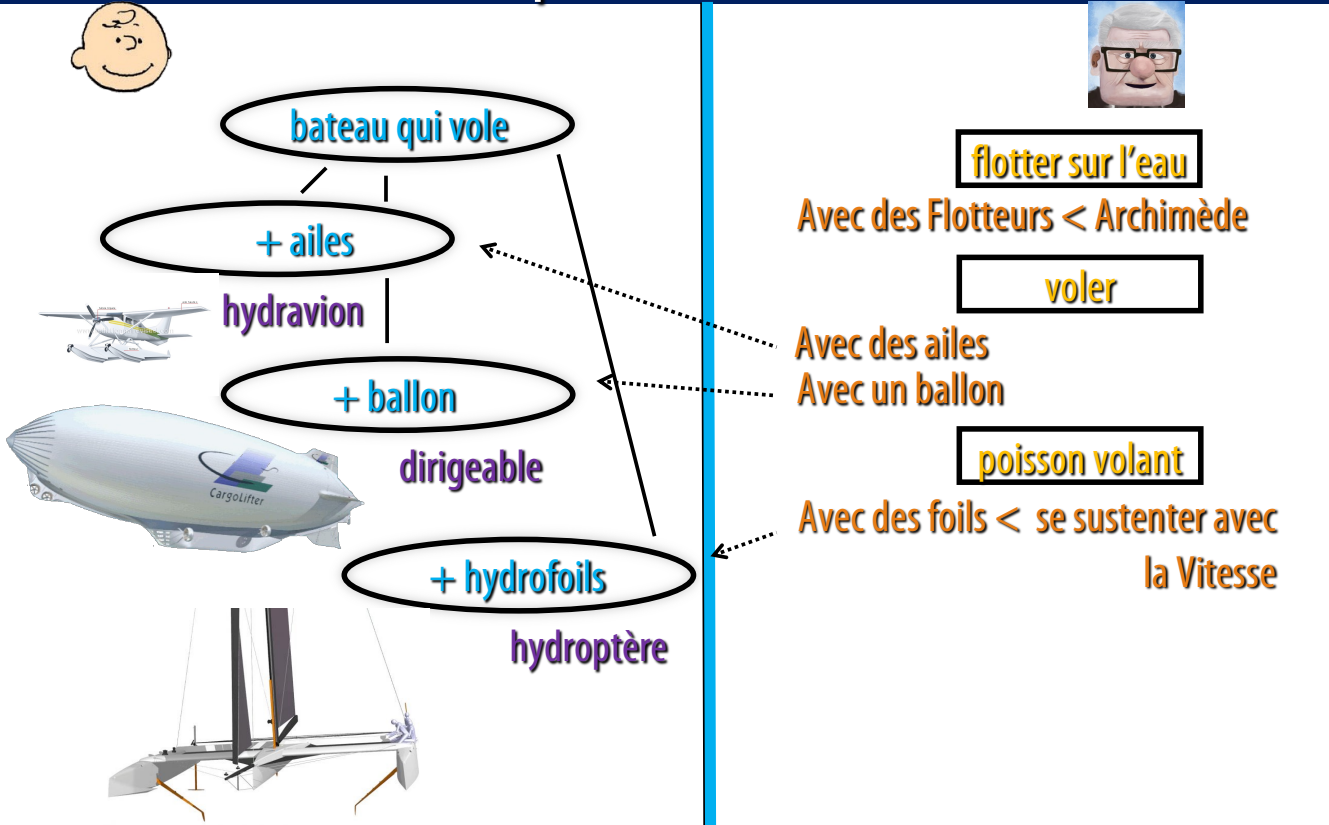
[Hatchuel & Weil 99]

# Deux espaces : C & K



[Hatchuel & Weil 99]

# concept C K connaissance



[BLANCHARD & CORSI 2013]

## Les deux cerveaux

**G**

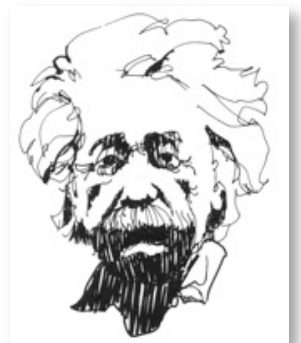
**D**

verbal  
analytique  
symbolique  
abstrait  
temporel  
rationnel  
digital  
logique  
linéaire

non verbal  
synthétique  
concret  
analogique  
intemporel  
irrationnel  
spatial  
intuitif  
global



$1+1 = 2$



$1+1 = 3$

[BLANCHARD & CORSI 2013]

Observez cette liste et dites la **COULEUR** de chaque mot, pas le mot lui-même



la partie droite de votre cerveau  
essaye de dire la couleur  
alors que la partie gauche  
insiste pour lire le mot

évolution



**pensée nette**  
**convergente**  
**incrémentale**  
**affaires**

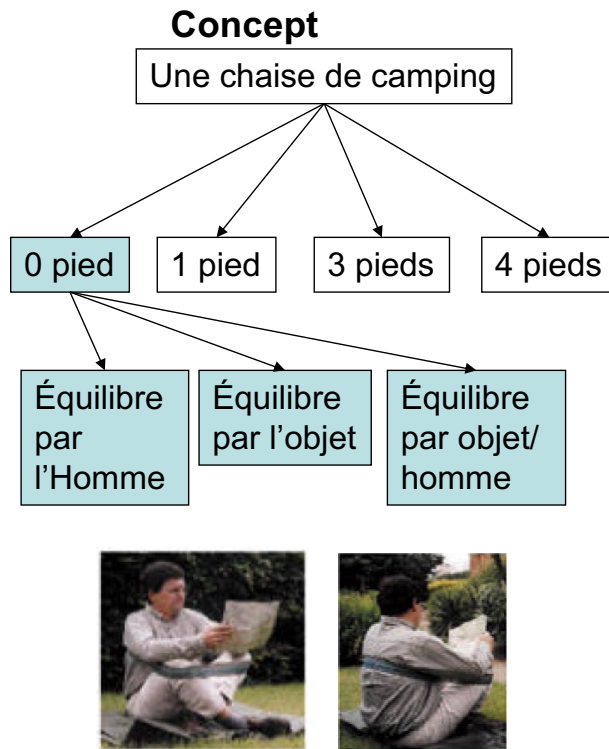
révolution



*pensée floue*  
*divergente*  
*rupture*  
*créatifs*



# Exemple : C-K



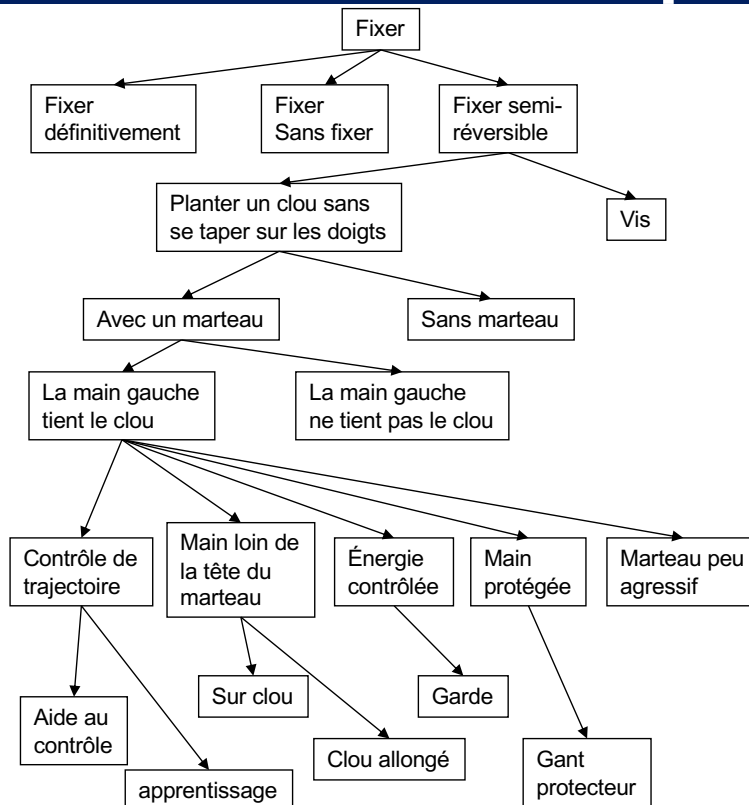
## Connaissances

Connaissances sur  
 - Camping  
 - Chaise  
 - Chaise de camping

Connaissances sur  
 l'équilibre en  
 position assise

[Hatchuel 04]

# Exemple du Porte-Clou



Planter un clou =  
 marteau main droite,  
 Clou main gauche,  
 énergie apportée par chocs

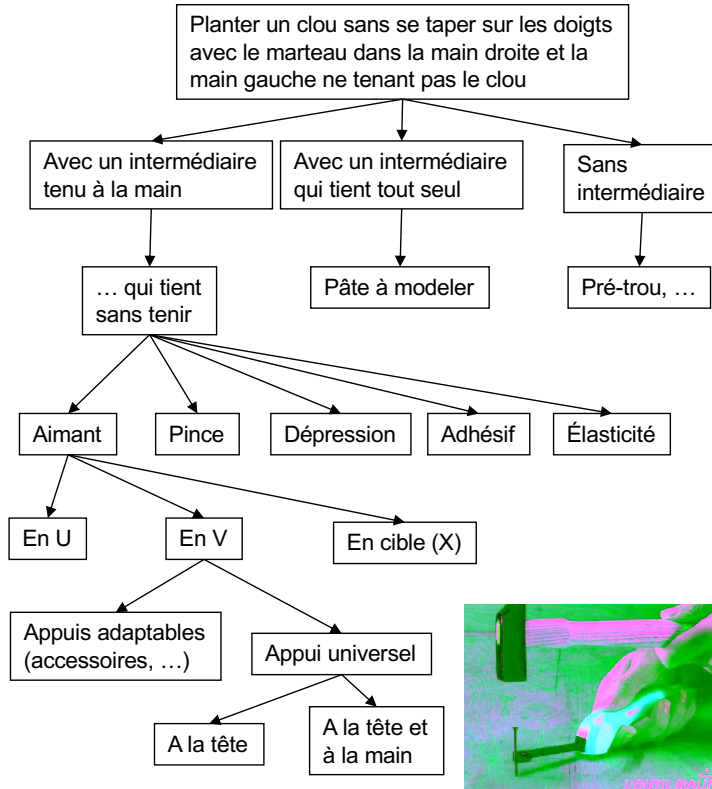
Enfonçage du clou =  
 rupture +  
 déformation plastique +  
 déformation élastique

Clou = pointe + longueur +  
 diamètre de la tête

Sans taper sur les doigts =  
 Proximité main/clou +  
 Contrôle de trajectoire +  
 Énergie – rebond mal  
 contrôlée  
 - Main fragile  
 - Marteau agressif

[Hatchuel 04, Chapel et Tetaz, "le porte clou Avanti"]

# Exemple du Porte-Clou



Rôle de la main gauche =

- positionner
- tenir
- guider
- libérer

Tenir sans tenir = temporairement, pour un mouvement de translation (fixer en (x,y))

Positionner aisément =

- Adaptation / universel selon clou
- Voir (x,y) + repérer l'axe z

Guider =

- Axe Z et appui sur le support
- adaptation / universel selon surface

[Hatchuel 04, Chapel et Tetaz, "le porte clou Avanti"]

# Partie 1 : CYCLE DE VIE DES PRODUITS

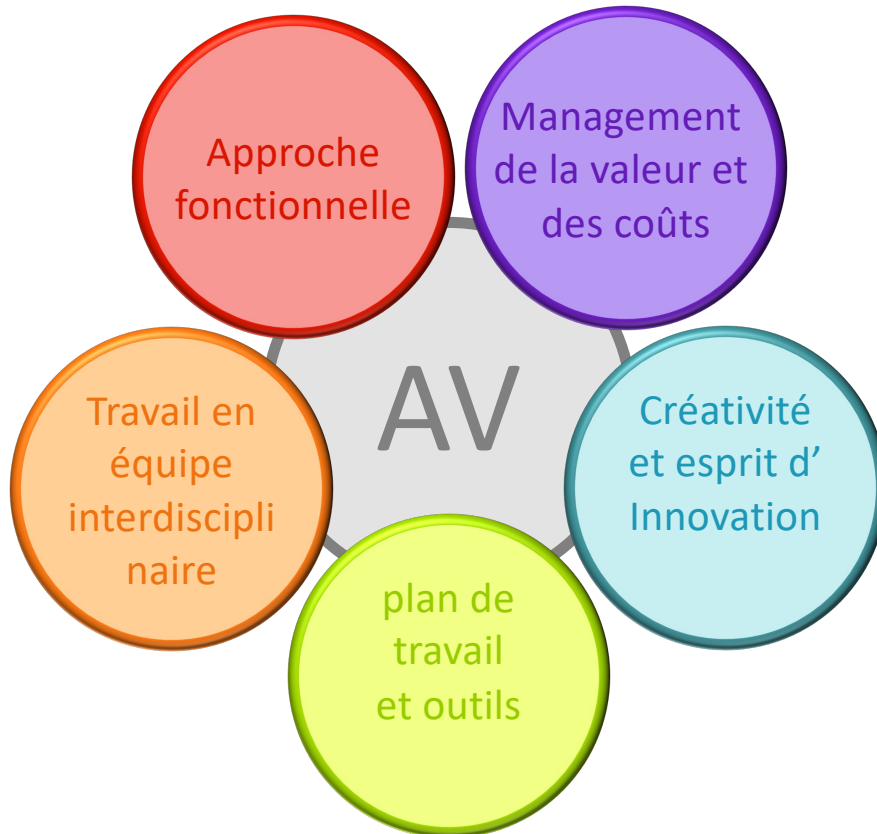


CES 2020 INNOVATION AWARD PRODUCT  
Opte™ Precision Skincare System

E4. Analyse de la valeur et processus de développement

Hervé Christofol,  
[herve.christofol@univ-angers.fr](mailto:herve.christofol@univ-angers.fr)

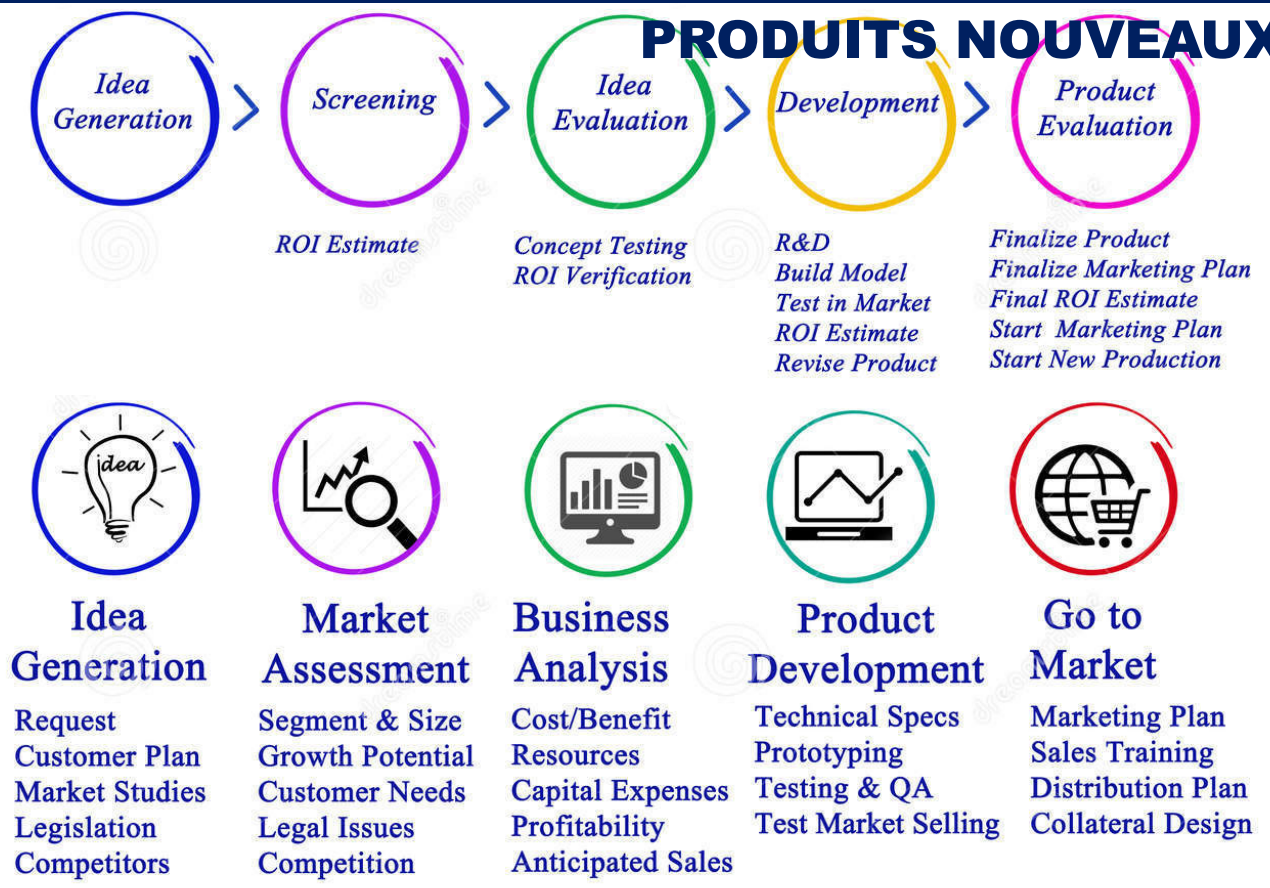
## LES 5 PRINCIPES DE L'ANALYSE DE LA VALEUR



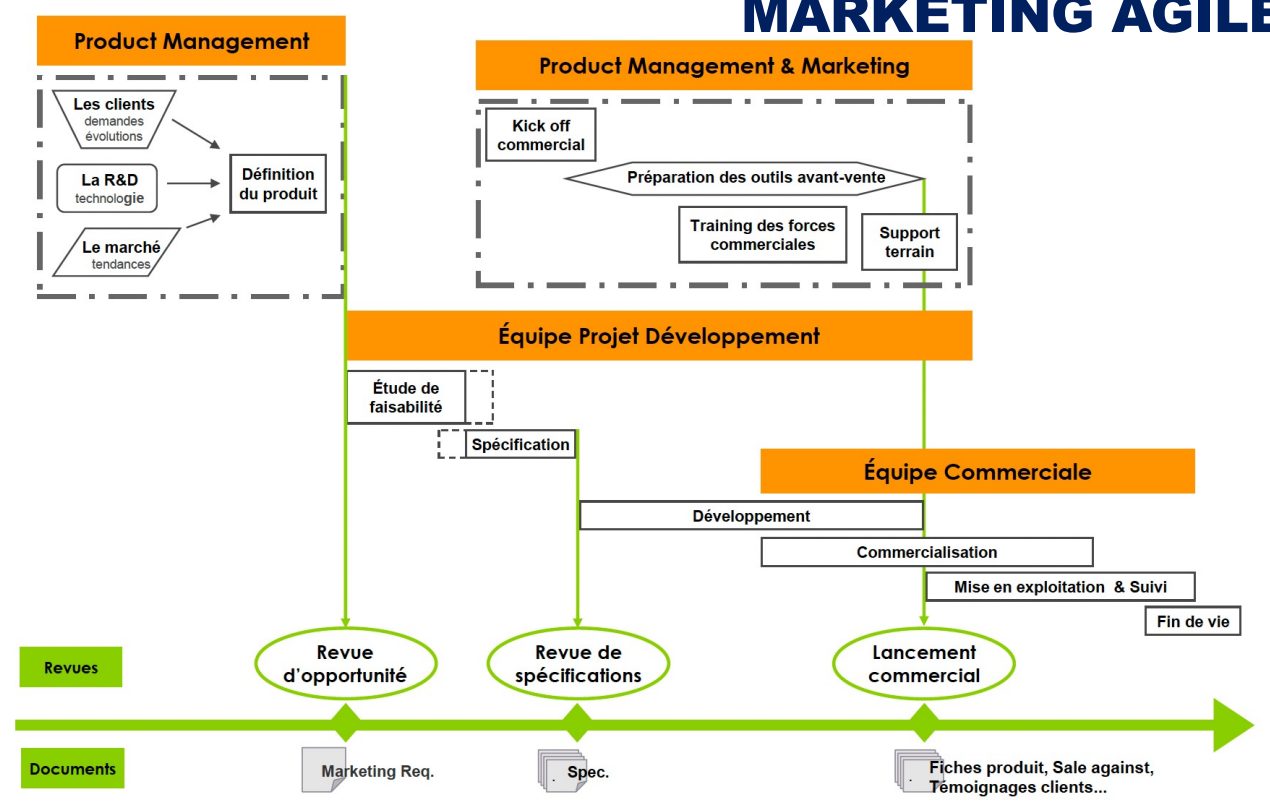
## LES 7 PHASES DE LA MÉTHODE ANALYSE DE LA VALEUR

1. Orientation de l'action (AF du besoin) : "bête à cornes"
2. Recherche d'information : "veille technologique, concurrentielle, ..."
3. Examen Fonctionnel : "pieuvre, BdF, FAST, TAF, ..."
4. Recherche de solutions : "outils de créativité"
5. Étude et Évaluation des solutions : "analyses multicritères"
6. Bilan prévisionnel et Choix : "aide à la décision"
7. Réalisation : "tableaux de bord"

# PROCESSUS DE DÉVELOPPEMENT DE PRODUITS NOUVEAUX



# CYCLE PRODUIT – PRODUCT MANAGEMENT MARKETING AGILE



# Exemple de processus de conception

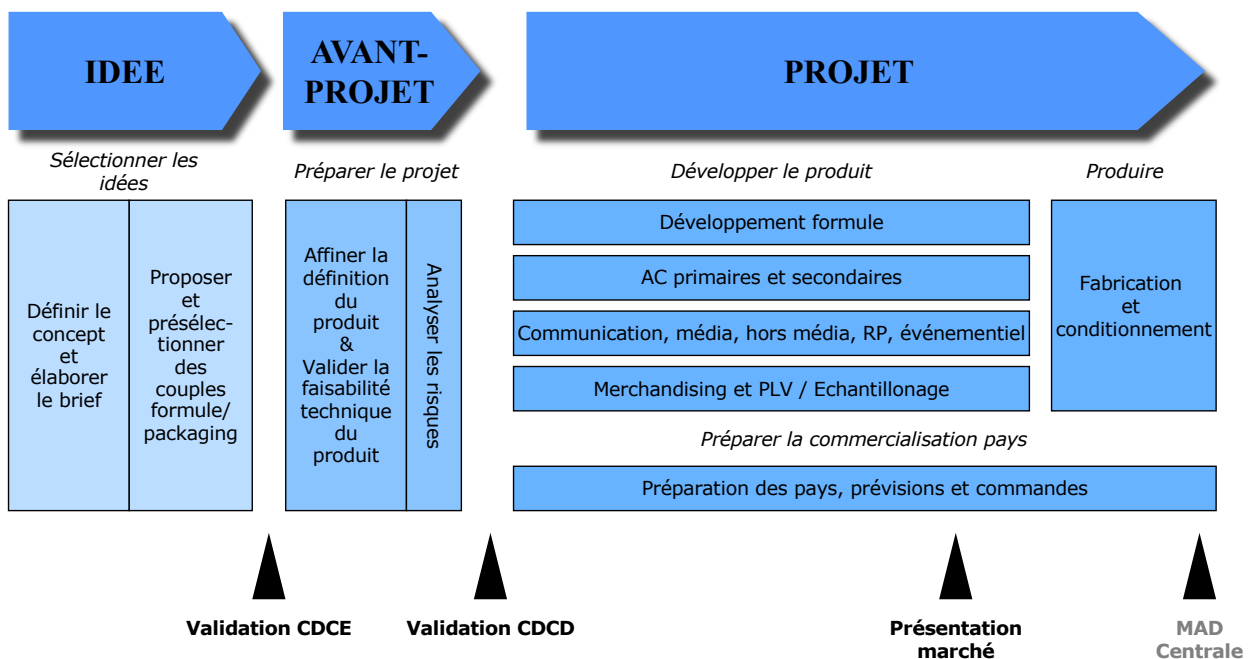
## ◆ Diversité industrielle et aspects académiques

- ◆ *Loréal (soin du corps)*
- ◆ *Bourjois (mascarat)*
- ◆ *Généralités sur cycle en V*
- ◆ *Airbus-EADS (avion)*
- ◆ *SNECMA-Safran (moteur d’avion)*
- ◆ *Jonhson Controls (carte électronique embarquée)*

[Yannou & Scaravetti 06]

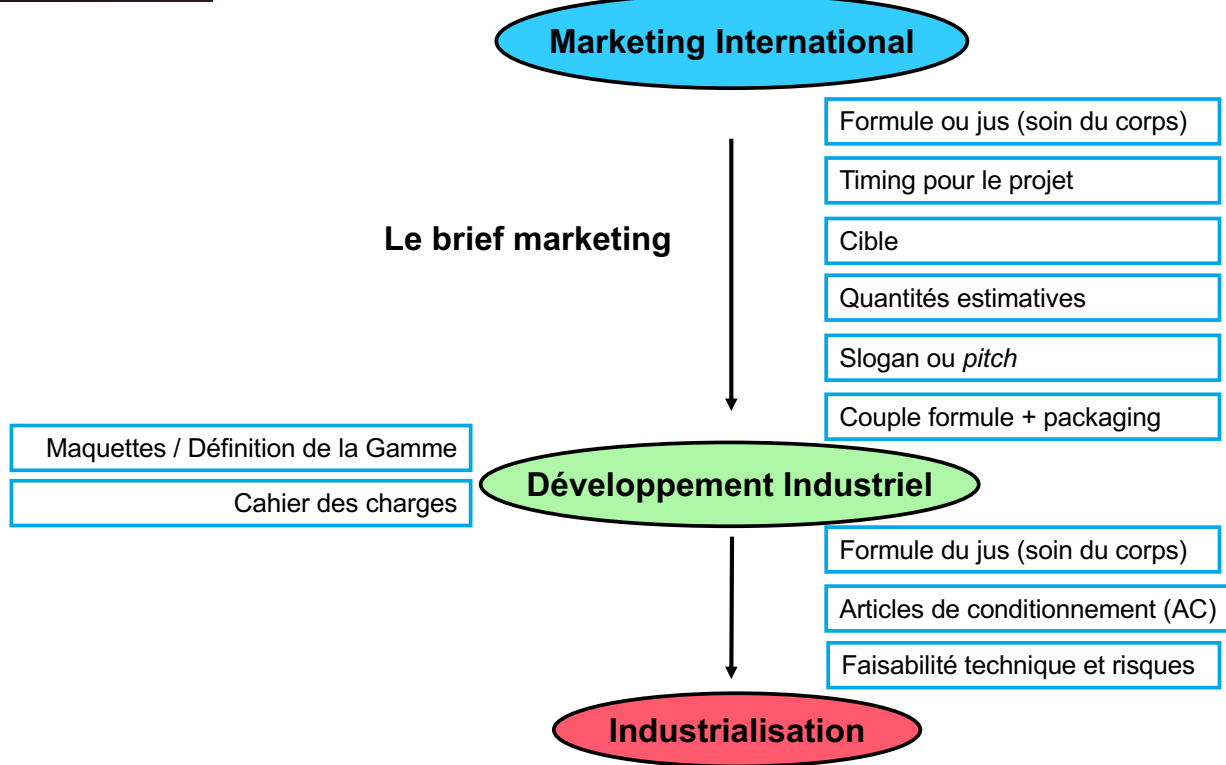
# Le cycle de développement

## L'ORÉAL Les grandes phases d'un lancement de projet



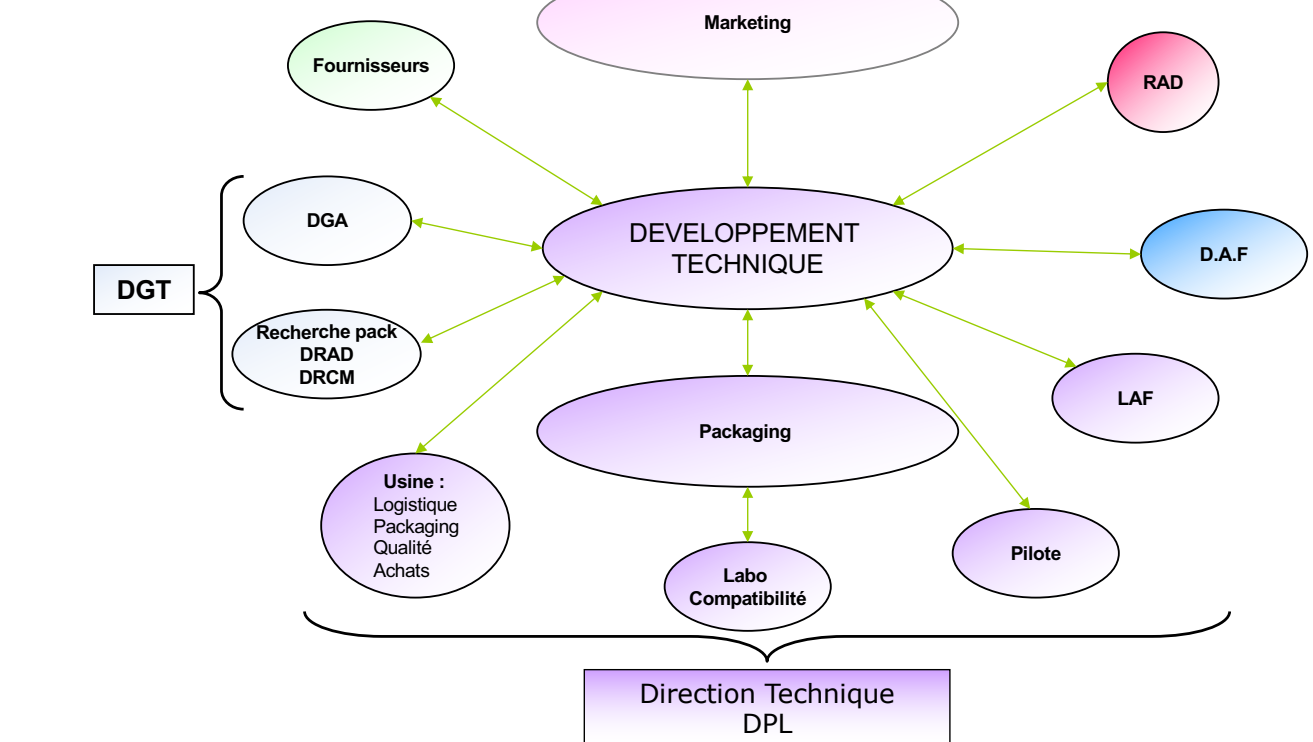
[Yannou & Scaravetti 06]

# Structuration du dévpt. industriel chez L'Oréal



[Yannou & AI, Diversité industrielle de déploiement des projets de conception, 06]

# Les interlocuteurs/acteurs du développement



[Yannou & Scaravetti 06]

# Les grands métiers du développement industriel

L'ORÉAL

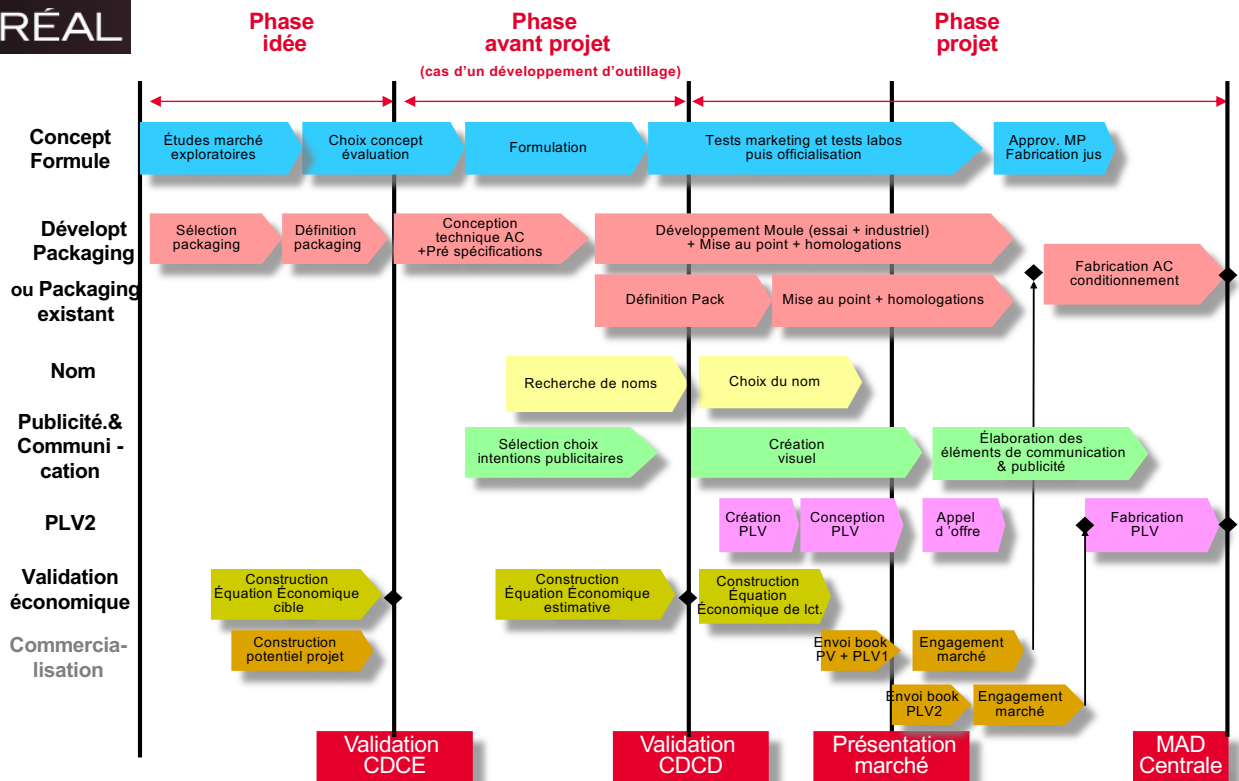


Ordre des étapes du développement + Durée et séquence relatives des tâches = **PLANNING**

[Yannou & Scaravetti 06]

# Planning du lancement/ Plan de développement d'un soin

L'ORÉAL



[Yannou & Scaravetti 06]

# Autre exemple dans le luxe : la marque Bourjois



[PERRIN 05]

# Le plan de développement chez Bourjois

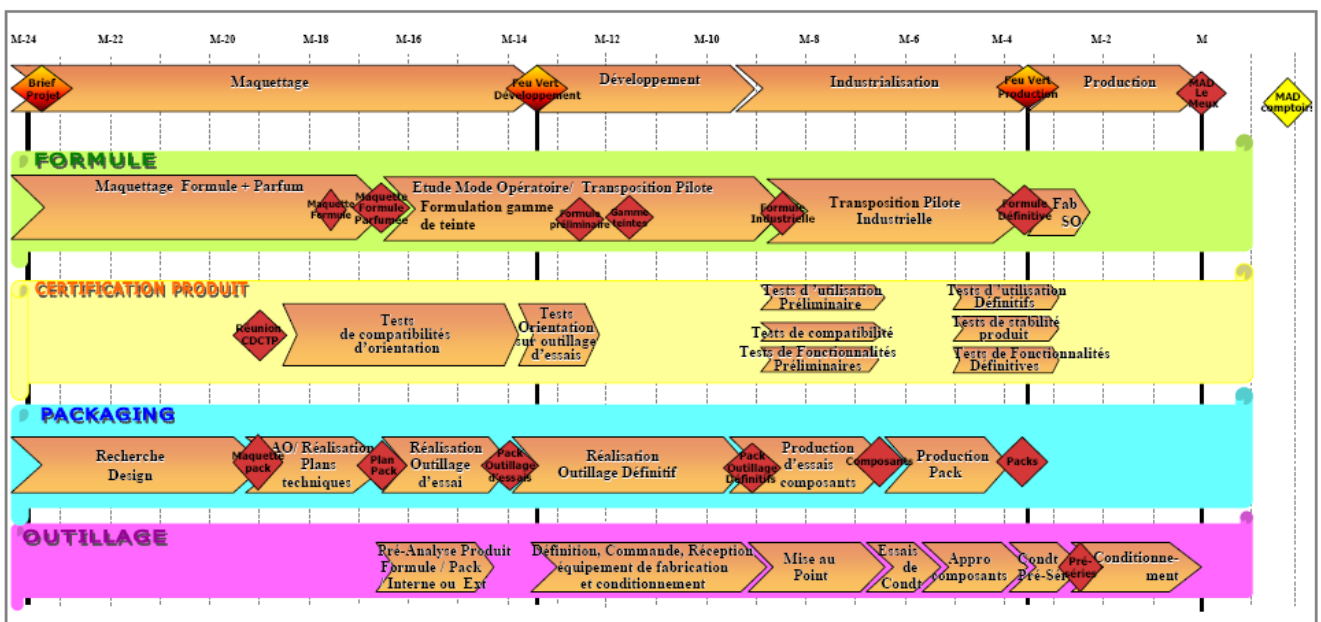


Figure 5. Oxygène : le processus de développement de produit Bourjois.

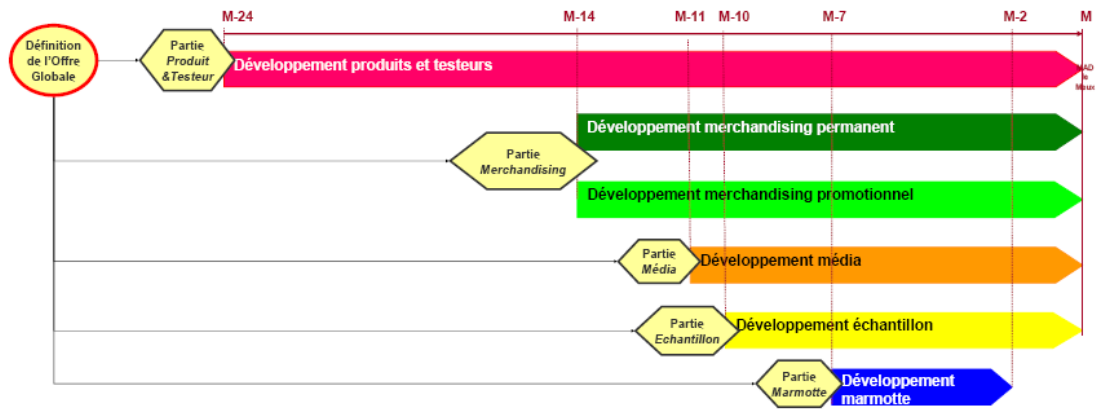
[PERRIN 05]



# Rationalisation du plan de développement

BOURJOIS PARIS

- ◆ Standardisation des spécifications
  - Offre brief globale
  - Briefs métiers spécifiques
- ◆ Introduction d'une analyse fonctionnelle simplifiée
  - CdC générique par famille de produits
- ◆ Introduction d'une analyse préliminaire de risques



[PERRIN 05]

## Partie 1 : CYCLE DE VIE DES PRODUITS

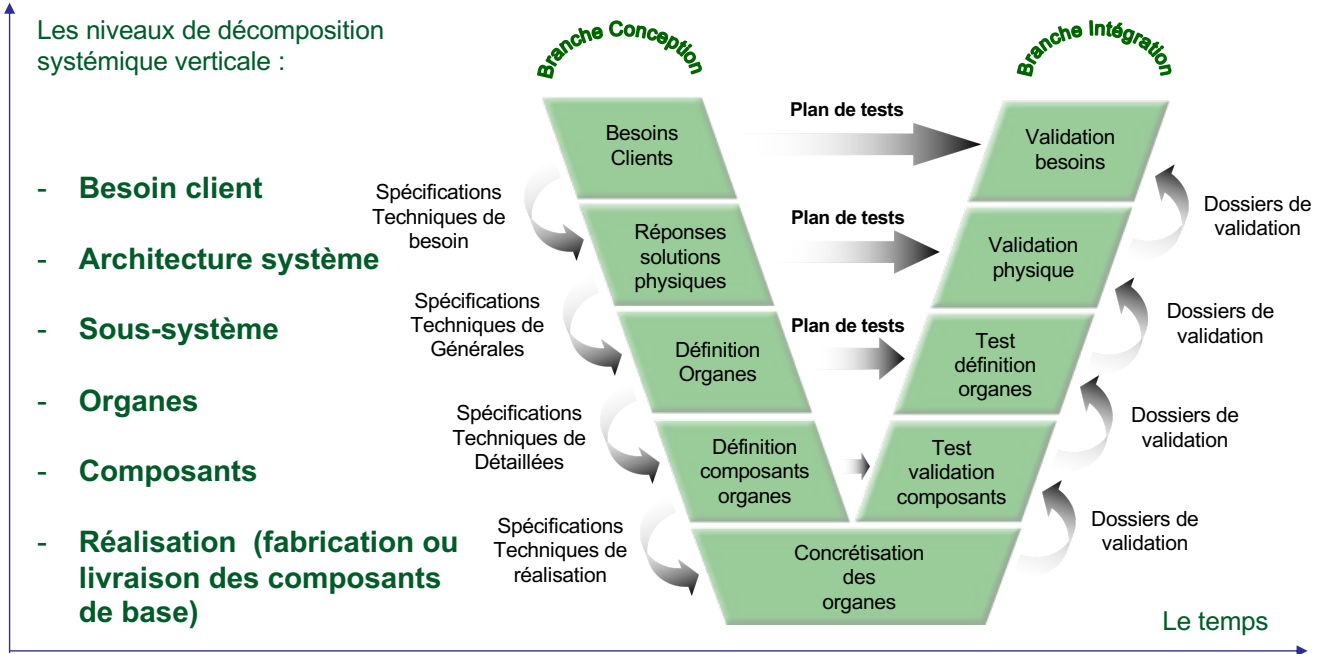
Hervé Christofol,  
[herve.christofol@univ-angers.fr](mailto:herve.christofol@univ-angers.fr)

E5. ingénierie système  
 et processus de  
 développement de  
 systèmes complexes

2λ2r5u62 coubiex2

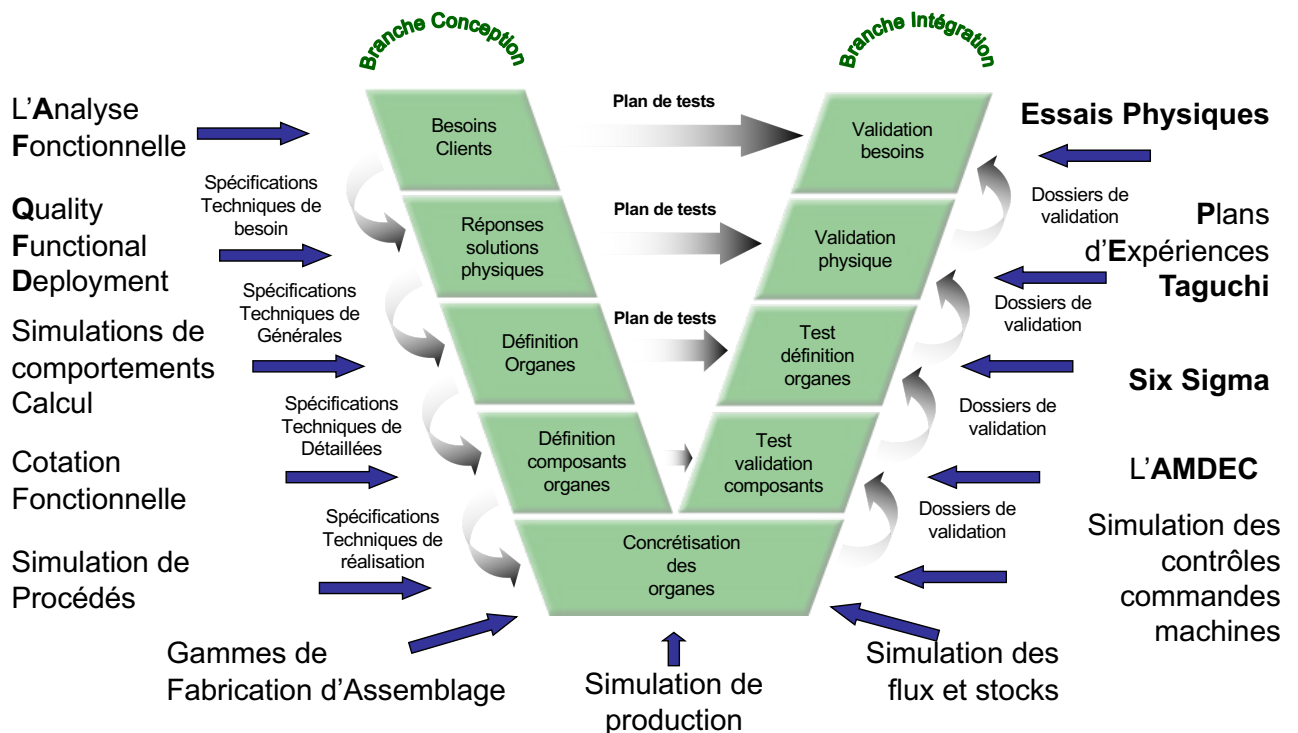
# Le cycle en V et l'Ingénierie Système

◆ **AFIS : L'ingénierie système** est une discipline, un métier, qui concerne un ensemble d'activités dans le développement d'un système, d'un équipement ou d'un produit.

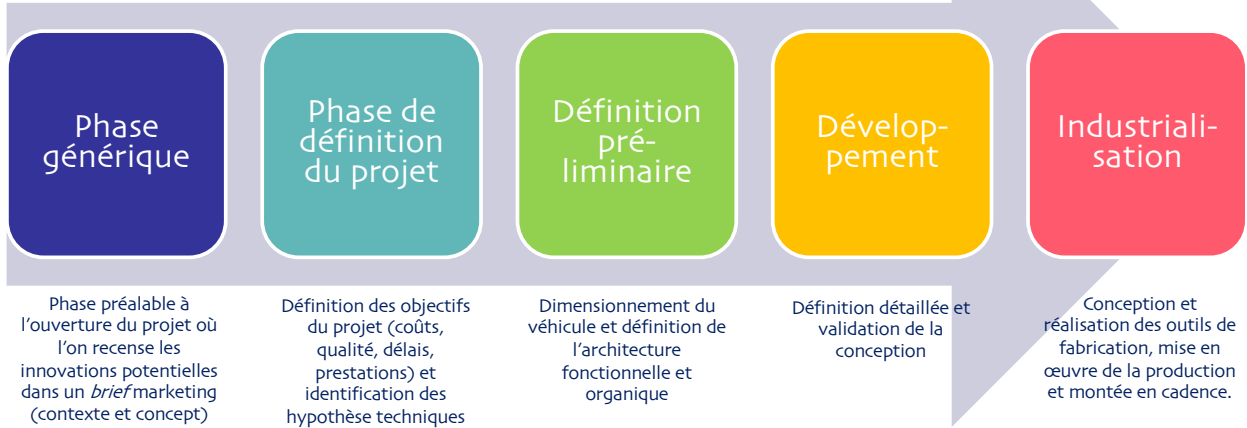


# Les outils d'aide selon les phases du cycle en V

◆ C'est un support et de positionnement pour les outils méthodologiques, les outils de calcul et les documents standards des différents métiers



# Déploiement d'un véhicule chez PSA



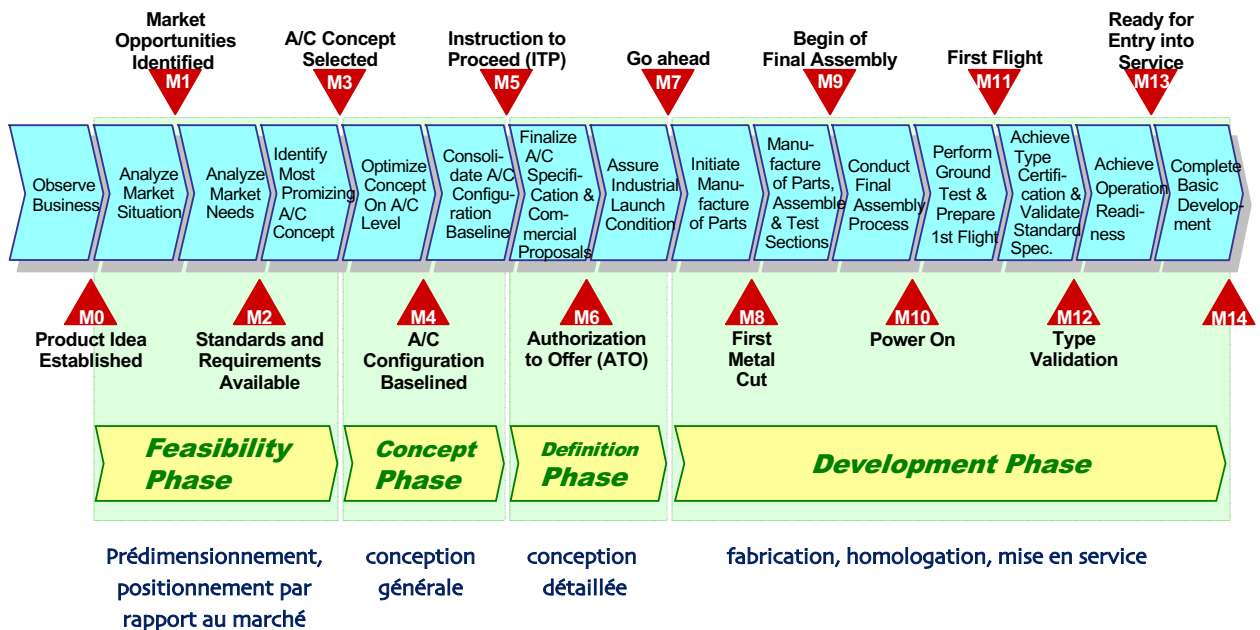
*Le cycle de développement de PSA Peugeot Citroën*

En parallèle les ingénieurs « pilote prestation projet » (PPP) conçoivent les spécifications techniques et les solutions qui et garantissent les performances et les validations des spécifications clients (via des outils métiers et des documents standards organisés dans le logiciel de déploiement *workflow DOORS*) => **des cycle en V en parallèle** pour l'acoustique (bruit), l'ergonomie (confort), ...

# Le cycle de développement d'un avion



## Les 4 phases principales du cycle de développement



# Le cycle en V

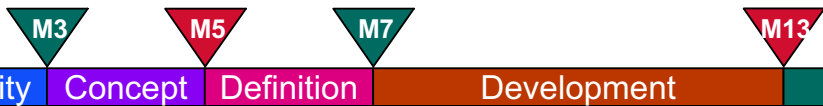


## les 3 niveaux de définition de l'avion au cours de son cycle de vie

- Niveau système
- Niveau sous-système
- Niveau organe
- Niveau composant



# Le cycle en V



This diagram maps specific tasks to the V-model phases and levels. The vertical axis is divided into three main sections: Aircraft (top), Industrialization (middle), and Support (bottom). The horizontal axis shows the phases: Feasibility, Concept, Definition, Development, and Series. Tasks are placed within the 'V' shape to show their relationship to the project goals and milestones.

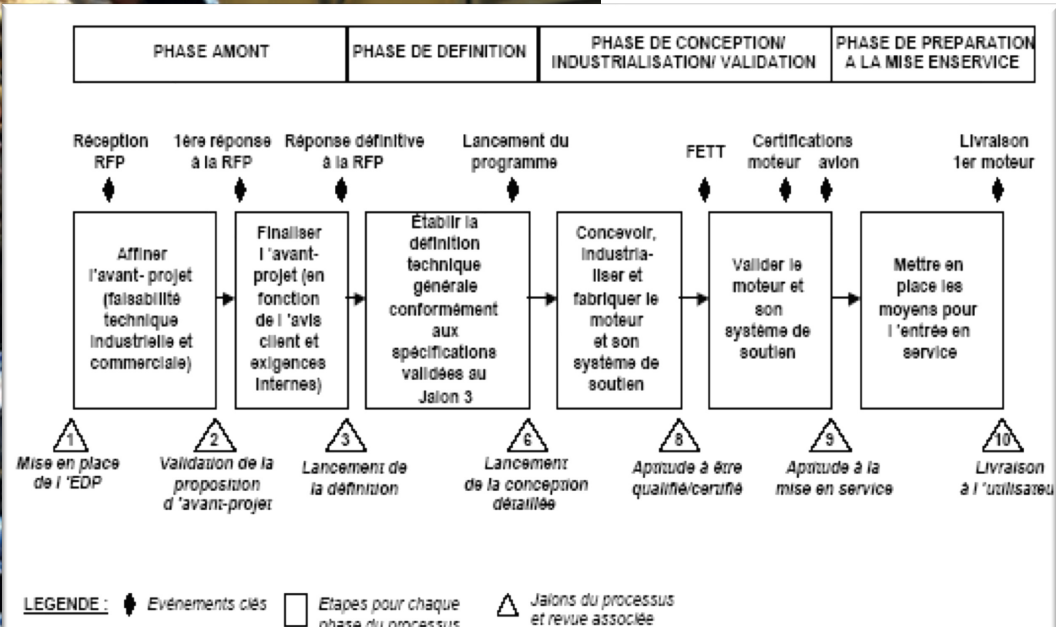
- Aircraft Level (Top):** Systems Architecture, Master Geometry, Design Principles, Space Allocation, Stress Design Reference Base, Frontier Models.
- Industrialization Level (Middle):** Tooling Master Geometry, Tooling Principles, Tooling Space Allocation, Manufacturing Plan, Tooling Frontier Models, Definition Model, Definition Dossier.
- Support Level (Bottom):** Support Specification, Support Objectives, Supportability Analysis, Supportability Discrepancies, Numerical Command, Assembly Instructions.

Additional elements include a 'Parts' label pointing to the Design Reference Base, a 'Tools' label pointing to the Definition Dossier, and a 'Factory' label pointing to the Assembly Instructions. The background shows an aircraft assembly line.

# Le cycle de développement d'un moteur d'avion

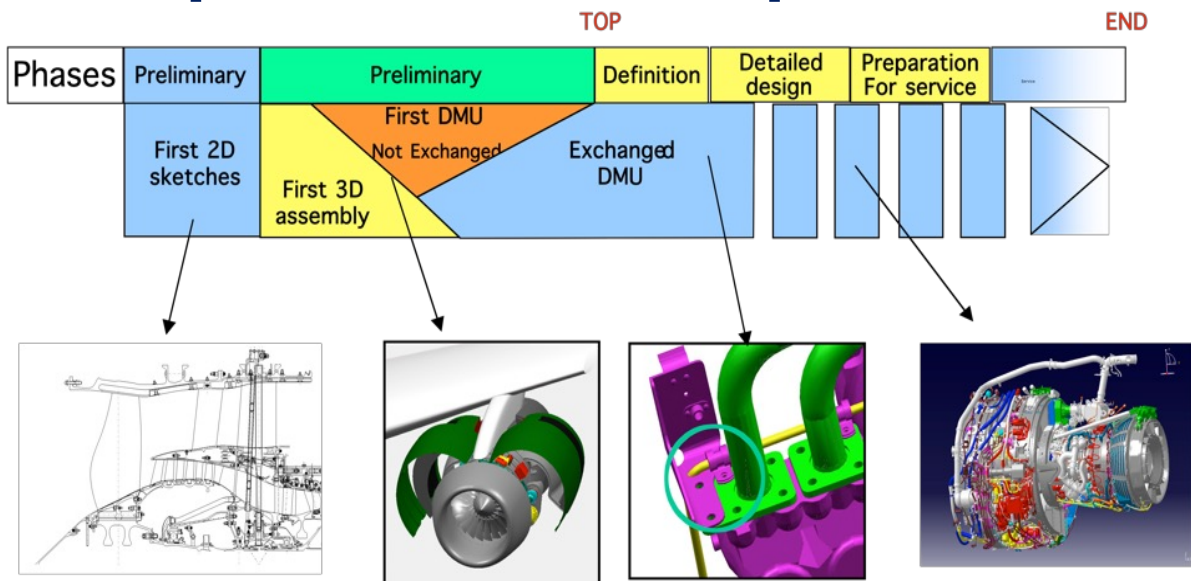


Cycle de développement d'un turboréacteur chez Snecma / SAFRAN



# Le cycle de développement d'un moteur d'avion

## Les spécifications techniques associées



- ◆ Les données techniques associées au produit et à ses process ont des degrés de maturité différents
- ◆ Les outils de modélisation, calcul et simulation sont différents à chaque étape.

# Le cycle en V du développement d'un moteur d'avion

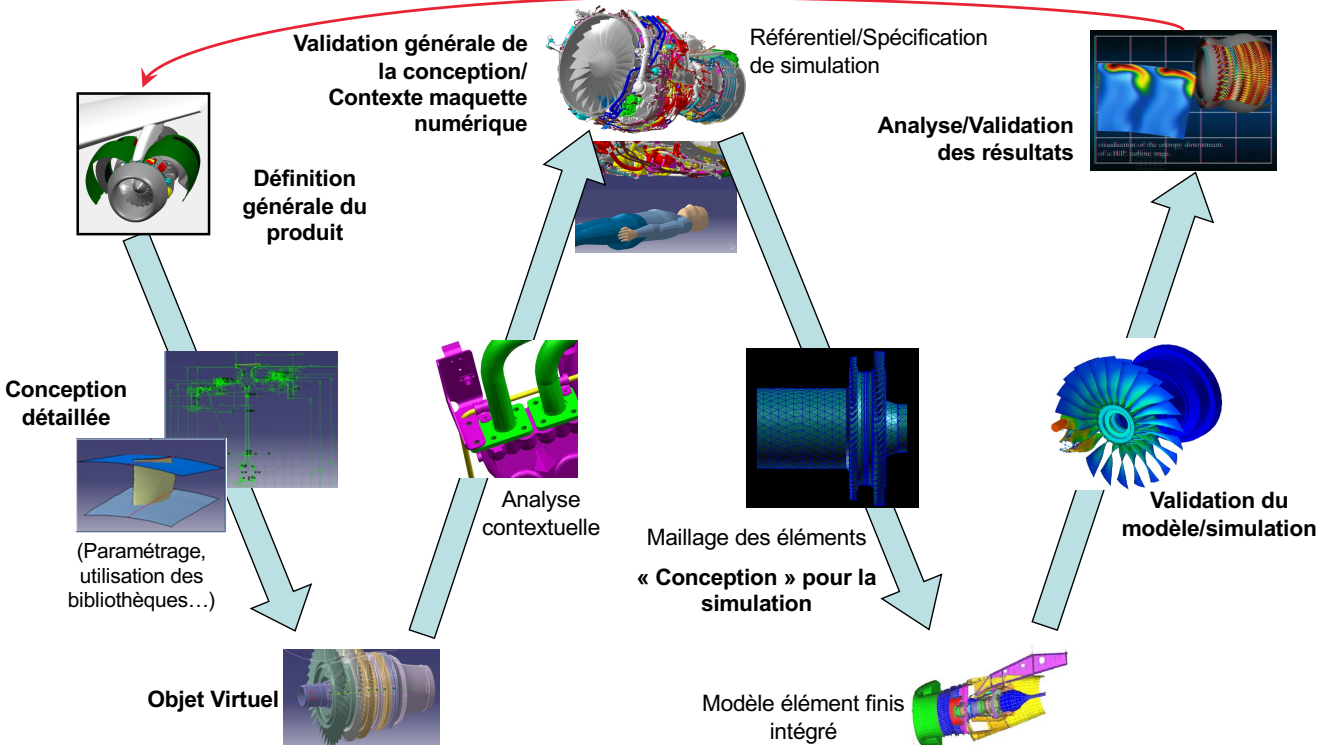


[NGU 06 et YANNOU 06]

# Couplage des cycles en V – Exemple d'une boucle design/simulation



## Boucle simulation → Design



[NGU 06 et YANNOU 06]

# Développement de système électronique embarqué



## chez Johnson Controls

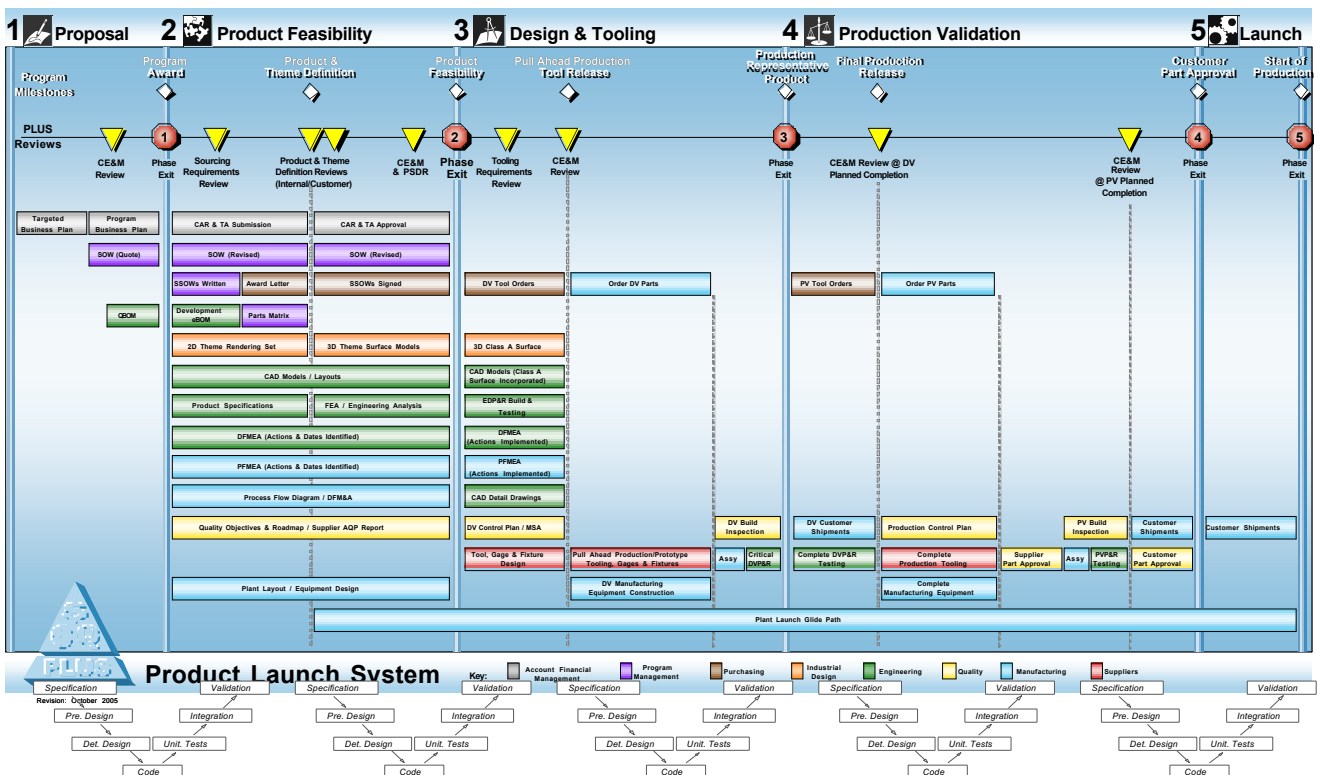
◆ Aéronautique, automobile, téléphonie, multimédia, etc.



# Cycle de développement général chez



## Johnson Controls Automotive group

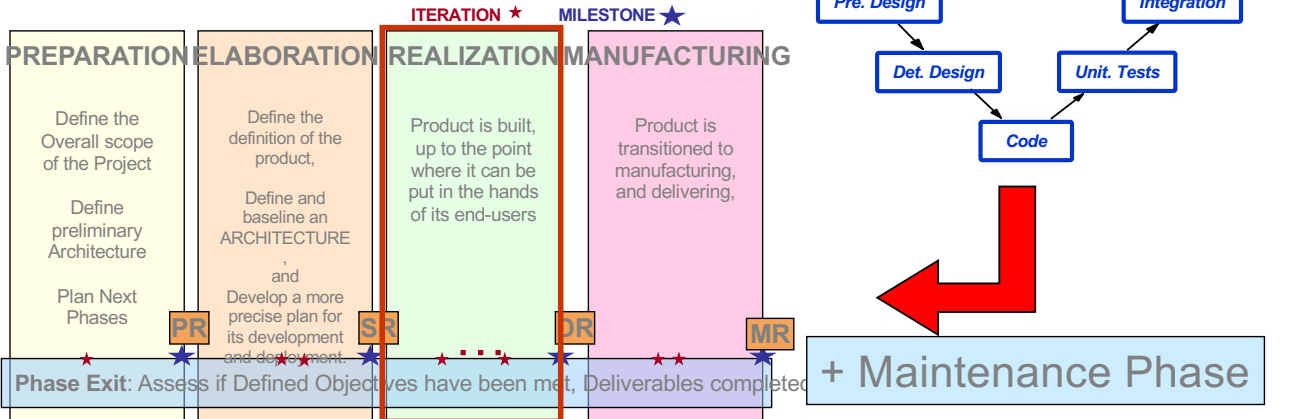


# Travail en itération (dans chaque phase)

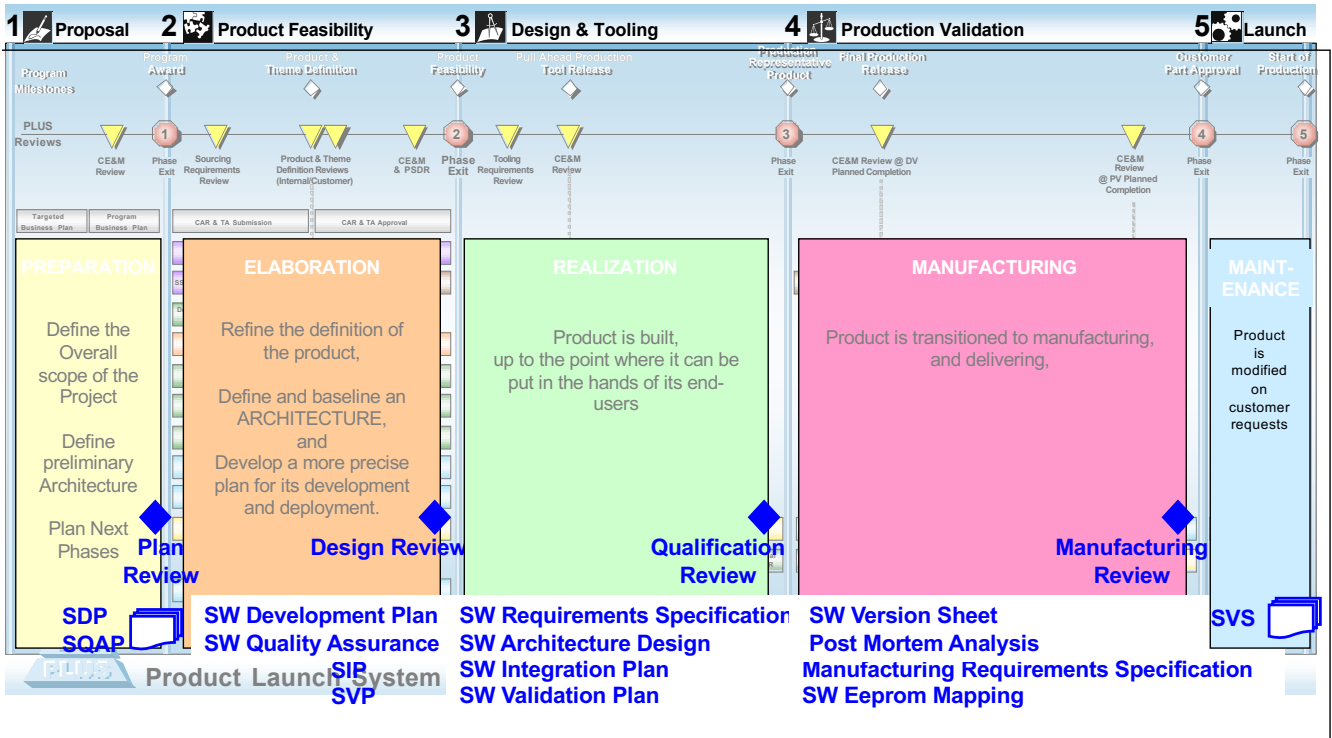


## et incrémentation (d'une phase à l'autre)

- 1 ou plusieurs cycles en V sont appliqués dans chaque phase
- Chaque phase/cycle génère un prototype



# Cycle de développement pour un logiciel embarqué



A chaque jalon-projet correspond une liste de rapports sur des processus et des tâches d'ingénierie

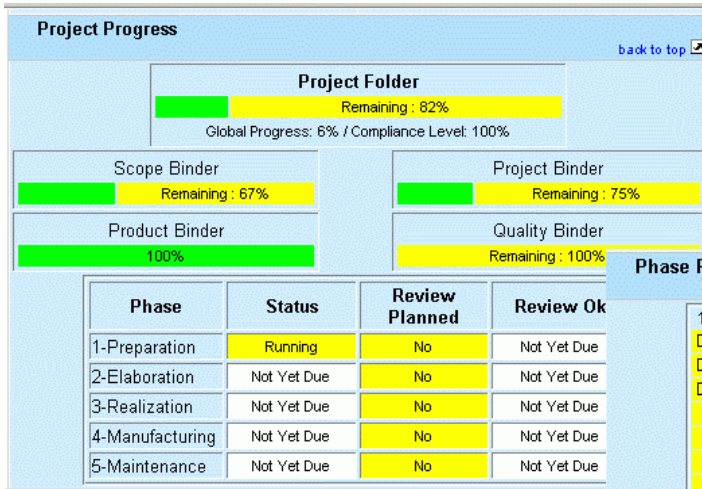


# Outil de suivi de la progression d'avancement du projet



◆ un outil de suivi de projet (à gauche) permet au chef de projet de visualiser le degré de complétude des tâches du cycle en V

◆ Un second outil des gestion des documents standards indique le degré de complétude et de validation par les acteurs concernés (ci-dessous)



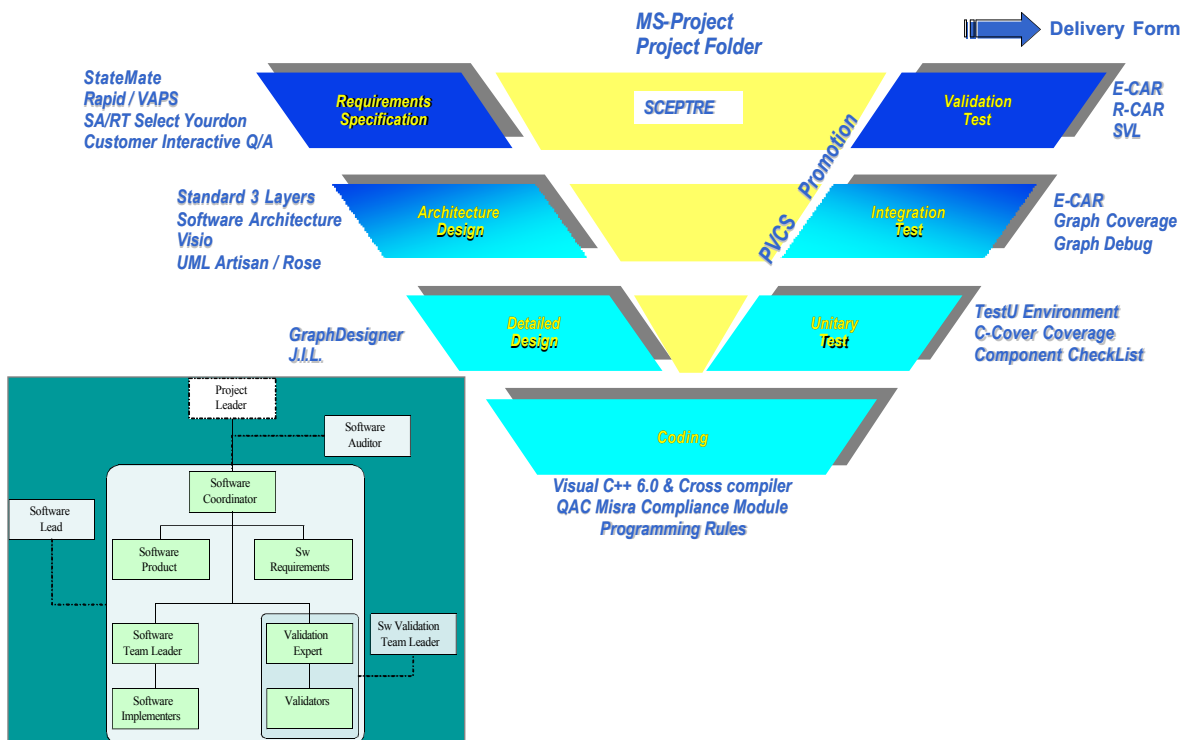
Phase Report Workbook

1	2	3	4	5	Deliverable	Progress
D					Software Plan Review Report	0%
D	✓	✓			Software Development Plan	50%
D	✓				Software Quality Assurance Dispositions	0%
D					Software Design Review Report	
D	✓	✓			Software Requirements Specification	
D	✓	✓			Software Architecture Document	
D	✓	✓			Software Integration Plan	
D	✓	✓			Software Validation Plan	
D					Software Qualification Review Report	
D					Software Integration Report	
D	✓				Software Validation Report	
✓	D	✓			Software Manufacturing Requirements Specification	
D					Software Eeprom Mapping	
					Software Manufacturing Review Report	
					Software Post Mortem Analysis	
✓	✓	D			Software Version Sheet	

# Cycle en V d'un logiciel embarqué

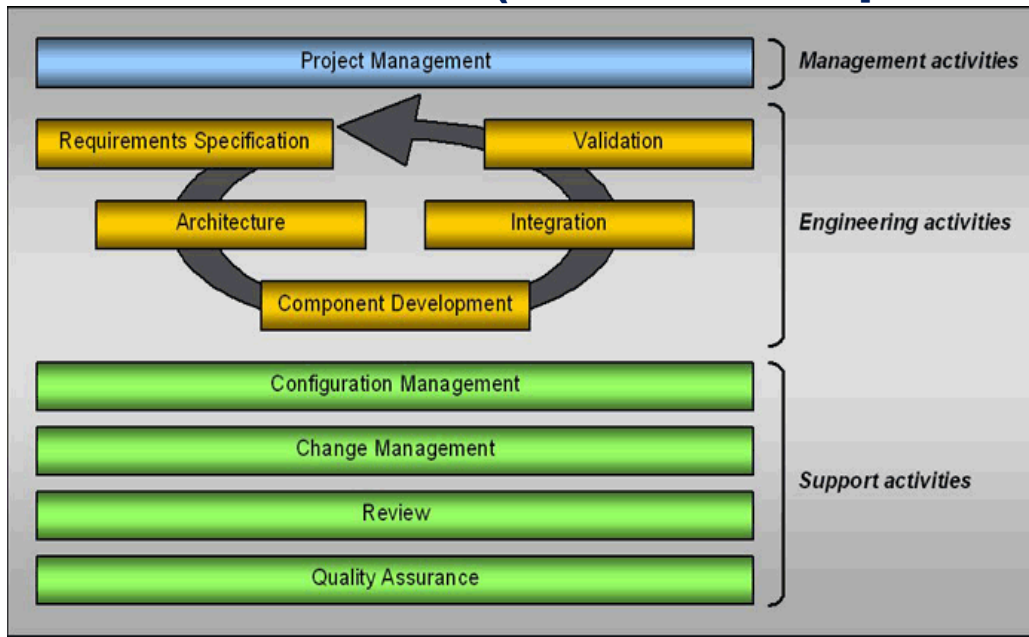


## dans sa phase Réalisation et outils/acteurs



Une équipe est dédiée à un seul projet

## La vue processus au dessus du Cycle en V (liste des sous-processus)



PM : Project Management  
RS : Requirements Specification  
CH : Change Management  
CM : Configuration Management  
QA : Quality Assurance

RV : Review & Verification  
GD : Global Design  
CD : Component Development  
IN : Integration  
VA : Validation

## Conclusion partielle

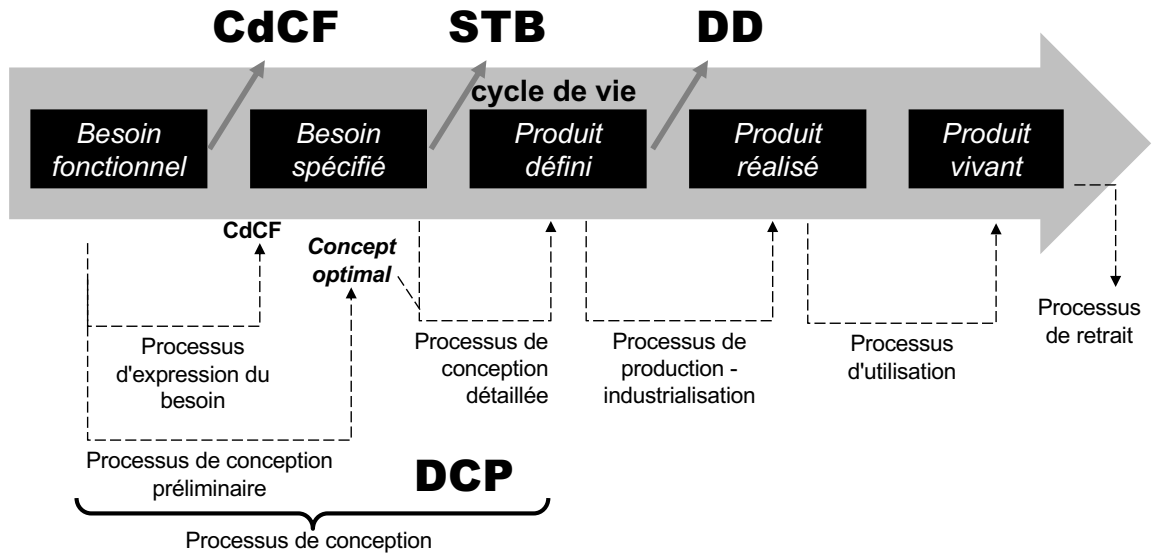
### ◆ Notions parcourues

- Cycle de développement
- Cycle en V
- Plan de développement
- Acteurs/métiers
- Phases/Etapes
- Jalons de décision
- Spécifications techniques adaptées à chaque phase
- Outil d'aide adapté à chaque phase

### ◆ Notions évoluées

- Cycles en V successifs et/ou imbriqués
- Toutes notions et glossaire spécifiques à une entreprise
- Degré de rationalisation spécifique à un secteur industriel

# Le cycle de vie



définitions

- STB (Spécification Technique du Besoin)** : expression du besoin en terme d'exigences techniques + conditions de qualification (validation DD)
- DCP (Dossier de Concept de Produit)** : caractéristiques principales du concept de solution retenu
- DD (Dossier de Définition)** : réponse à la STB - caractéristiques du produit + procédés fab°

[CAV 95] DGA [BNA 99] RG Aéro 0040

## Partie 1 : CYCLE DE VIE DES PRODUITS

E6. Organisation en projets, enjeux et perspectives

Hervé Christofol,  
herve.christofol@univ-angers.fr

# Définition d'un projet & missions d'un chef de projet

## ◆ Le projet :

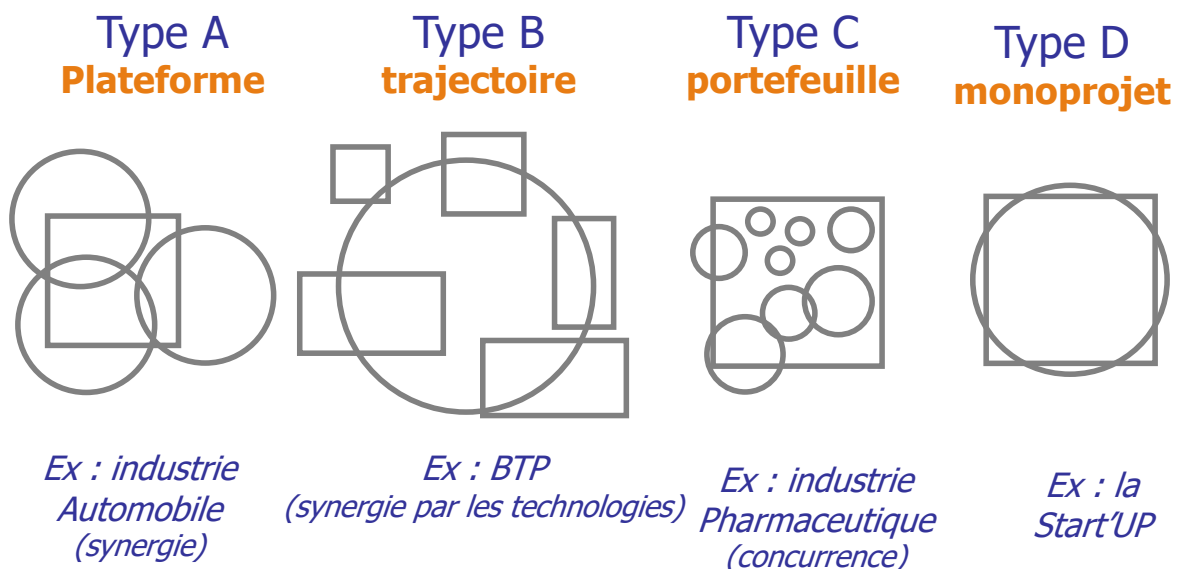
- « **processus unique** qui consiste en un ensemble d'**activités coordonnées** et maîtrisées comportant des dates de **début** et de **fin**, entrepris dans le but d'atteindre un **objectif** conforme à des **exigences spécifiques** telles que les contraintes de délai, de coûts et de ressources. »

[ISO9000-V2000]

## ◆ Le chef de projet :

- **Animateur méthodologique** (activité et outils),
- **Médiateur** (coatch),
- **Décideur** (arbitre interne),
- **Gestionnaire** (contraintes et indicateurs de performances),
- **Visionnaire** (valeurs, objectifs),
- **Reporteur** (rapport et présentations à la direction).

# Les projets & la structure de l'entreprise



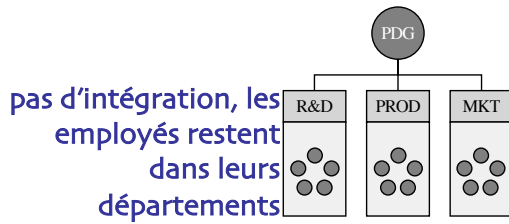
## ◆ Le management multi-projets

Légende: □ : entreprise ○ : projet

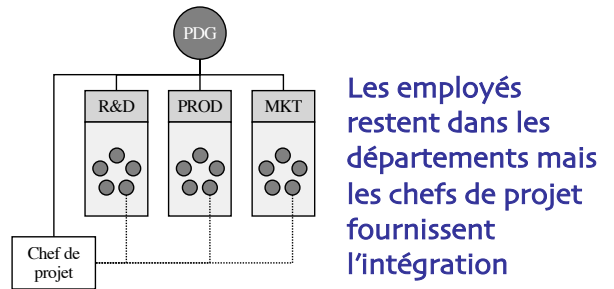
# L'organisation en projet

## 4 types d'équipe projet / objectifs.moyens

1. Structure d'une équipe fonctionnelle



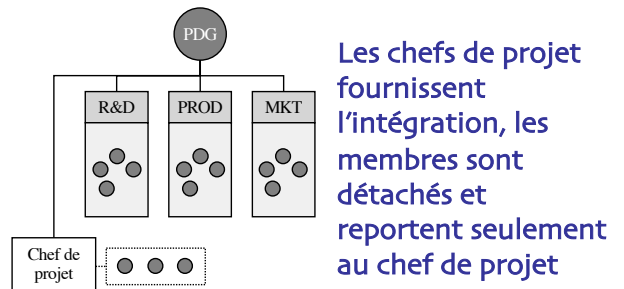
2. Structure d'une équipe légère



3. Structure d'une équipe lourde



4. Structure d'une équipe autonome



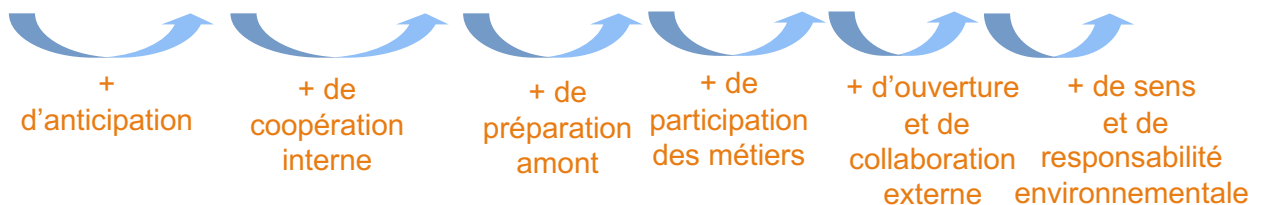
[Delamarre 2008]

## L'évolution des activités de conception industrielle

◆ Les mutations de l'ingénierie industrielle en réponse à de nouvelles exigences de coût, de délai et d'innovation



◆ Où il s'est agit d'organiser :



[d'après J-C Sardas 06]

## Conséquence sur les métiers

- ◆ Deux premières conséquences :
  - Réduction des cycles => **intensification du travail**
  - Fonctionnement en ingénierie intégrée (plateaux, équipes pluri-métiers)
    - **questionnement des expertises** (autonomie excessive ?)
- ◆ Mais aussi : une **dévalorisation progressive des identités de métier**
  - Discours : «décloisonner les métiers» => «Casser les métiers»
- ◆ dispositifs **d'ingénierie intégrée**:
  - Identités de métier questionnées mais préservées
- ◆ mais par la suite avec l'**ingénierie préparée**:
  - suppression des services métier en développement
  - Interdiction d'explorer
  - tentatives de **polyvalence** entre métiers de conception (ultime intégration)

[J-C Sardas 06]

## Conséquence sur les métiers

- ◆ Point de départ:
  - **une activité sous pression** ("exigences fortes")
  - **mais avec un niveau "d'autonomie"**
  - => "**Travail actif**" (= pas de stress pathogène) [selon le modèle de Karasek]
- ◆ Qu'en est-il avec les évolutions?
  - a/ Passage à une **ingénierie intégrée** (milieu années90)
  - b/ Passage à une **ingénierie préparée**(début 2000)
- ◆ Observations :
  - Jusqu'en2002 : Intensification du travail => fatigue ... mais "ça passe"
  - A partir de 2003: **Accroissement des signes de stress** (cas individuels, conflits, départs)

[J-C Sardas 06]

## conséquences du passage à l'ingénierie préparée

	Ingénierie intégrée (mi 90) =>Déstabilisation	Ingénierie préparée (2000) => Signes de stress (2003)
Expertise métier ?	Expertises questionnées	Compétences standardisées
Soutien des collectifs métier ?	Services métier maintenus=>soutien possible	Collectifs métier dispersés => soutien seulement via anciens réseaux informels
Investissement subjectif ?	Plus le temps d'explorer	Interdit d'explorer
Identités de métier ?	Questionnée	Dévalorisée

[J-C Sardas 06]

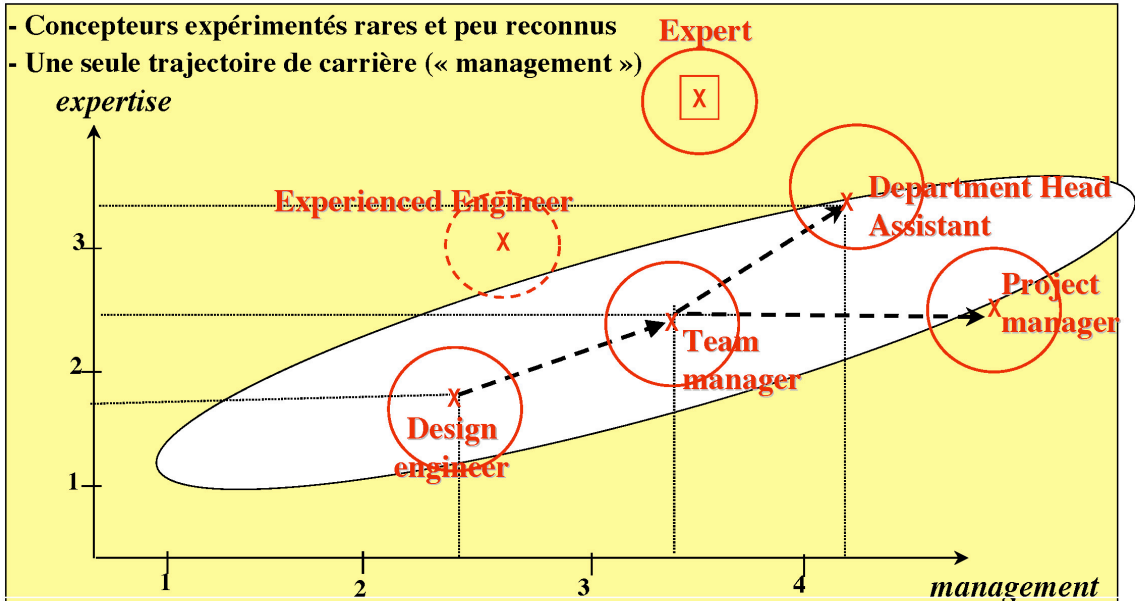
## Conjuguer performance du processus de conception et dynamiques professionnelles

- ◆ a/ vers une nouvelle logique «d'ingénierie innovante»  
Lien amont (avant-projet) –aval (développement) : **prescription => coopération**  
(l'accompagnement des innovations en développement et la capitalisation par retour d'expérience)
- ◆ b/ ... avec une ré-organisation des dynamiques de métier.  
Renforcer les dynamiques de connaissances et de compétences au sein de chaque métier :
  - des services métier couvrant l'amont et l'aval. (recrétés dans le cas auto étudié);
  - créer de **nouveaux rôles de gestion des connaissances**;
  - redéfinir les parcours.
- ◆ c/ ... et le rééquilibrage entre activité interne et activité sous-traitée
  - Maîtriser l'amont ;
  - Réintégration de tâches de réalisation ;
  - Sous-traitance de tâches de pilotage de projet.

[J-C Sardas 06]

# Cas Ingénierie mécanique aéronautique

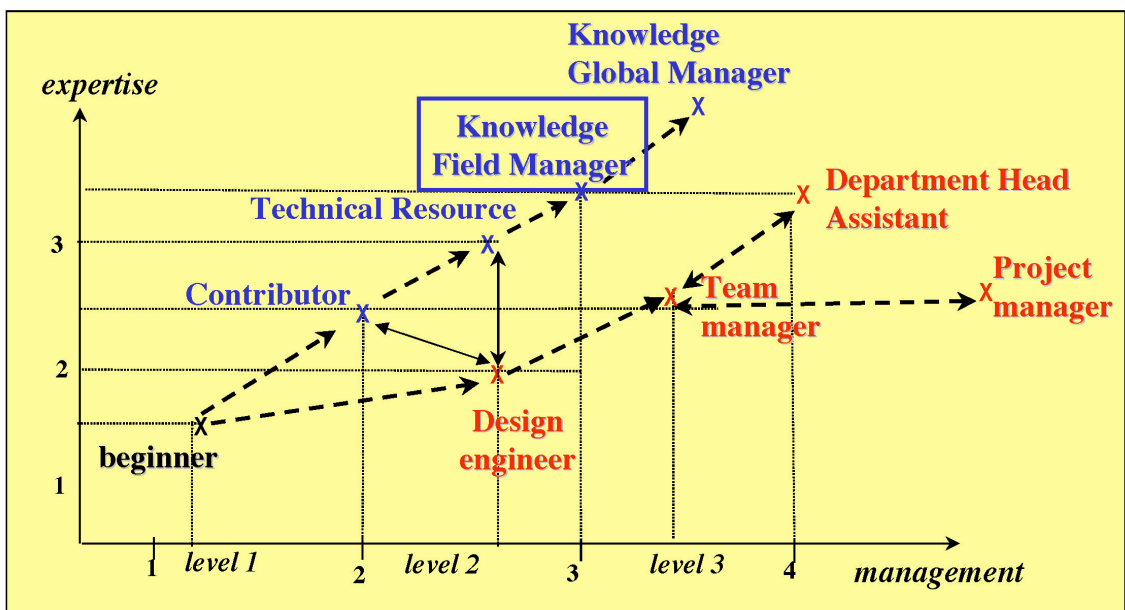
## Situation initiale : dynamique des savoirs et dynamique des identités menacées



◆ Comment revitaliser la dynamique des connaissances et faire exister une trajectoire de carrière alternative ?

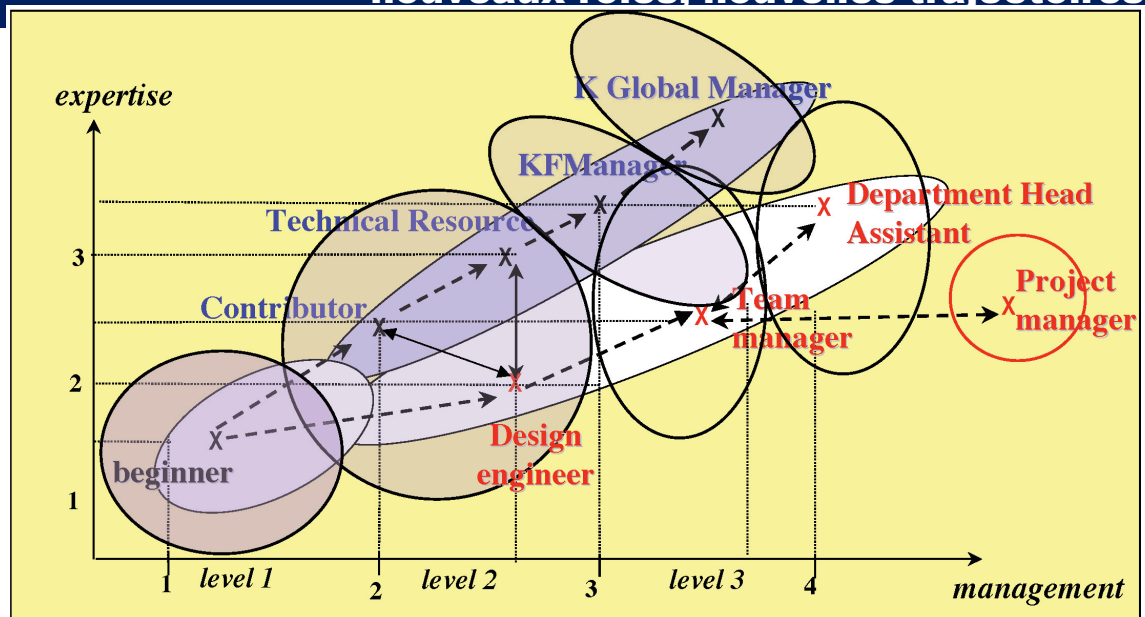
# Cas Ingénierie mécanique aéronautique

## La nouvelle cible métier : Création et reconnaissance de nouveaux rôles de gestion des connaissances





## Cas Ingénierie mécanique aéronautique La nouvelle cible métier : nouveaux rôles, nouvelles trajectoires



- ◆ nouveaux rôles non dissociés de l'activité de conception
- ◆ Une nouvelles trajectoire de carrière spécifique et reconnues

## L'ingénierie concurrente

### Objectifs

- délais, - coût et + qualité
- + simultanéité des travaux
- + cohérence du produit
- + coopération, + coordination + communication au sein de l'équipe de conception

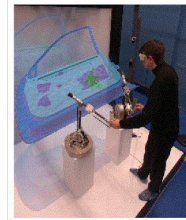
### Difficultés

- ≠ logiques ≠ métiers
- Disponibilité des compétences
- Outils et méthodes interdisciplinaires
- Niveau de partage des informations et des connaissances
- Accès aux TIC
- États de représentation co-conçus et évaluables ≠ points de vue

# L'ingénierie concurrente

**Définition :** « Le concurrent engineering est une approche organisationnelle systématique et globale de l'entreprise, basée sur la conduite simultanée et intégrée du cycle de vie du produit, mettant en œuvre des équipes pluridisciplinaires travaillant en symbiose et visant des objectifs de production communs de coût-délai-qualité. »

## Processus



Revue de Projet assistée par les TRV

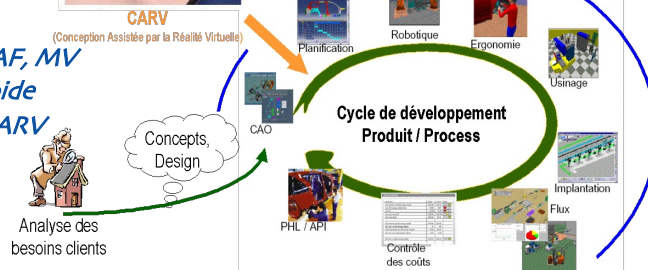
## Outils

DFX, TQM, QFD, TIC, VM, AF, MV  
MRP, JAT, Prototypage Rapide  
ATC, Chaînage VFA, TRV, CARV

## Objets

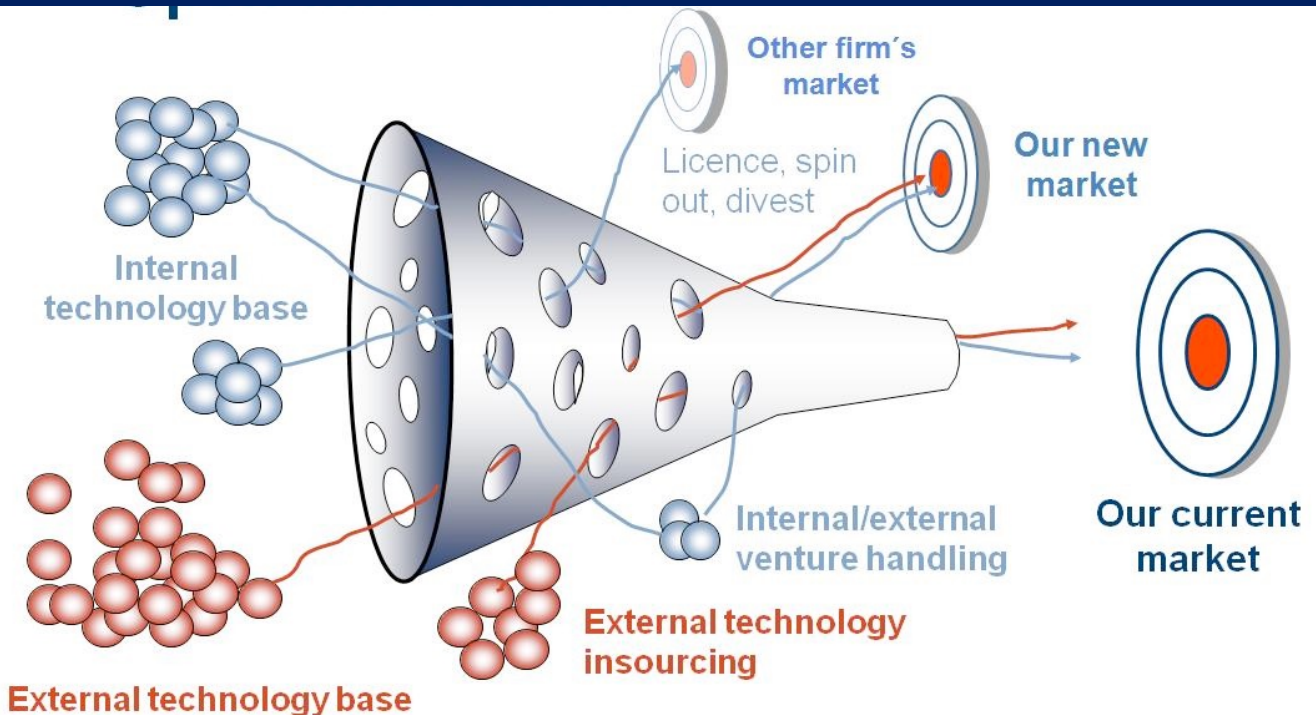
maquettes, prototypes

## Organisation



[Martin, 1996, Bouchard, 1998, Christofol, 2000, Perrin, 2001, Blanco, 2002]

# L'ingénierie ouverte



Stolen with pride from Prof Henry Chesbrough UC Berkeley, Open Innovation: Renewing Growth from Industrial R&D, 10th Annual Innovation Convergence, Minneapolis Sept 27, 2004

# L'ingénierie responsable

« sortir de l'illusion technologique » pour réussir la transition écologique et lutter contre le réchauffement climatique **nécessite d'agir sur trois plans simultanément** :

- **« le système d'offre »**
  - Green tech ;
  - Low tech ;
  - économie de la fonctionnalité (as a service);
  
- **« les instruments de la gouvernance et la gouvernance de l'innovation »**
  - s'émanciper de l'indicateur du PIB et de la comptabilité classique;
  - Triple Depreciation Line (TDL) ;
  - Intégrer les parties prenantes du cycle de vie du produit-service;
  
- **« le changement des modes de vie et de consommation »**
  - moindre gaspillage ;
  - moindre empreinte carbone ;
  - moindre consommation de ressources non renouvelable ;
  - moindre consommation énergétique.