

# Contribution à une méthodologie de conception de produits à forte diversité

**Bruno Agard**



The University of Iowa  
Industrial Engineering Department

Intelligent Systems  
Laboratory

*sous la direction  
de*

***Michel Tollenaere***

# Plan

- I - Problématique
- II - Contribution méthodologique  
(Cas d'étude)
- III - Conclusion et perspectives

- 
- 
- 

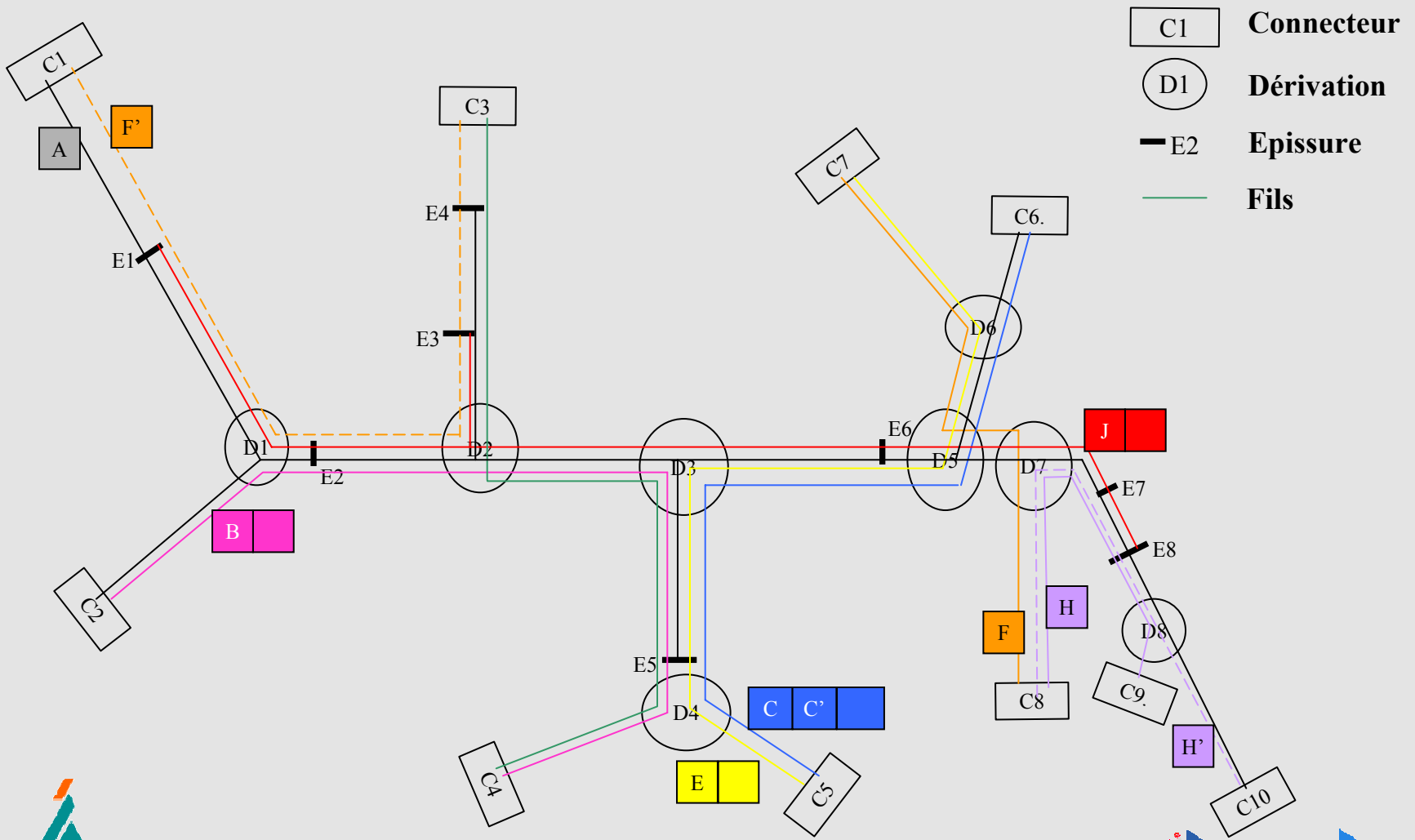
# I - Problématique

# Quelques chiffres

Ford T	1908	1 modèle unique
Renault 4	1963	11 variantes
Renault 16	1971	6 000 variantes
Renault 18	1982	60 000 variantes
Renault 25	1989	120 000 variantes
Peugeot 306	1998	175 000 variantes

[Tarondeau, 1998], [Fouque, 1999]

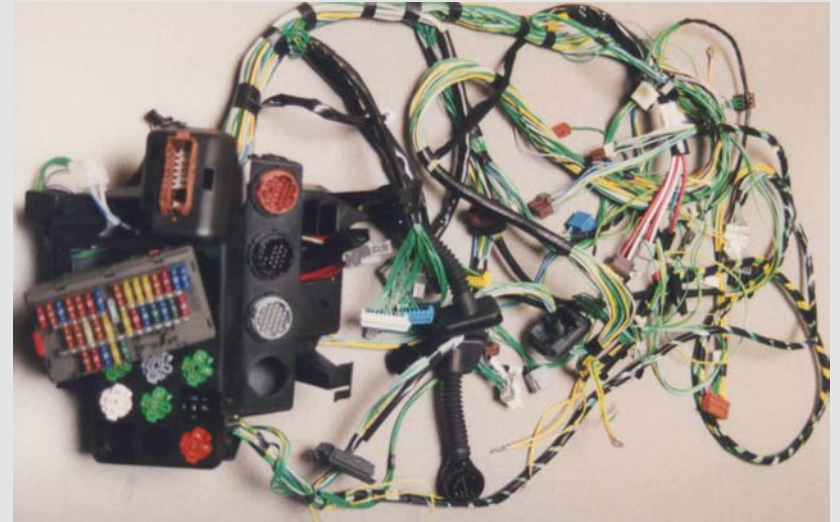
# Faisceau électrique



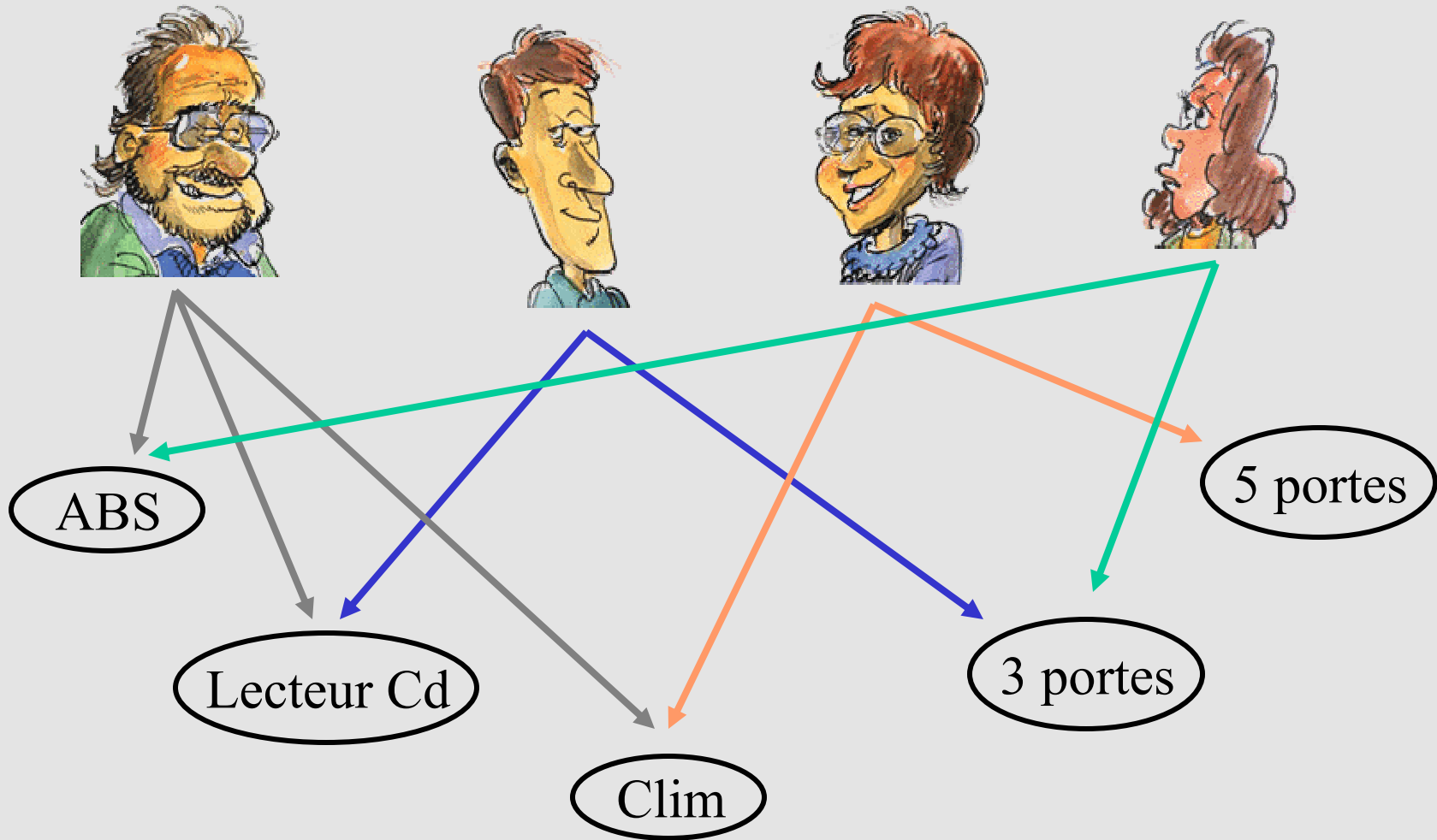
- C1 **Connecteur**
- D1 **Dérivation**
- E2 **Epissure**
- Fils

# Diversité des faisceaux électriques

- Au niveau des composants
  - 400 références de câbles,
  - 120 connecteurs,
  - 50 dérivations,
- 15 fonctions différentes (1 à 9 versions)
  - soit une combinatoire potentielle de **7 millions de faisceaux électriques différents !**



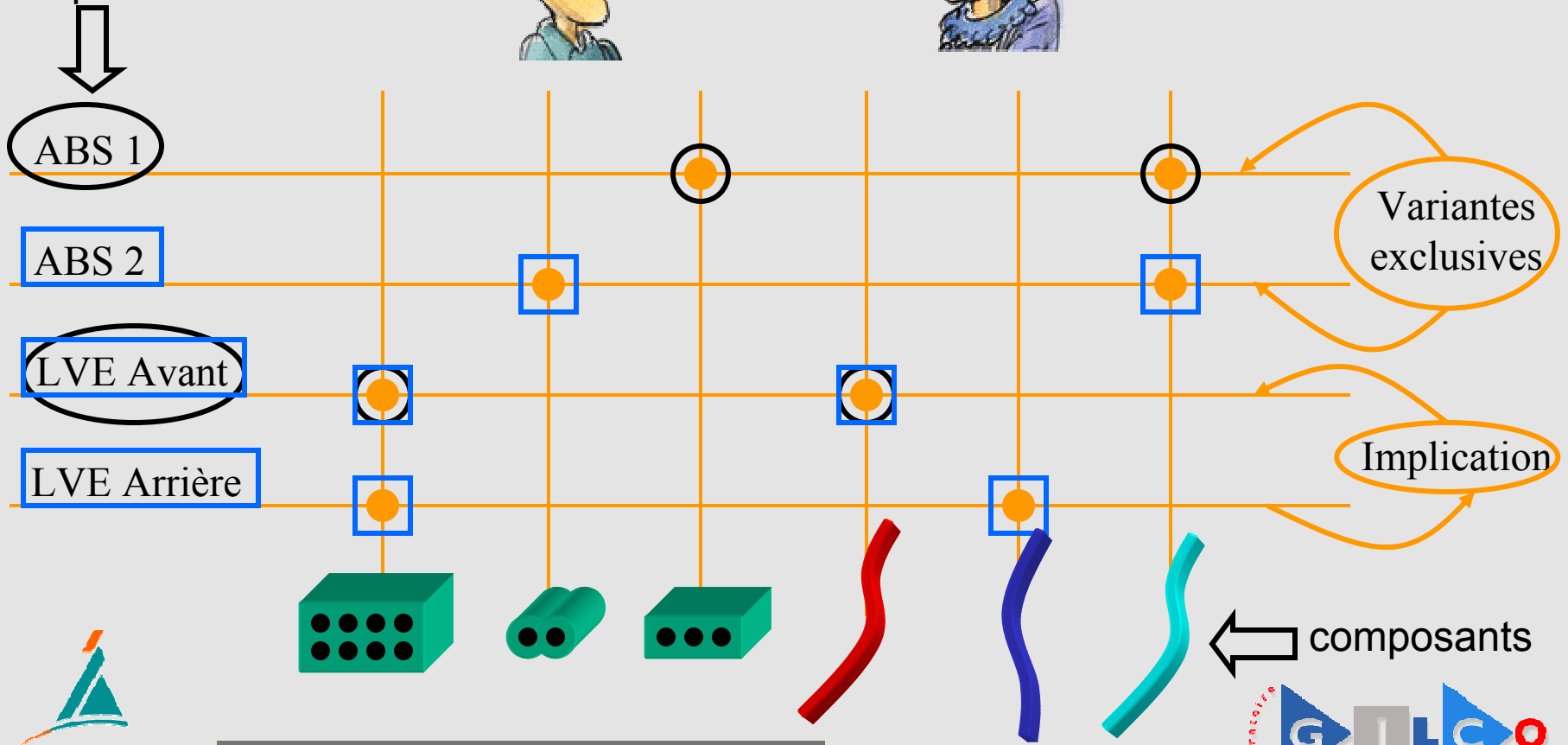
# Diversité des besoins clients



# Diversité des besoins en composants

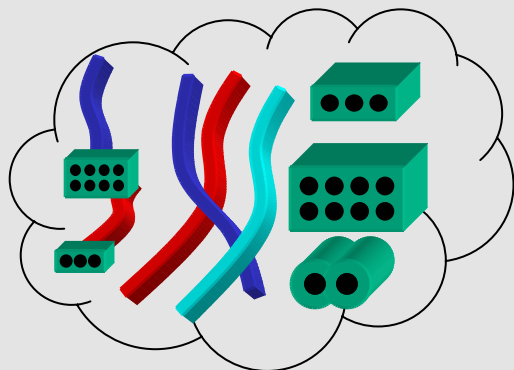
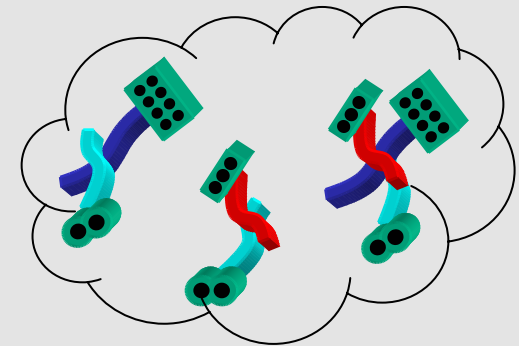
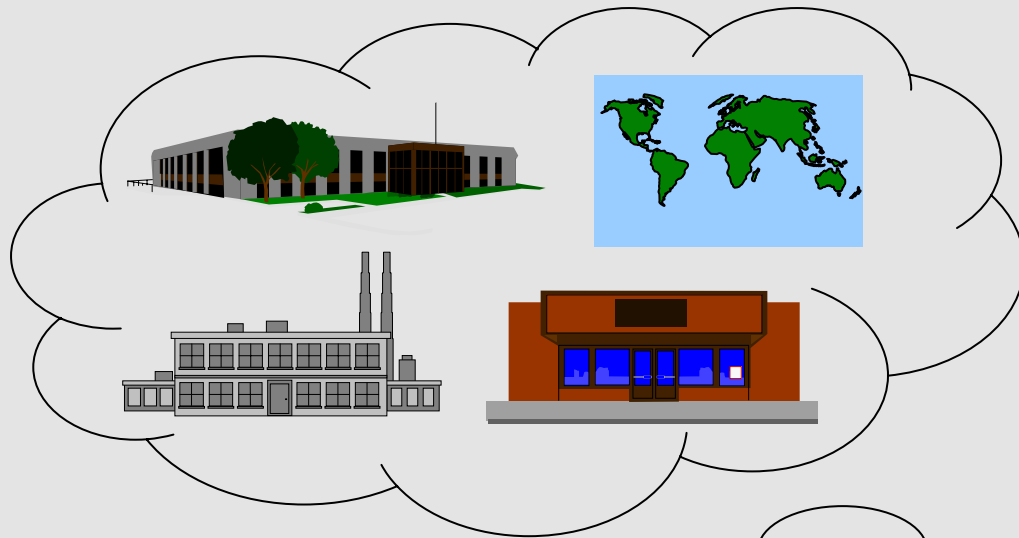


Fonctions  
du produit



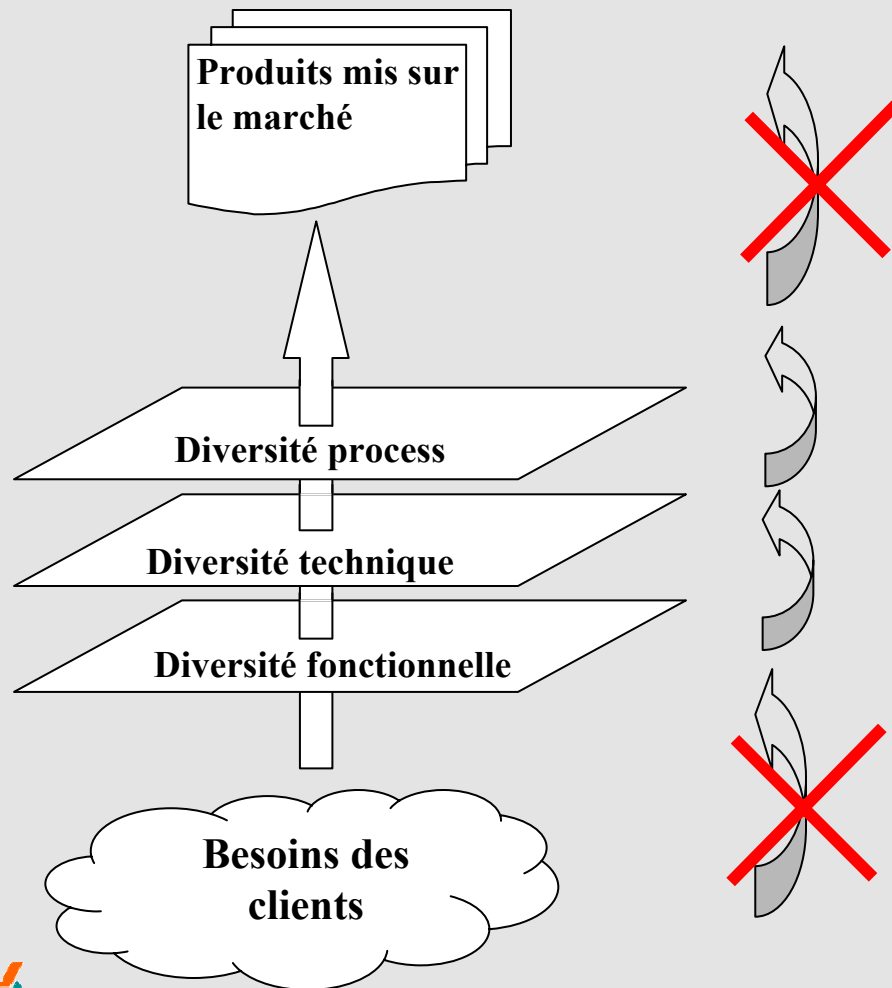


# Diversité des process



**Ensemble des process  
candidats**

# Partage de la représentation du produit



Différenciation perceptuelle :

- service,
- offres promotionnelles,
- politiques commerciales

[Martin et Ishii, 1996]

choix stratégiques de la diversité

# Cas industriels

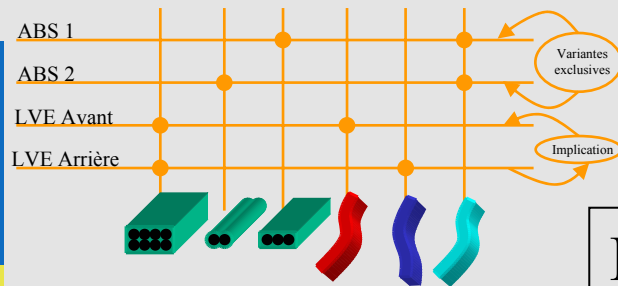
- Schneider Electric High Voltage (transformateurs HT / MT)
  - *Conception modulaire des produits*
  - *Différenciation perceptuelle*
  - *Standardisation des composants*
- Auxitrol (capteurs de température)
  - *Conception modulaire des produits*
  - *Composants paramétrables*
- VALEO (faisceaux électriques automobiles)
  - *Standardisation (faisceaux enveloppe)*

# Apports constatés

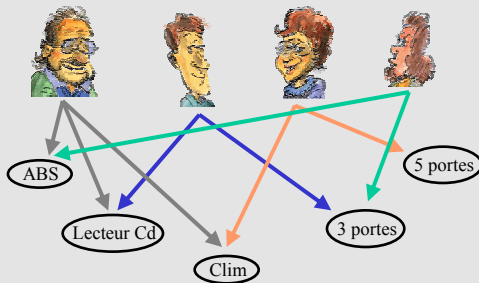
	Schneider Electric HV	Auxitrol	VALEO
Diminution du temps et du coût de développement	●	●	
Diminution du nombre de références à traiter		●	
Augmentation de la taille des séries		●	
Augmentation de la productivité			●
Simplification de la maintenance	●		
Simplification du process (livraison synchrone)			●
Diminution du temps de fourniture des devis		●	
Diminution du temps de création de gammes de fabrication		●	
Diminution du temps de facturation		●	

# Diversité fonctionnelle - technique

## Diversité technique

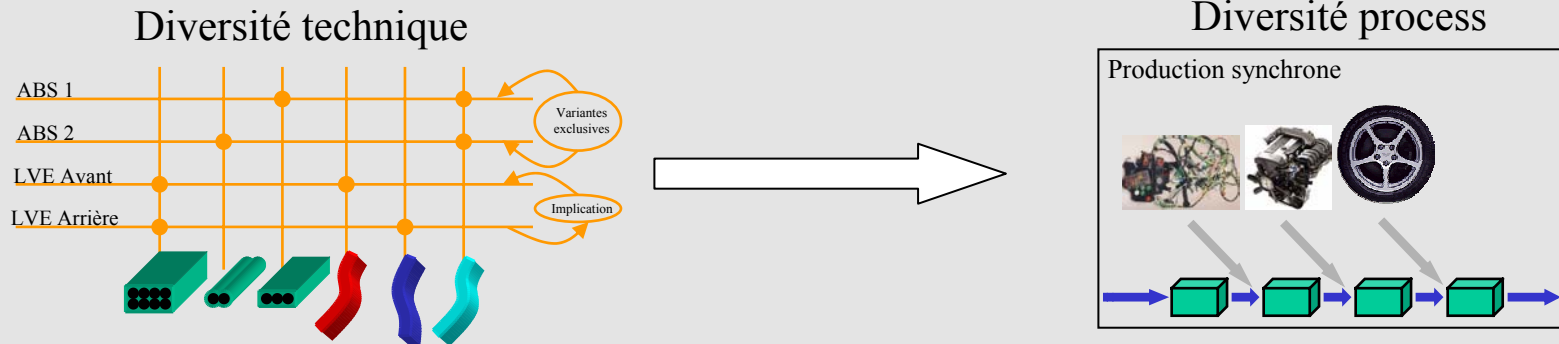


## Diversité fonctionnelle



Personnalisation par l'utilisateur  
Différenciation perceptuelle  
Standardisation des composants  
Conception modulaire des produits  
Composants paramétrables  
Standardisation des produits  
Méthodologies de conception pour la diversité

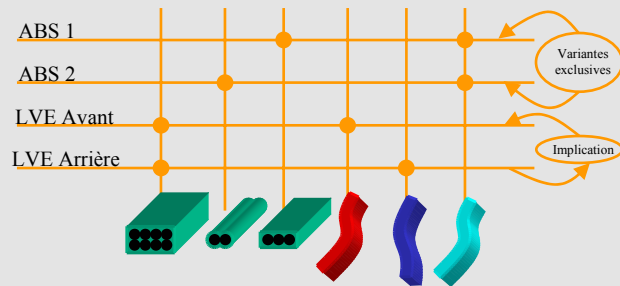
# Diversité technique - process



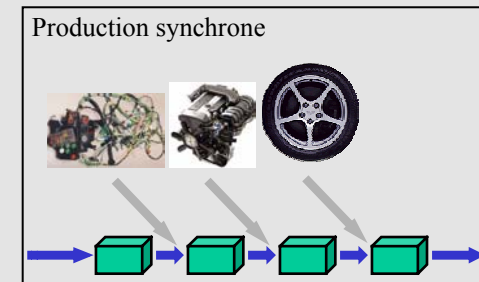
Standardisation des process  
Différenciation au stade de la distribution  
Resséquencement  
Restructuration des processus  
Technologies de groupe  
Gammes génériques d'assemblage

# Etat des lieux

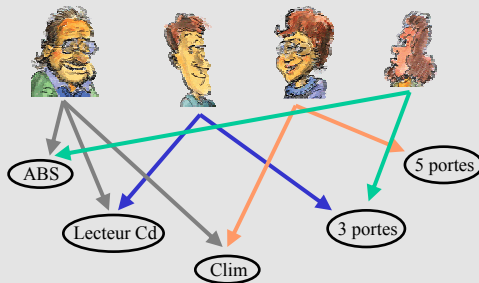
## Diversité technique



## Diversité process



## Diversité fonctionnelle



*Pas de structuration  
de la démarche*

- 
- 
- 

## II - Contribution méthodologique

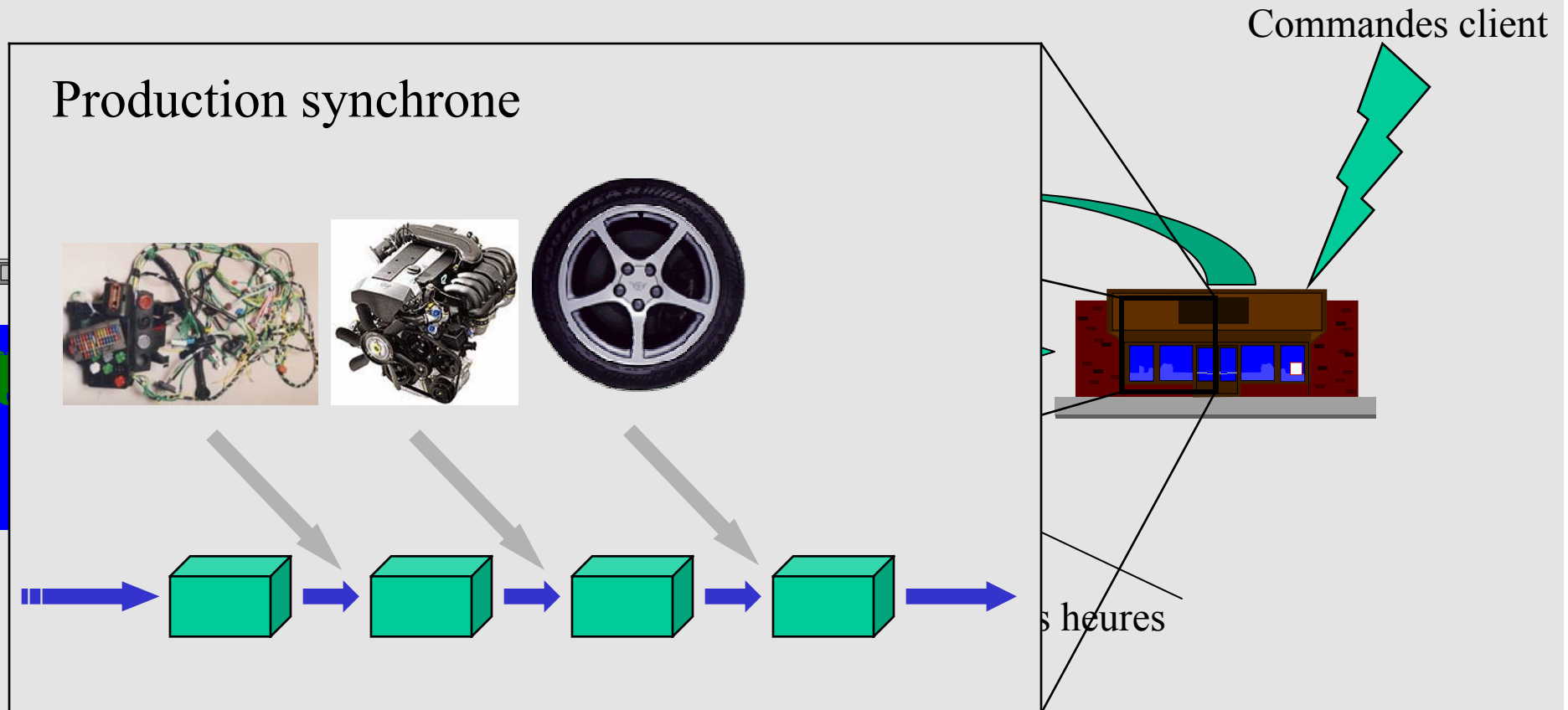
Illustration sur un cas d'étude



- 
- 
-



# Cas d'étude : contexte industriel

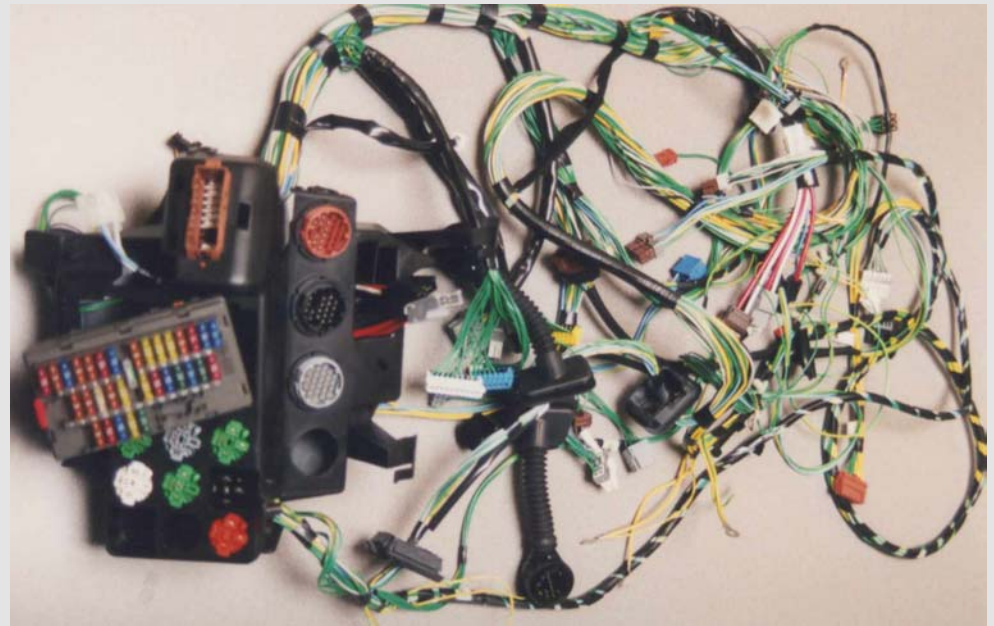


# Contraintes du donneur d'ordres



- Contraintes produit :
  - *propose un grande diversité des produits finis*
  - *exige des composants juste nécessaires*
- Contraintes processus :
  - *exige d'être livré en synchrone*

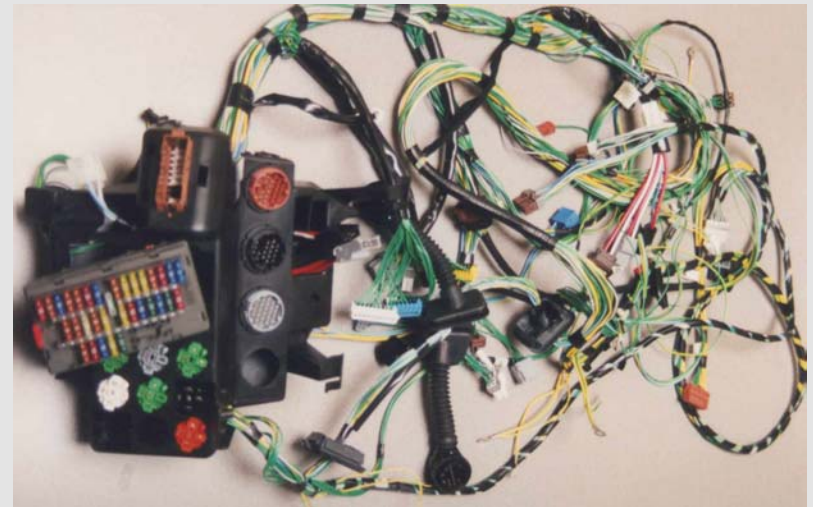
# Contraintes du fournisseur



- Contraintes produit :
  - *grande diversité du produit fini*
  - *de très nombreux composants*
- Contraintes processus :
  - *sites de proximité (réactif)*
  - *sites délocalisés (coûts de production meilleur marché)*

# Problématique de diversité

- Ce que veut le donneur d'ordre :
  - *au niveau logistique*
    - ♦ *être livré en synchrone*
  - *au niveau du produit*
    - ♦ *des faisceaux électriques juste nécessaires*



- Question du fournisseur

– *Comment produire un produit à forte diversité dans de telles conditions ?*

# Méthodologie proposée

1. Mise en place d'une action "Maîtrise de la diversité"
2. Choix des indicateurs
3. Analyse des besoins fonctionnels
4. Création d'une structure fonctionnelle
5. Création d'une structure technique
6. Création des ensembles de process
7. Recherche des solutions
8. Choix d'une solution

# Stratégie

- Décomposer les faisceaux électriques en Modules Industriels qui seront réalisés dans les sites délocalisés et produits sur stock
- Réaliser un assemblage final sur site de proximité



# Méthodologie proposée

1. Mise en place d'une action "Maîtrise de la diversité"
2. Choix des indicateurs
3. Analyse des besoins fonctionnels
4. Création d'une structure fonctionnelle
5. Création d'une structure technique
6. Création des ensembles de process
7. Recherche des solutions
8. Choix d'une solution



# Choix des indicateurs

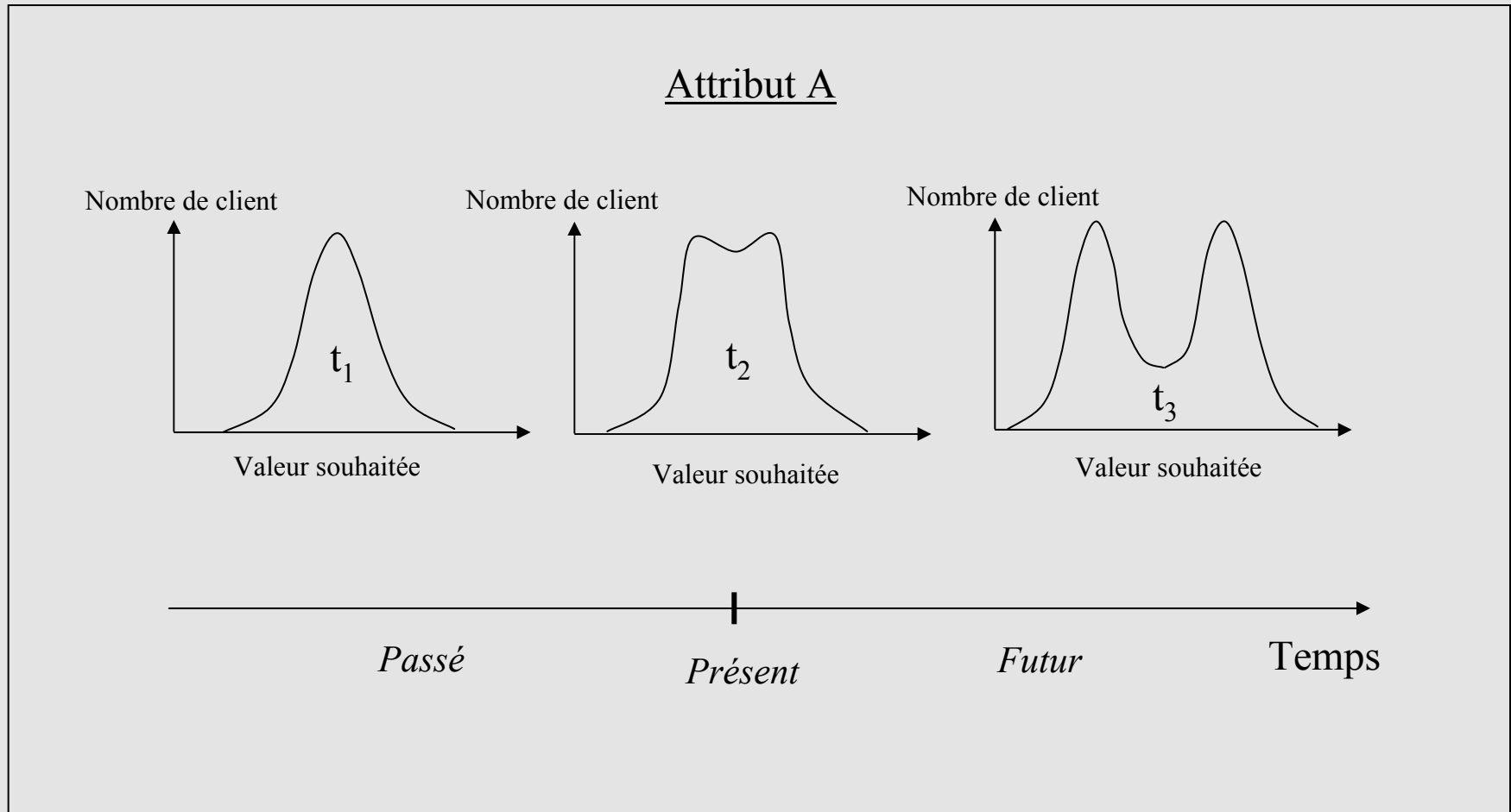
- Coût de gestion des références de Modules Industriels à gérer
  - *proportionnel au nombre de sous assemblages réalisés dans les sites délocalisés*
- Temps d'assemblage final
  - *dépend du nombre de MIs*
  - *dépend de la manière dont sont agencés les MIs*
  - *limité par le temps de synchronisation entre les deux partenaires*



# Méthodologie proposée

1. Mise en place d'une action "Maîtrise de la diversité"
2. Choix des indicateurs
3. Analyse des besoins fonctionnels
4. Création d'une structure fonctionnelle
5. Création d'une structure technique
6. Création des ensembles de process
7. Recherche des solutions
8. Choix d'une solution

# 3- Analyse des besoins fonctionnels



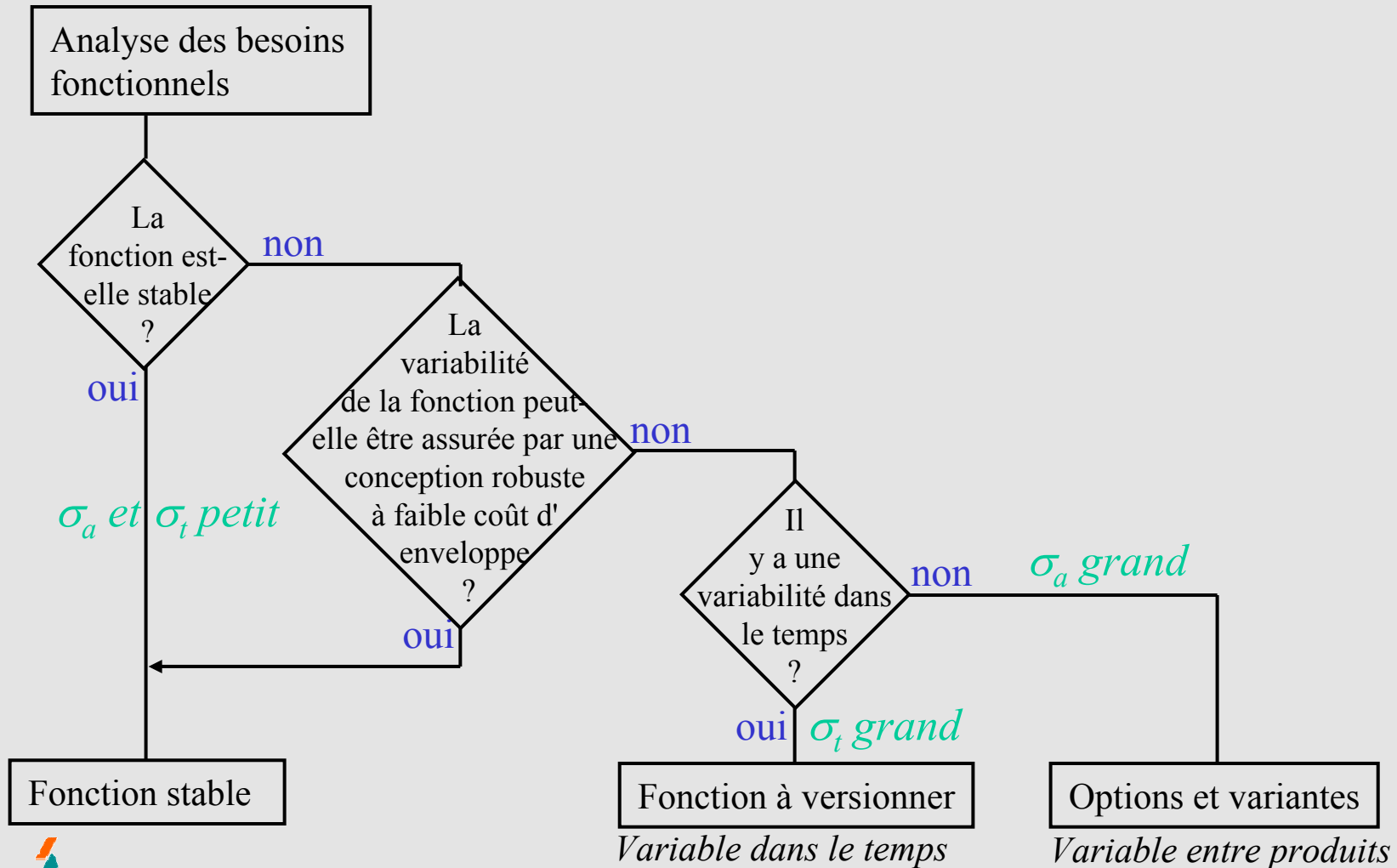
# 3- Analyse des besoins fonctionnels

- Centrée sur le client:
  - *définir un client type*
  - *définir plusieurs groupes de clients (Data Mining : clustering)*
    - ♦ *il pourra être judicieux de proposer plusieurs groupes de produits ciblés par groupes de clients*
  - *sélectionner un ensemble / sous-ensemble de clients à satisfaire en priorité (Data Mining : classification)*
    - ♦ *ex : faire un produit haut de gamme pour une certaine catégorie de clients*
  - *chiffrer les associations de demande des clients (DM association rules / analyse de paniers)*
    - ♦ *ex : si un client choisit l'option A et l'option B, alors dans 72% des cas il choisira aussi l'option C*

# Méthodologie proposée

1. Mise en place d'une action "Maîtrise de la diversité"
2. Choix des indicateurs
3. Analyse des besoins fonctionnels
4. Création d'une structure fonctionnelle
5. Création d'une structure technique
6. Création des ensembles de process
7. Recherche des solutions
8. Choix d'une solution

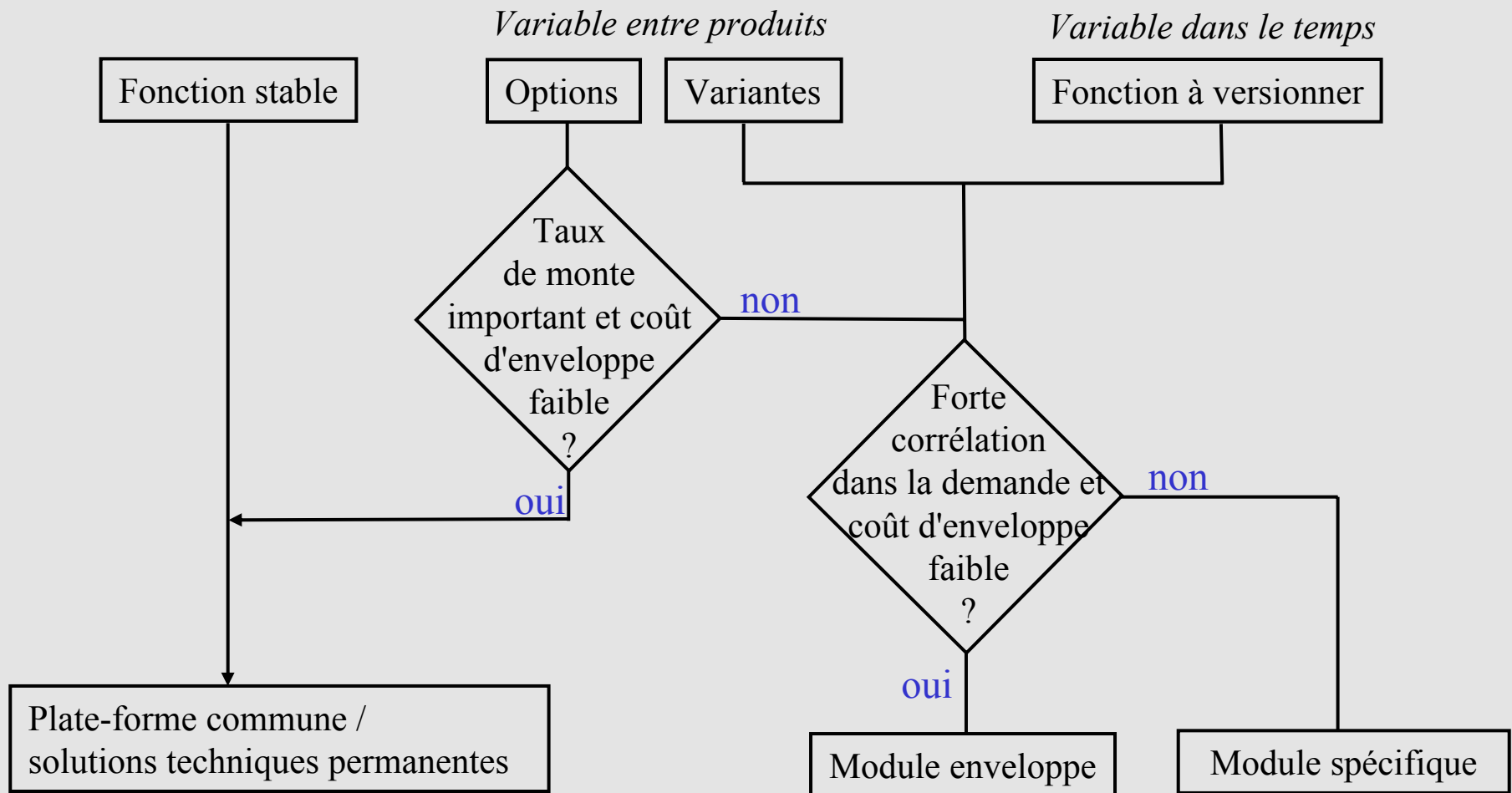
# 4- Création d'une structure fonctionnelle



# Méthodologie proposée

1. Mise en place d'une action "Maîtrise de la diversité"
2. Choix des indicateurs
3. Analyse des besoins fonctionnels
4. Création d'une structure fonctionnelle
5. Création d'une structure technique
6. Création des ensembles de process
7. Recherche des solutions
8. Choix d'une solution

# 5- Création d'une structure technique



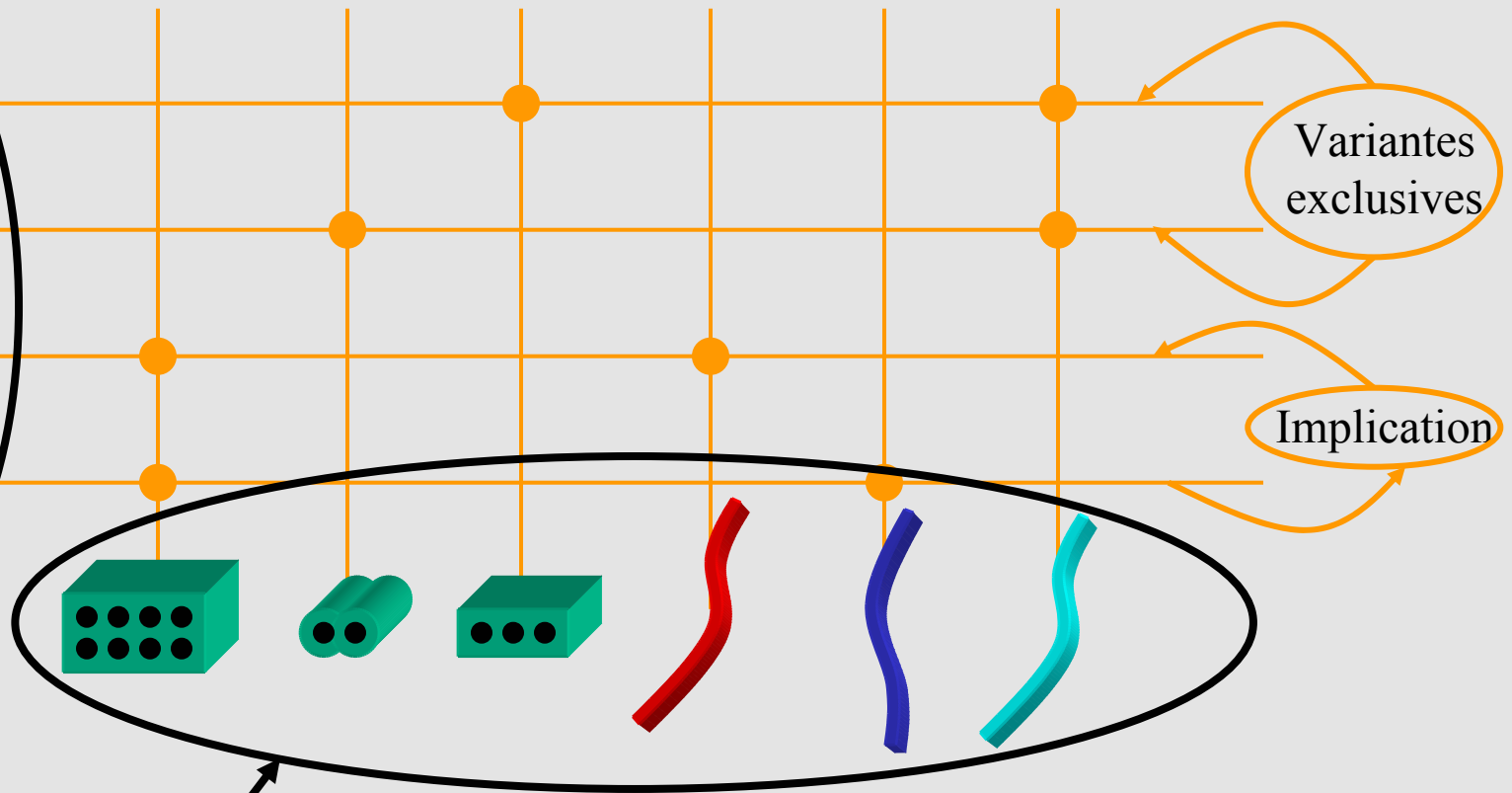
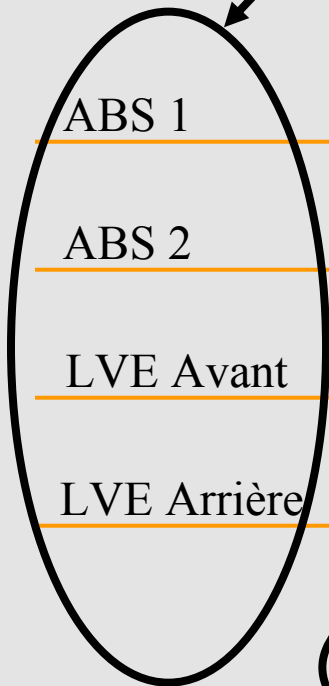
# Méthodologie proposée

1. Mise en place d'une action "Maîtrise de la diversité"
2. Choix des indicateurs
3. Analyse des besoins fonctionnels
4. Création d'une structure fonctionnelle
5. Création d'une structure technique
6. Création des ensembles de process
7. Recherche des solutions
8. Choix d'une solution



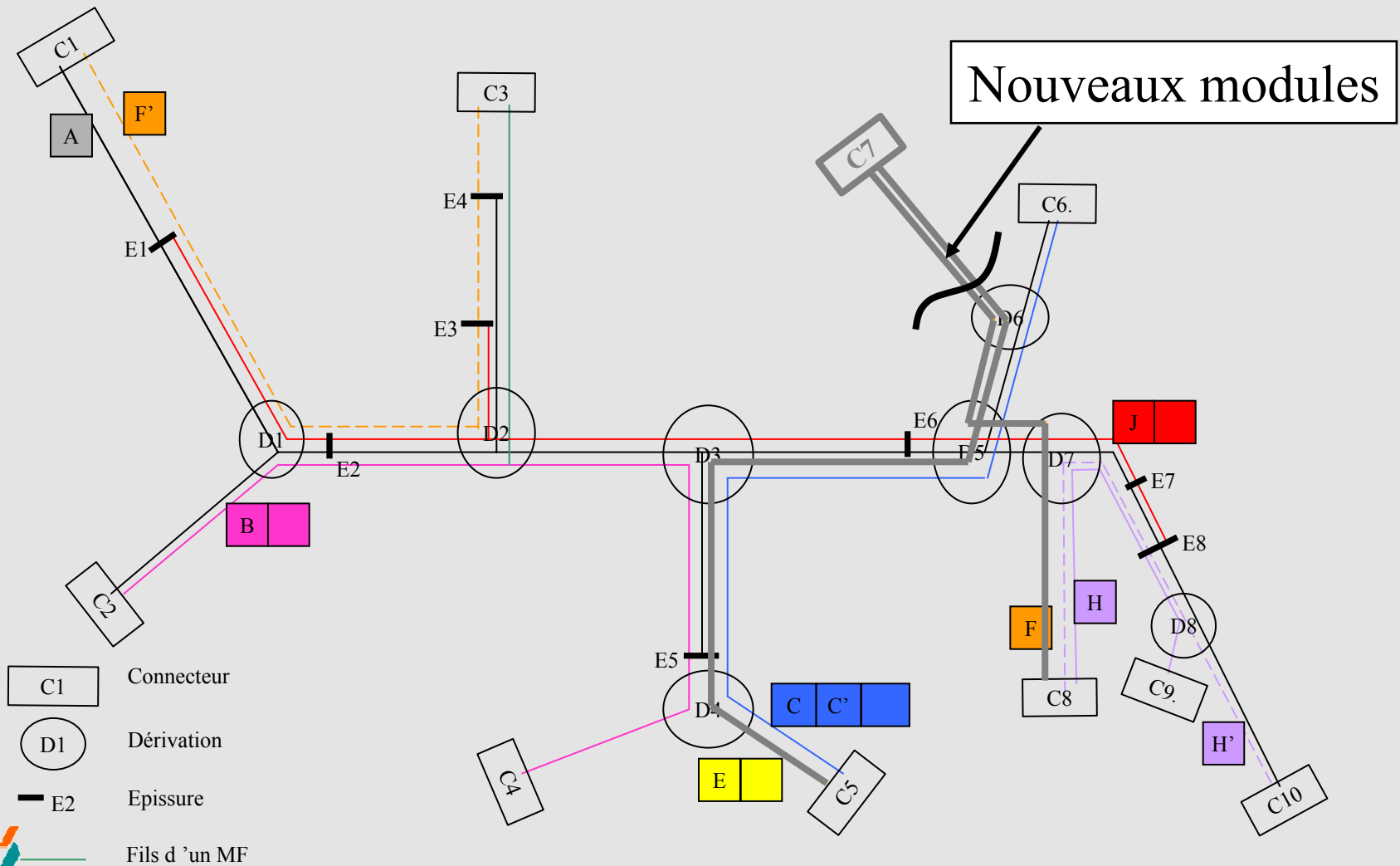
# Proposition

Découpage fonctionnel



Découpage structurel

# Définition des modules



# Nombre de MIs à produire

- Soit 4 fonctions à satisfaire A, B, C et D, en **diversité totale** nous devons créer au maximum  $2^4-1=15$  MIs différents.

A, ~~B~~, ~~C~~, ~~D~~, ~~AB~~, AC, AD, ~~BC~~, ~~BD~~, ~~CD~~, ~~ABC~~, ABD, ACD, ~~BCD~~, ~~ABCD~~

- Contraintes

- *A est une fonction obligatoire* X

- *B et C incompatibles* X

- Si un taux d'enveloppe est autorisé

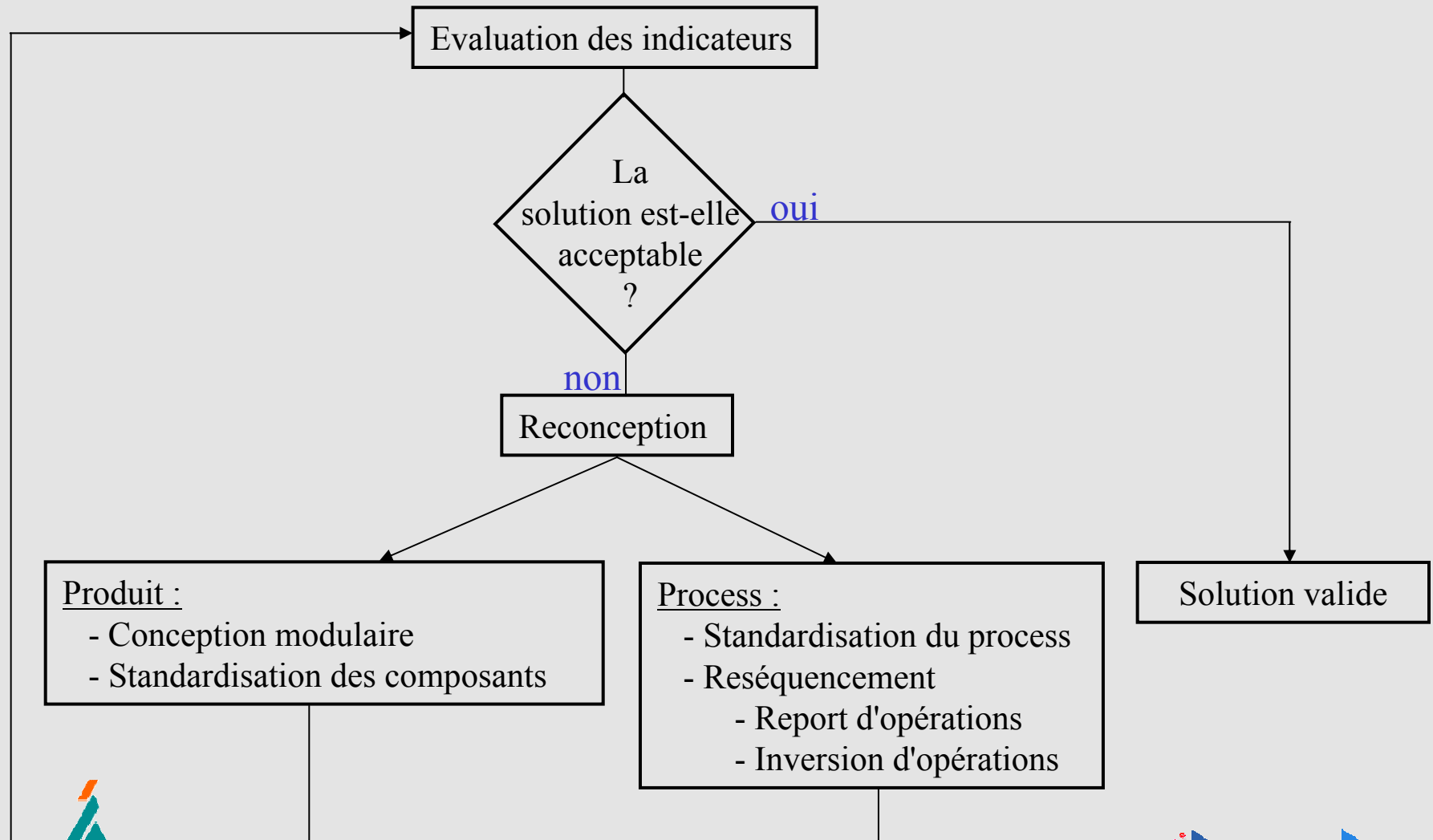
- *standardisation / règles d'associations (Data Mining)*

- ♦ *si (A et B) alors D dans 95 % des cas* X

# Méthodologie proposée

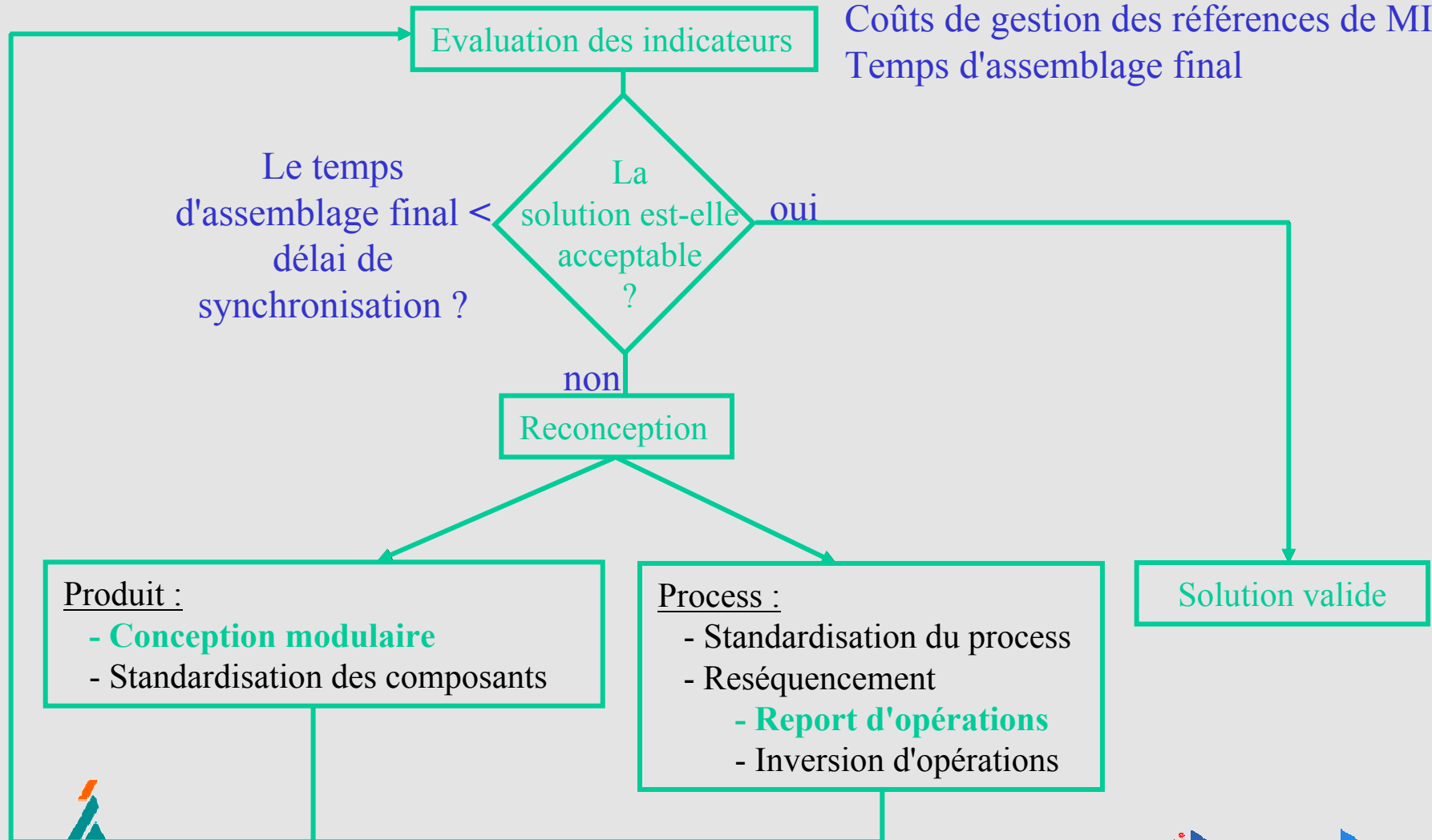
1. Mise en place d'une action "Maîtrise de la diversité"
2. Choix des indicateurs
3. Analyse des besoins fonctionnels
4. Création d'une structure fonctionnelle
5. Création d'une structure technique
6. Création des ensembles de process
7. Recherche des solutions
8. Choix d'une solution

# 7- Recherche des solutions

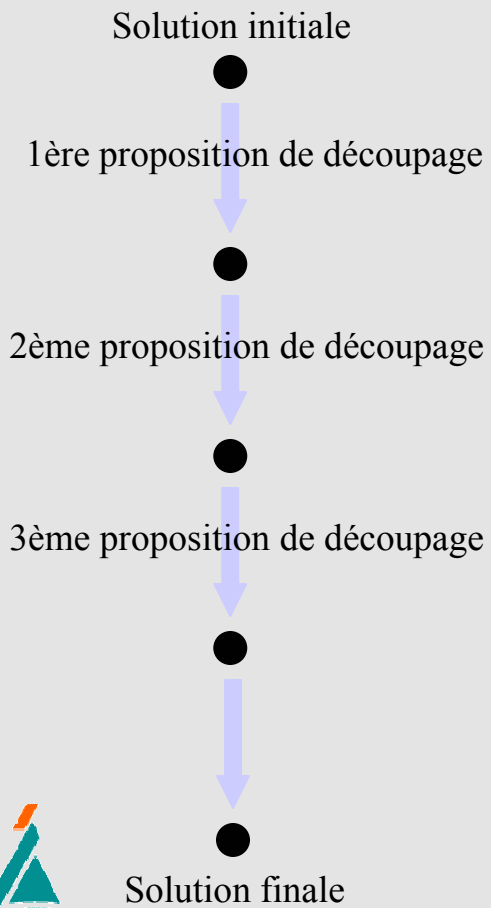


# 7- Recherche des solutions

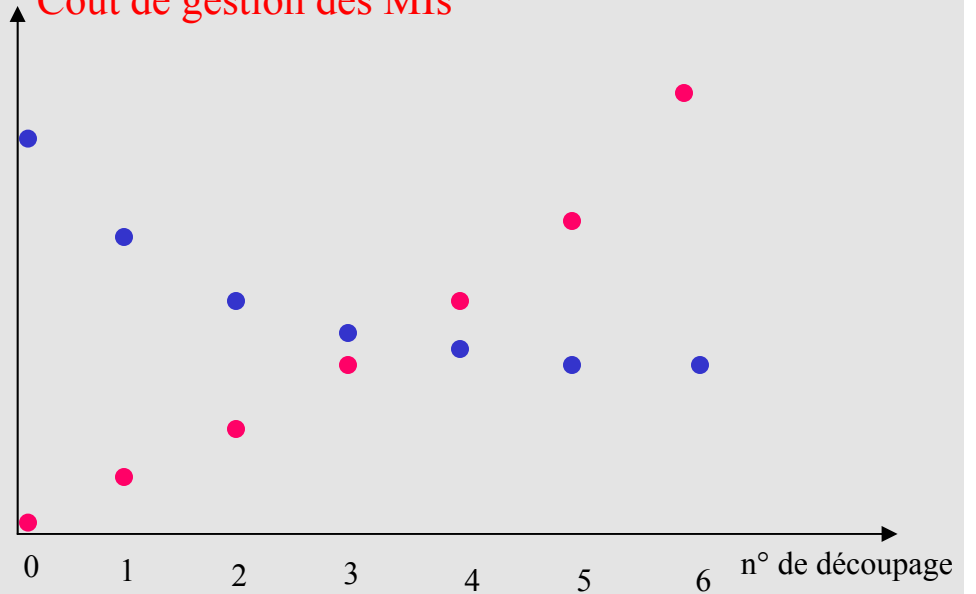
Coûts de gestion des références de MIs,  
Temps d'assemblage final



# Premiers résultats



Temps d'assemblage final  
Coût de gestion des MIs



# Application industrielle



Découpage Structurel

FAISCEAU MODULE 1 Nœud sélectionné : 138 Temps : 1080.5 Coût : 2 600 000 Critère : 1203360  
 FAISCEAU MODULE 2 Nœud sélectionné : 119 Temps : 368.5 Coût : 100 000 Critère : 1197120

FA Itération n°1.....temps gagné : 1902.5 (ABS-ESP-1 BasicSkoda-1 Getriebe-1 Motorkuehlung-1)  
 FA Itération n°2.....temps gagné : 1314.4 (Motorkuehlung-3 Motormodule-1)  
 FA Itération n°3.....temps gagné : 549.4 (DWA-Horn-1 Nebelscheinwerfer-1 Motormodule-4)  
 Itération n°4.....temps gagné : 379 (Motormodule-7 Motorkuehlung-6)

FAISCEAU MODULE 7	Noeud selectionne : 72	temps : 160.25	cout : 0.0	critere : 564
FAISCEAU MODULE 8	Noeud selectionne : 112	temps : 152.0	cout : 0.0	critere : 535
FAISCEAU MODULE 9	Noeud selectionne : 118	temps : 144.5	cout : 0.0	critere : 508
FAISCEAU MODULE 10	Noeud selectionne : 71	temps : 165.5	cout : 100000.0	critere : 482
FAISCEAU MODULE 11	Noeud selectionne : 38	temps : 212.0	cout : 400000.0	critere : 346
FAISCEAU MODULE 12	Noeud selectionne : 82	temps : 94.0	cout : 0.0	critere : 330
FAISCEAU MODULE 13	Noeud selectionne : 73	temps : 78.5	cout : 0.0	critere : 276
FAISCEAU MODULE 14	Noeud selectionne : 80	temps : 94.0	cout : 100000.0	critere : 230
FAISCEAU MODULE 15	Noeud selectionne : 76	temps : 64.5	cout : 0.0	critere : 227
FAISCEAU MODULE 16	Noeud selectionne : 27	temps : 63.0	cout : 0.0	critere : 221
FAISCEAU MODULE 17	Noeud selectionne : 116A	temps : 62.0	cout : 0.0	critere : 218

## DECOUPAGE DU FAISCEAU

Itération n°1.....temps gagné : 1902.5 (ABS-ESP-1 BasisSkoda-1 Getriebe-1 Motorkuehlung-1 )  
 Itération n°2.....temps gagné : 1314.4 (Motorkuehlung-3 Motormodule-1 )  
 Itération n°3.....temps gagné : 549.4 (DWA-Horn-1 Nebelscheinwerfer-1 Motormodule-4 )  
 Itération n°4.....temps gagné : 379.0 (Motormodule-7 Motorkuehlung-6 )  
 Itération n°5.....temps gagné : 370.5 (Doppel-undSignalhorn-1 Servolenkung-1 )  
 Itération n°6.....temps gagné : 452.5 (Motormodule-3 SRA-1 Versorgung-1 )  
 Itération n°7.....temps gagné : 264.0 (beheizbarEFrontduesen-1 Motormodule-2 )  
 Itération n°8.....temps gagné : 232.0 (Motormodule-6 ABS-ESP-2 )

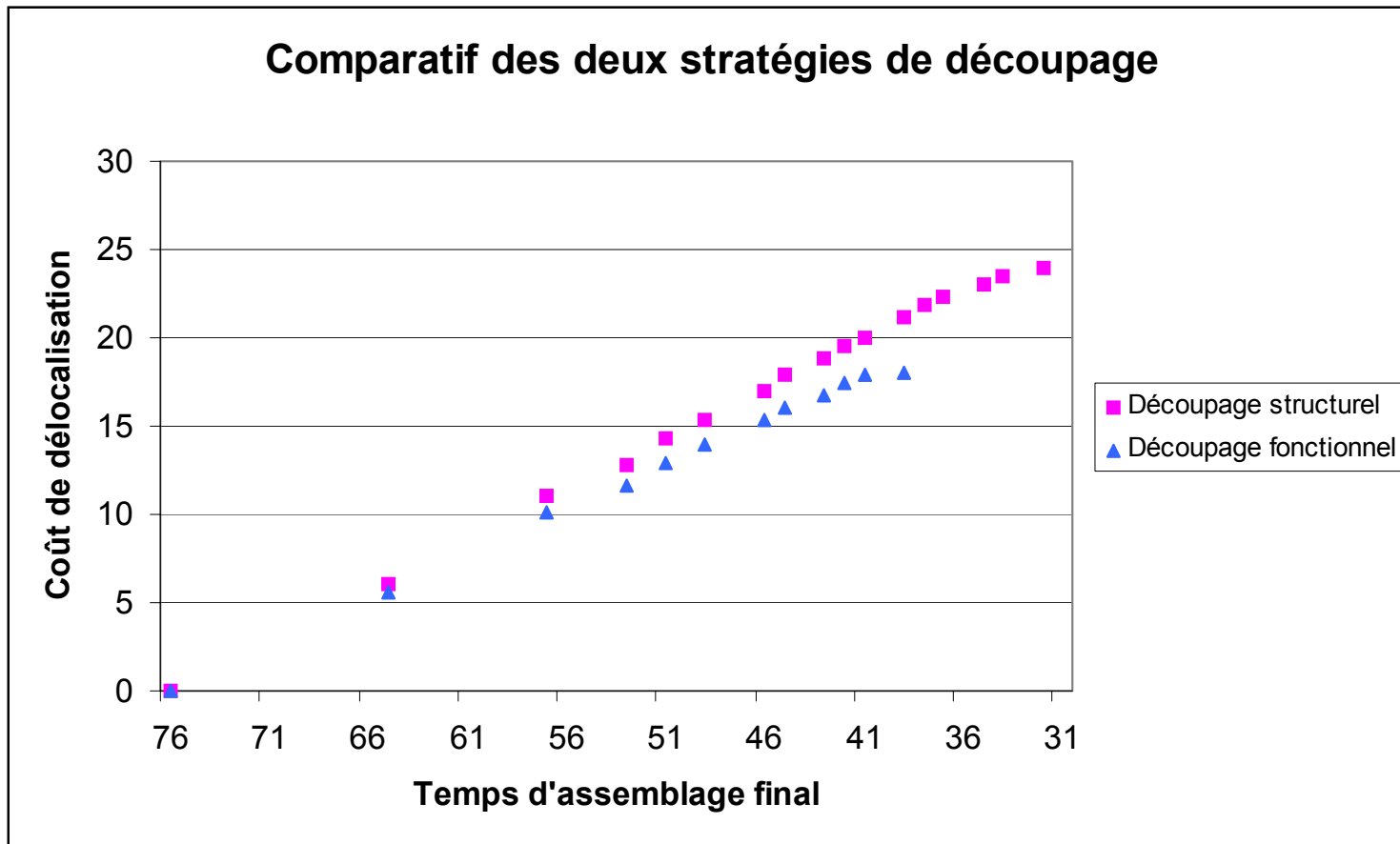


# Méthodologie proposée

1. Mise en place d'une action "Maîtrise de la diversité"
2. Choix des indicateurs
3. Analyse des besoins fonctionnels
4. Création d'une structure fonctionnelle
5. Création d'une structure technique
6. Création des ensembles de process
7. Recherche des solutions
8. Choix d'une solution

# Exploitation des résultats

Découpage structurel



- 
- 
- 

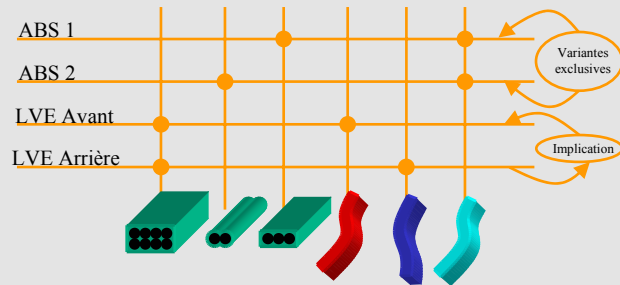
# III - Conclusions et perspectives

# Conclusions

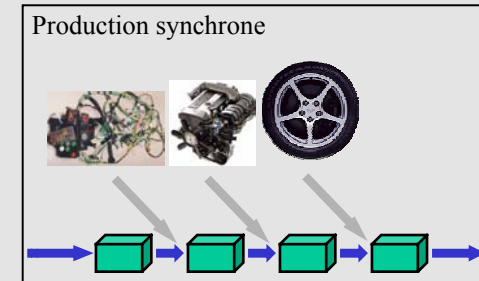
- Problématique de gestion de la diversité
  - *problématique actuelle liée à l'évolution du marché*
  - *problématique transversale qui concerne différents secteurs d'une même entreprise*
  - *la problématique révèle différents niveaux de diversité*
  - *différentes natures de contraintes (commerciales, techniques, process)*
  - *des enjeux stratégiques, tactiques et économiques forts*

# Conclusions

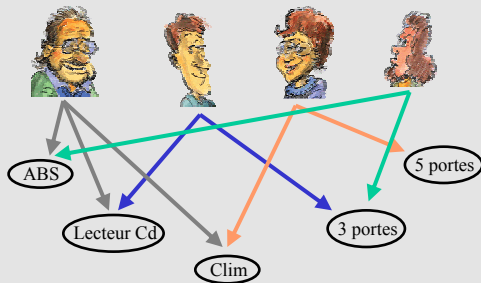
## Diversité technique



## Diversité process



## Diversité fonctionnelle



Manque d'outils, de méthodologie globale

Application dans le cas des faisceaux électriques

# Perspectives (I)

- Méthodologie

- *Mesurer l'apport de la méthodologie grâce à des indicateurs quantitatifs*

- ♦ *définir des indicateurs pertinents*

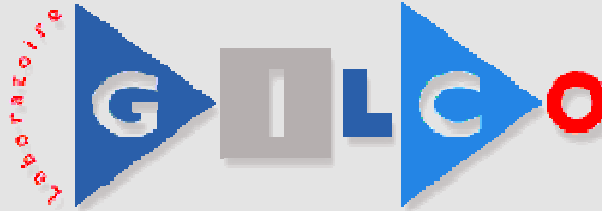
- *Valider la méthodologie sur différents cas*

- ♦ *classes de problème*

- => classes de solutions

# Perspectives (II)

- Qualité de la solution
  - Recherche de l'optimum global
  - Recherche d'une solution robuste
- Prise en compte des paramètres économiques globaux
  - évaluer l'effet enveloppe
  - standardisation
- Etude de la demande (Data Mining)



# Contribution à une méthodologie de conception de produits à forte diversité

*bruno.agard@gilco.inpg.fr*

ENSGI - INPG

46 avenue Félix Viallet

38 031 Grenoble

*<http://gilco.inpg.fr/agard/>*