



Fabrication Rapide & Éco-Design

# ANALYSE MULTICRITERE

Jonathan NZISABIRA & Pierre DUYSINX  
Research Center in Sustainable Automotive  
Technologies of University of Liege  
Academic Year 2021-2022

PROGRAMME D'INNOVATION POUR LA COMPÉTITIVITÉ DES PME DE LA MÉCANIQUE, DE LA MACHINE SPÉCIALE,  
DE LA DÉFORMATION ET DES MATÉRIAUX DANS LES RÉGIONS WALLONIE-LORRAINE-LUXEMBOURG (WLL)



# Références

- Caillet, R., (2003) Analyse multicritère : étude de comparaison de méthodes existantes en vue d'une application en analyse de cycle de vie, *Cahiers, série scientifique, n°2003s-53*, CIRANO, Montréal.
- Fandel, G., Matarazzo, B., Spronk, J., (1983) *Multiple Criteria Decision Methods and Applications*, Springer Verlag, Berlin.
- Keeney, R., Raiffa, H., (1976) *Decision with Multiple Objectives ; Preferences and Value Trade-off*, Wiley, New York.
- Munda, G., Nijkamp, P., Rietvelt, P., (1994) Quantitative Multicriteria Evaluation for Environmental Management, *Ecological Economics*, 10, 97-112.
- Roy, B., (1985) *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*, Economica, Paris.
- Roy, B., (1990) Decision Aid and Decision Making, in Bana e Costa, C.A., (ed) *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, Springer Verlag, Berlin.
- Simon, H.A., (1978) On How to Decide What to Do, *The Bell Journal of Economics*, 9, 494-507.
- Simon, H.A., (1991) Bounded Rationality, in *The New Palgrave*, I, Macmillan, London.
- Spronk, J., (1981) *Interactive Multiple Goal Programming for Capital Budgeting and Financial Planning*, Nijhoff, Boston.
- Wierzbicki, A.P., (1982) A Mathematical Basis for Satisficing Decision Making, *Mathematical Models*, 3, 391-405.
- Yu, P.L., (1985) *Multi Criteria Decision Making : Concepts, Techniques and Extensions*, Plenum Press, New York.
- Zeleny, M., (1982) *Multiple Criteria Decision Making*, Mac Graw Hill, New York.

# Références

- Logiciels dédiés à une méthode
  - AHP: <http://www.expertchoice.com/>
  - Electre IS, III, IV, TRI, IRIS, SRF: <http://www.lamsade.dauphine.fr/el2.log>
  - Naiade (gratuit): [http://www.aiaccproject.org/meetings/Trieste\\_02/trieste\\_cd/Software/Software.htm#nai](http://www.aiaccproject.org/meetings/Trieste_02/trieste_cd/Software/Software.htm#nai)
- Logiciels comprenant plus d'une méthode
  - MultCSync (version gratuite) <http://uts.cc.utexas.edu/~consbio/Cons/ResNet.html>
  - NLPJOB (version gratuite): [http://www.unibayreuth.de/departments/math/~kschittkowski/easy\\_opt.htm](http://www.unibayreuth.de/departments/math/~kschittkowski/easy_opt.htm)
  - Visual Decision: [http://www.visualdecision.com/download\\_f.html](http://www.visualdecision.com/download_f.html)

# Plan de la présentation

- Introduction
- Quelques définitions
- La méthodologie
- Différentes méthodes utilisées
- La méthode AHP
- Conclusion

# Introduction

## → Problème Monocritère

- Suppose que l'on peut dégager à partir d'une seule fonction objectif l'évaluation des conséquences associées à chaque action: **solution optimale**
- Pas toujours faisable en réalité

## → Problème Multicritère

- Définit une problématique selon plusieurs critères et leurs conséquences sur la décision: **meilleur compromis**

## → Deux grands groupes de méthodes

- Programmation mathématique à objectifs multiples
  - S'applique lorsque les conditions sur les critères sont bien définies et que les solutions potentielles forment un ensemble infini et continu
- Analyse multicritère
  - S'applique lorsque les conditions sur les critères sont mal définies et que les actions potentielles forment un ensemble fini et en quantité restreinte

# Introduction

## → Buts:

- Apporter un éclairage et **un outil rationnel à certaines problématiques de décision** où :
  - plusieurs critères quantitatifs et qualitatifs sont pris en considération;
  - ces critères sont souvent hétérogènes;
  - ces critères sont généralement conflictuels;
  - ces critères sont généralement considérés d'importance inégale.
- Fournir à un décideur des outils lui permettant de progresser dans la résolution d'un problème de décision où plusieurs points de vue, souvent contradictoires, doivent être pris en compte.
- La divergence des objectifs nécessite la recherche d'une solution des meilleurs compromis possibles.
- Permettre de concilier les aspects économiques, de design, technologiques, environnementaux, sociaux...

# Applications

- Choix d'un moyen de transport
- Sélection d'un fournisseur
- Choix d'un site
- Sélection d'une technologie de communication
- Choix d'un système de stockage d'énergie
- Choix d'un job
- Etc.

# Quelques définitions

- **Alternatives** : choix disponibles (de quelques-uns à des centaines)
- **Critères** (ou attributs): aspects suivant lesquels les alternatives sont examinées
- **Unités** : façon d'exprimer la performance vs les critères ;
- **Poids** (des critères) : importance attribuée aux critères ; subjectifs ; normalisation



# Méthodologie

- Quelle que soit la méthode utilisée, la recherche de la solution efficace suit 5 étapes:
  - Identifier l'objectif global de la démarche et le type de décision
  - Dresser la liste des solutions possibles ou envisageables
  - Dresser la liste des critères à prendre en considération
  - Juger chacune des solutions aux yeux de chacun des critères
  - **Agréger ces jugements** pour choisir la solution la plus satisfaisante
- La différence entre les méthodes d'analyse multicritère se trouve dans la façon de réaliser cette dernière étape, soit dans la façon d'évaluer chacune des solutions en fonction des critères retenus.
- Dans la plupart des méthodes multicritères, l'importance relative des critères accordée par les décideurs est représentée par des **poids**.

# Méthodologie

- Choix des solutions alternatives
  - Types
    - Scénarios
    - Solutions potentielles
    - Des actions
  - Simples ou complexes
- Dresser la liste des critères à prendre en considération
  - Tenir compte de tous les points de vue exprimés par les membres du groupe de travail.
  - Ils ne doivent pas être redondants entre eux,
  - Ils doivent être clairs et faciles à manipuler
  - Ils doivent former un ensemble cohérent qui aboutit à des résultats plausibles et incontestables.

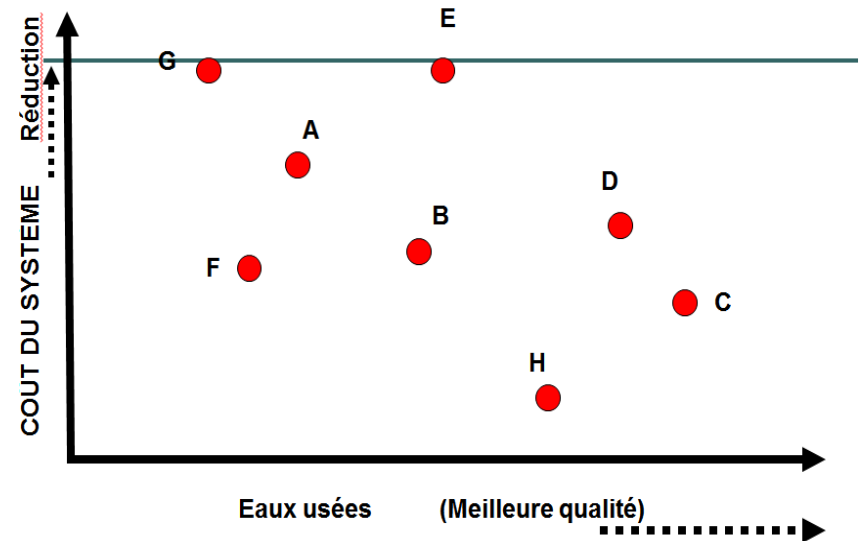
# Méthodologie

- Juger chacune des solutions aux yeux de chacun des critères
  - Donner un score pour chaque critère.
  - Choisir une échelle de notation compréhensible
  - Critères quantifiables (coûts, bénéfices)

# Méthodologie

→ Juger chacune des solutions aux yeux de chacun des critères

- Si une solution  $A$  a un mauvais score sur tous les critères, on peut l'éliminer
- Une solution  $A_i$  domine une solution  $A_k$  si:  $e_{ij} \geq e_{kj}$  pour tout  $j$  et si  $e_{ij} > e_{kj}$  pour au moins un  $j$
- Optimum de Pareto
  - On cherche sur un graphique une solution supérieure du point de vue d'un critère, sans toutefois faire diminuer les autres critères
  - Il existe des solutions non dominées sur une frontière, et c'est au décideur de choisir la solution qu'il préfère



# Matrice de décision

- La détermination des alternatives et des critères de décision pertinents
- La fixation des mesures numériques d'importance relative (poids) et des performances des alternatives vs les critères définis
- Le traitement des valeurs numériques pour classer les alternatives

CRITERES				
Alternatives	C1	C2	...	Cn
Poids relatifs	w1	w2	...	Wn
A1	a11	a12	..	a1n
A2	a21	a22	...	a2n
...	'''	...	...	...
Am	am1	am2	...	amn

# Méthodes d'agrégation

## → Trois groupes de méthodes

- Méthodes d'agrégation complète (Top-down approach)
  - On cherche à agréger les  $n$  critères afin de les réduire en un critère unique.
  - On suppose que les jugements sont transitifs : ex: si  $a > b$ , et  $b > c$  alors  $a > c$
- Méthodes d'agrégation partielle (Bottom-up approach)
  - On cherche à comparer des actions potentielles ou des classements les uns par rapport aux autres et à établir entre ces éléments des relations de surclassement.
- Méthodes d'agrégation locale
  - On cherche en premier lieu une solution de départ.
  - Par la suite, on procède à une recherche itérative pour trouver une meilleure solution.

# Principales Méthodes

- **WSM** (Weight Sum Method)
- **WPM** (Weight Product Method)
- Méthode du '*Goal Programming*'
- **AHP** (Analytic Hierarchy Process)
- Autres : ELECTRE, PROMETHE, TOPSIS...

# Weight Sum Method

- Méthode de la somme pondérée
- Idéale pour les problèmes à une seule dimension
- Le moins de calculs
- Pour une matrice de profits

$$A_{WSM} = \max_i \sum_{j=1}^N a_{ij} x w_j \quad \text{pour } i=1, 2, \dots, M$$

- Pour une matrice de coût

$$A_{WSM} = \min_i \sum_{j=1}^N a_{ij} x w_j \quad \text{pour } i=1, 2, \dots, M$$

- Faiblesse: effet de compensation

Exemple: On utilise ici une échelle de 0 à 6 (excellent=6, très bon=5, bon=4, moyen=3, passable=2, pas bon=1, médiocre=0)  
Voici les résultats:

Action 1: 1 5 4 4 4 La somme est 18

Action 2: 4 3 4 3 3 La somme est 17

Selon la somme des évaluations des critères, l'action 1 serait la meilleure, pourtant elle est loin de satisfaire le critère 1



# Weight Product Method

- Modèle des produits pondérés
- Très similaire à la méthode WSM
- Utilise la multiplication plutôt que l'addition → moyenne géométrique
- Sans dimension
- Chaque alternative comparée aux autres en multipliant des ratios (un pour chaque critère)
- Cette méthode pénalise fortement les actions très mauvaises pour un critère

Exemple:

Action 1: 1 5 4 4 4

Action 2: 4 3 4 3 3

$a_1 = (1/5) * (5/8) * (4/8) * (4/7) * (4/7) = 0,0204$

$a_2 = (4/5) * (3/8) * (4/8) * (3/7) * (3/7) = 0,0276$

Avec cette méthode, l'action 2 serait ici la meilleure

$$\max \text{ ou } \min \prod_{j=1}^m \left( \frac{a_{ij}}{a_{Lj}} \right)^{w_{ij}}$$

# Le Goal Programming

- Cette technique permet de poursuivre simultanément plusieurs objectifs
- La fonction objectif de cette méthode consiste à minimiser les écarts entre les finalités et les réalisations tout en traitant en priorité les écarts les plus importants par rapport aux objectifs.
- La recherche de l'optimum revient à minimiser ces écarts selon l'ordre de priorité de chacune.
- Ainsi, au lieu de s'accrocher à l'objectif optimum, la démarche mathématique s'approche de la réalité quotidienne.

# Etapes du Goal Programming

- Définition des variables de décision
  - Les variables de décision sont semblables à celles de la Programmation Linéaire (Nombre de produits, heures de travail...)
- Définition des écarts par rapport aux buts
  - Les variables liées aux écarts par rapport aux buts sont de deux sortes: écarts inférieurs et écarts supérieurs aux buts.
    - $d^+$  représente les écarts supérieurs
    - $d^-$  représente les écarts inférieurs
- Formulation des équations contraintes
  - Contraintes économiques
  - Contraintes liées aux buts
- Formulation de la fonction objectif

# Les contraintes

## → Contraintes économiques

- Expression:  $\leq$ ,  $\geq$ , ou  $=$
- Linéaire (exprimées en fonction des variables de décision)
- Exemple:  $3x + 2y \leq 50$  heures

## → Contraintes liées aux buts

- Forme générale:

$$\boxed{\text{Variables de décision}} - d^+ + d^- = \boxed{\text{Niveau du But recherché}}$$

# Exemple du GP

- Microcom est une société orientée croissance qui établit des buts de performance mensuels pour évaluer sa force de vente
- Microcom décide que la force de vente soit équivalente à un maximum de 640 heures de visites mensuels à ses clients
- De plus, on estime que chaque visite à un nouveau client potentiel exige 3 heures et chaque visite à un ancien client exige 2 heures
- Combien de clients anciens et nouveaux visités?
- Microcom fixe deux buts pour le mois suivant:
  - Contacter au moins 200 anciens clients
  - Contacter au moins 120 nouveaux clients
- Il est évident que le dépassement des buts est bénéfique (non pénalisant)

# Exemple du GP

- Step 1: Les variables de décision:
  - $X_1$  = le nombre d'anciens clients visités
  - $X_2$  = le nombre de nouveaux clients visités
  
- Step 2: Les Buts:
  - But 1 – Contacter 200 anciens clients
  - But 2 – Contacter 120 nouveaux clients
  
- Step 3: Les variables de déviation
  - $d_1^+$  = Nombre de clients anciens visités en excès par rapport au but de 200
  - $d_1^-$  = Nombre de clients anciens visités en moins par rapport au but de 200
  - $d_2^+$  = Nombre de clients nouveaux visités en excès par rapport au but de 120
  - $d_2^-$  = Nombre de clients nouveaux visités en moins par rapport au but de 120

# Exemple du GP

- Formulation du modèle de GP:
  - Contraintes économiques:
    - $2X_1 + 3X_2 \leq 640$
    - $X_1, X_2 \geq 0$
    - $d_1^+, d_1^-, d_2^+, d_2^- \geq 0$
  - Contraintes liées aux buts:
    - Anciens Clients:  $X_1 + d_1^- - d_1^+ = 200$
    - Nouveaux Clients:  $X_2 + d_2^- - d_2^+ = 120$
- } Égalité absolue
- Fonction Objectif:
    - Minimiser la somme pondérée des écarts
    - Minimiser  $Z = d_1^- + d_2^-$

# Exemple du GP

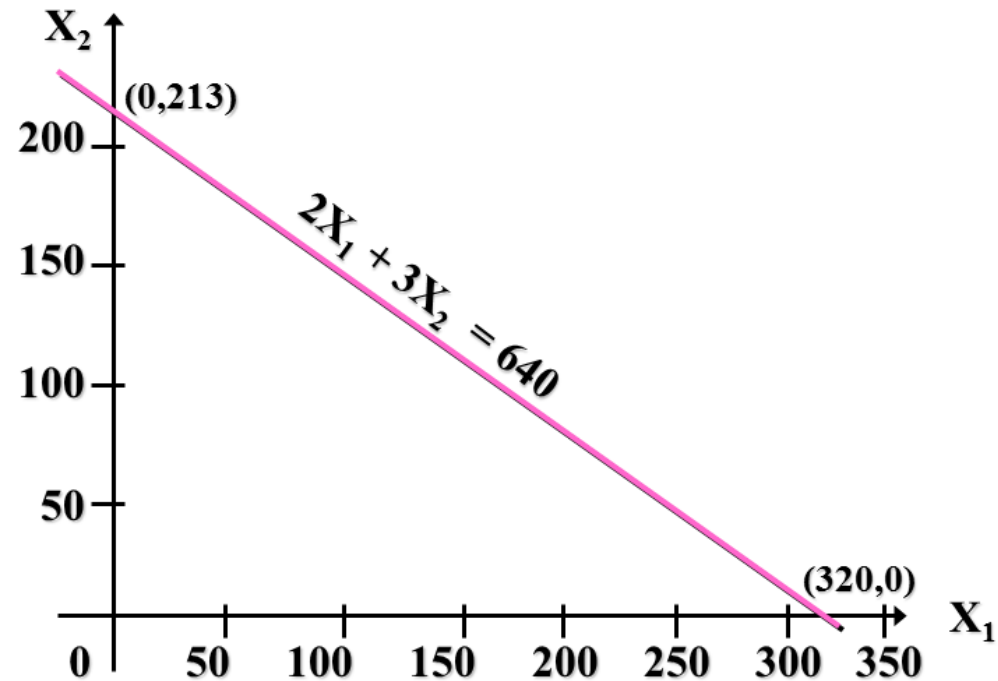
→ Formulation complète:

- Minimiser  $Z = d_1^- + d_2^-$
- Sous contraintes:
  - $2X_1 + 3X_2 \leq 640$
  - $X_1 + d_1^- - d_1^+ = 200$
  - $X_2 + d_2^- - d_2^+ = 120$
  - $X_1, X_2 \Rightarrow 0$
  - $d_1^+, d_1^-, d_2^+, d_2^- \Rightarrow 0$



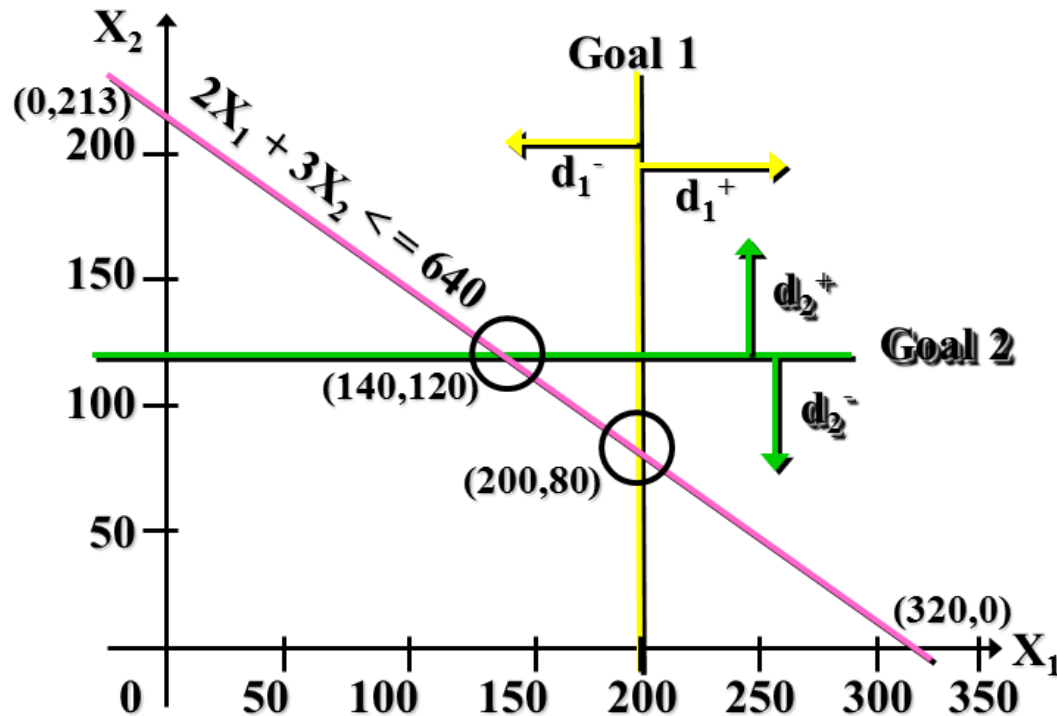
# Exemple du GP

- Résolution graphique
- Graphe des contraintes:
  - $2X_1 + 3X_2 = 640$ 
    - si  $X_1 = 0$ ,  $X_2 = 213$
    - si  $X_2 = 0$ ,  $X_1 = 320$
- Tracer la droite passant par les points  $(0, 213)$  et  $(320, 0)$



# Exemple du GP

- Graphe des lignes de déviation
  - $X_1 + d_1^- - d_1^+ = 200$  (Goal 1)
  - $X_2 + d_2^- - d_2^+ = 120$  (Goal 2)
- Tracer les droites  $X_1 = 200$  et  $X_2 = 120$



# Résolution Graphique du GP

- minimiser  $d_1^- + d_2^-$
- Evaluer les candidats:

Pour le point (140, 120)

$$d_1^- = 60 \text{ et } d_2^- = 0$$

$$Z = 60 + 0 = 60$$

Pour le point (200, 80)

$$d_1^- = 0 \text{ et } d_2^- = 40$$

$$Z = 0 + 40 = 40$$

Point Optimal



$$X_1 = 200$$

$$X_2 = 80$$

$$d_1^+ = 0$$

$$d_1^- = 0$$

$$Z = 40$$

But 1 atteint

But 2 non atteint

$$d_2^+ = 0$$

$$d_2^- = 40$$

# La Méthode AHP (Analytic Hierarchy Process) Thomas L. Saaty

- Méthode AHP développée en 1971 par Thomas L. Saaty
  - Elle se distingue par sa façon de déterminer les poids des critères
  - Elle procède par combinaisons binaires de chaque niveau de la hiérarchie par rapport aux éléments du niveau supérieur
- Cette méthode a été utilisée dans des domaines aussi variés: la planification du transport, fixation des prix (du pétrole en 1990 (1980)), exploration minière en Mauritanie (1976), l'achat d'un véhicule, le choix de systèmes de production dans des industries et plusieurs autres.

# La Méthode AHP (Analytic Hierarchy Process) Thomas L. Saaty

- Processus de hiérarchie analytique
- **Décomposition d'un problème complexe en un système de hiérarchies**
- Plusieurs matrices requises
- Calcul des vecteurs (poids, priorités)
- Pratique pour des critères intangibles
- Meilleure alternative

$$A_{AHP} = \max_i \sum_{j=1}^N a_{ij} \times w_j \quad \text{pour } i = 1, 2, \dots, M$$

# La Méthode AHP

## → Procédure

- Étape 1 :
  - Décomposer le problème complexe en une structure hiérarchique
  - Définir l'objectif cible (niveau 0)
  - Définir les critères de décision ou d'analyse (niveau 1)
  - Définir l'ensemble d'options sous étude (niveau 2).

# La Méthode AHP

## → Etape 1

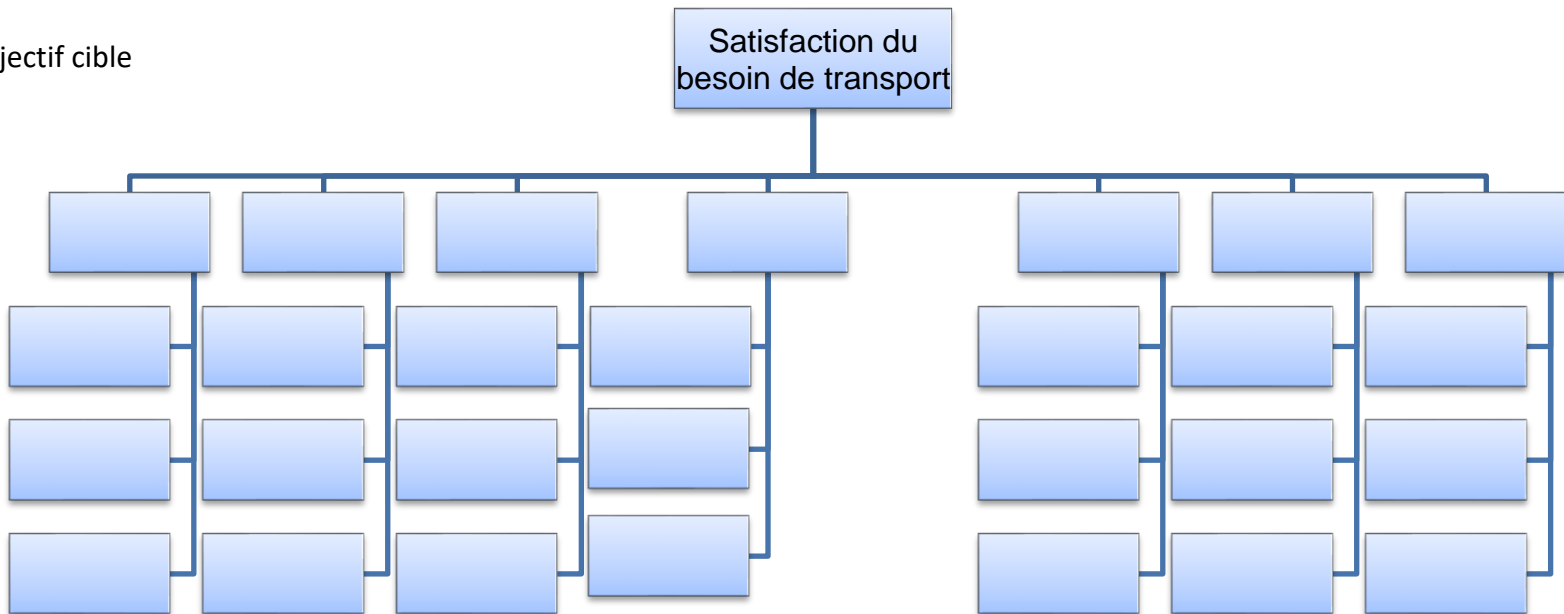
- exemple: Choix d'un moyen de transport individuel

Niveau 0: Objectif cible

Satisfaction du  
besoin de transport

Niveau 1:  
Critères

Niveau 2:  
Ensemble  
sous étude



# La Méthode AHP

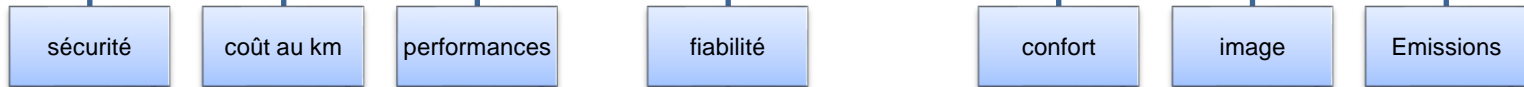
## → Etape 1

- exemple: Choix d'un moyen de transport individuel

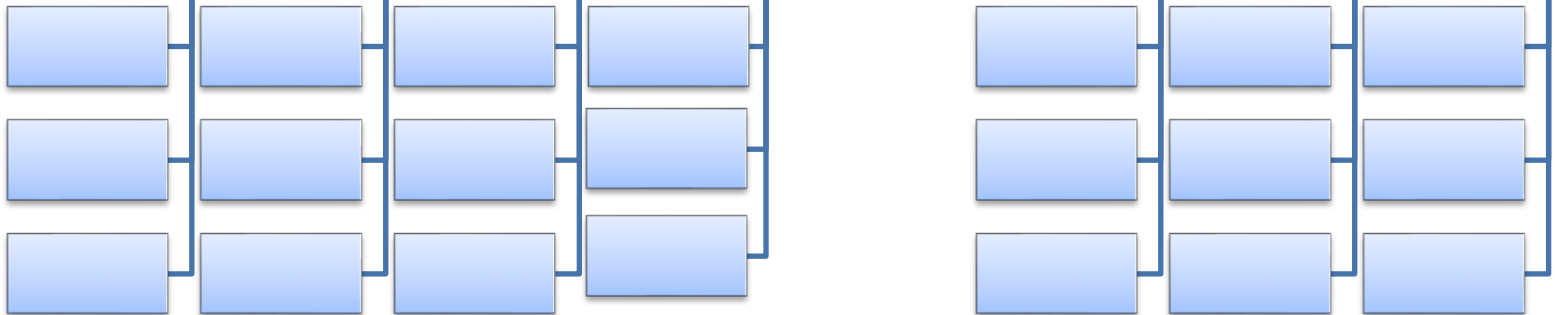
Niveau 0: Objectif cible

Satisfaction du Besoin  
de transport

Niveau 1:  
Critères



Niveau 2:  
sous  
critères



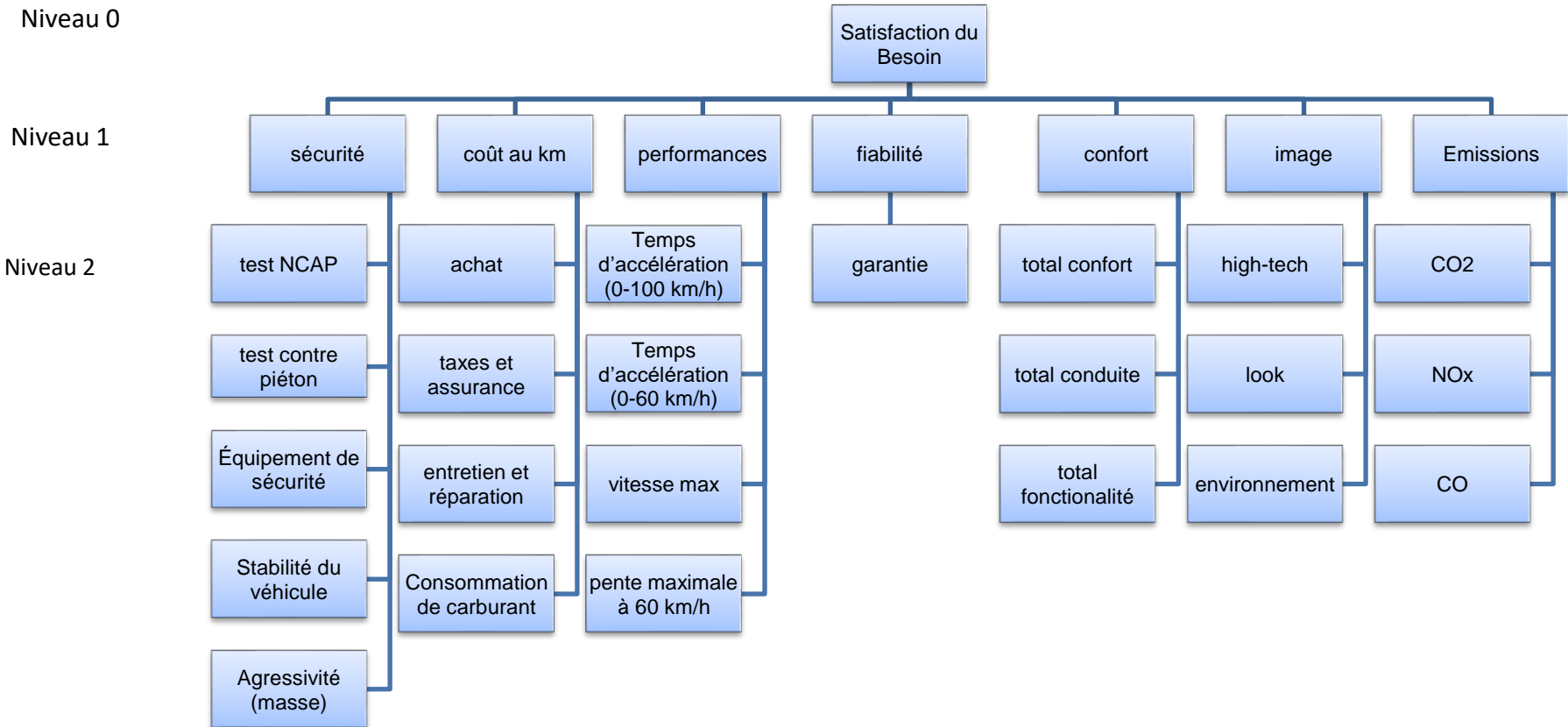
Niveau 3:  
Ensemble  
sous étude



# La Méthode AHP

## Etape 1

exemple: Choix d'un moyen de transport



# La Méthode AHP

- Étape 2 : Effectuer les comparaisons binaires
- Comparer l'importance relative de tous les éléments appartenant à un même niveau de la hiérarchie pris deux par deux, par rapport à l'élément du niveau immédiatement supérieur.
  - Pour chaque comparaison on doit choisir le critère le plus important et exprimer son jugement quant à son importance.
  - Par exemple, on pourrait dire que le prix est plus important que le niveau de fiabilité
  - La mesure pour déterminer l'importance relative pourrait être exprimée par échelle de 1 à 9

Jugement verbal	Valeur numérique
Extrêmement plus important	9
Très fortement plus important	7
fortement plus important	5
modérément plus important	3
importance égale	1

# La Méthode AHP

→ Étape 2 : Effectuer les comparaisons binaires

comparaison	Critère plus important	Echelle	Evaluation
Sécurité-coût	sécurité	Également à modérément plus important	2
Sécurité-performances	sécurité	Modérément à fortement plus important	4
Sécurité-image	sécurité	Modéré-fortement plus important	4
Sécurité-fiabilité	sécurité	Fortement plus important	5
Sécurité-confort	sécurité	Fortement plus important	5
Coût-performances	Coût	Modérément à fortement plus important	4
Coût-image	coût	Modérément à fortement plus important	4
Coût-fiabilité	coût	Fortement plus important	5
Coût-confort	coût	Fortement plus important	5
Performances-image	image	Également à modéré ment plus important	2
Performances-fiabilité	Performances	Modérément plus important	3
Performances-confort	performances	Modérément plus important	3
Image-fiabilité	Image	Modérément à fortement plus important	4
Image-confort	image	Modérément à fortement plus important	4
Fiabilité-confort	Confort	Également à modérément plus important	2

## ■ Matrice de comparaison des paires

	sécurité	coût	performances	image	fiabilité	confort
sécurité	1	2	4	4	5	5
Coût	1/2	1	4	4	5	5
Performances	1/4	1/4	1	1/2	3	3
Image	1/4	1/4	2	1	4	4
Fiabilité	1/5	1/5	1/3	1/4	1	1/2
confort	1/5	1/5	1/3	1/4	2	1

# La Méthode AHP

## → Etape 3: Déterminer les priorités

- Calculer l'importance relative de chacun des éléments de la hiérarchie à partir des évaluations obtenues à l'étape précédente
- La détermination des priorités des éléments de chaque matrice se fait par la résolution du problème aux vecteurs propres

Étape 1: Somme des colonnes

	sécurité	coût	performances	image	fiabilité	confort	
sécurité	1	2	4	4	5	5	
Coût	1/2	1	4	4	5	5	
Performances	1/4	1/4	1	1/2	3	3	
Image	1/4	1/4	2	1	4	4	
Fiabilité	1/5	1/5	1/3	1/4	1	1/2	
confort	1/5	1/5	1/3	1/4	2	1	
SOMME	<b>2,4</b>	<b>3,9</b>	<b>11,67</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>18,5</b>	

Étape 2: Divisez chaque élément par le total de la colonne

	sécurité	coût	performances	image	fiabilité	confort	
sécurité	0,42	0,51	0,34	0,40	0,25	0,27	
Coût	0,21	0,26	0,34	0,40	0,25	0,27	
Performances	0,10	0,06	0,09	0,05	0,15	0,16	
Image	0,10	0,06	0,17	0,10	0,20	0,22	
Fiabilité	0,08	0,05	0,03	0,03	0,05	0,03	
confort	0,08	0,05	0,03	0,03	0,10	0,05	

Étape 3: Moyenne des rangées

	sécurité	coût	performances	image	fiabilité	confort	Priorité
sécurité	0,42	0,51	0,34	0,40	0,25	0,27	<b>0,37</b>
Coût	0,21	0,26	0,34	0,40	0,25	0,27	<b>0,29</b>
Performances	0,10	0,06	0,09	0,05	0,15	0,16	<b>0,10</b>
Image	0,10	0,06	0,17	0,10	0,20	0,22	<b>0,14</b>
Fiabilité	0,08	0,05	0,03	0,03	0,05	0,03	<b>0,04</b>
confort	0,08	0,05	0,03	0,03	0,10	0,05	<b>0,06</b>

# La Méthode AHP

## → Étape 4 : Cohérence des jugements

- Pour vérifier le degré de cohérence,
  - Un ratio est calculé.
  - La méthode est telle qu'un ratio plus grand que 0,10 indique un niveau trop élevé d'incohérence.
- Résumé de la méthode:
  - Étape 1:
    - On multiplie chaque valeur de la première colonne par la priorité du critère;
    - puis chaque valeur de la deuxième colonne par la priorité du deuxième critère et ainsi de suite pour chaque colonne
    - On fait ensuite la somme des valeurs de chaque rangée.
    - On obtient un vecteur des sommes prélevées.

	sécurité	coût	performances	image	fiabilité	confort	Somme
sécurité	1 * <b>0.37</b>	2 * <b>0.29</b>	4 * <b>0.10</b>	4* <b>0.14</b>	5 * <b>0.04</b>	5 * <b>0.06</b>	<b>2,43</b>
Coût	1/2 * <b>0.37</b>	1 * <b>0.29</b>	4 -	4 -	5 -	5 -	<b>1,96</b>
Performances	1/4 * <b>0.37</b>	1/4 -	1 -	1/2 -	3 -	3 -	<b>0,64</b>
Image	1/4 * <b>0.37</b>	1/4 -	2 -	1 -	4 -	4 -	<b>0,92</b>
Fiabilité	1/5 * <b>0.37</b>	1/5 -	1/3 -	1/4 -	1 -	1/2 -	<b>0,27</b>
confort	1/5 * <b>0.37</b>	1/5 -	1/3 -	1/4 -	2 -	1 -	<b>0,35</b>

# La Méthode AHP

## → Étape 4 : Cohérence des jugements

- Résumé de la méthode:

- Étape 2: Diviser les éléments du vecteur de la somme pondérée par la priorité correspondant
- Étape 3: Calculez la moyenne des valeurs trouvées à l'étape 2. Appelons cette valeur  $\lambda_{\max}$ .
- Étape 4: Calculez l'index de cohérence (IC).
- Étape 5: Calculez le ratio de cohérence.
  - n = 3      4      5      6      7      8
  - IA = 0,58   0,90   1,12   1,24   1,32   1,41
- IA est l'index de cohérence d'une matrice de comparaison des paires aléatoirement générées

Sécurité	2,43	/ 0.37
coût	1,96	/0.29
performances	0,64	/0.10
image	0,92	/0.14
fiabilité	0,27	/0.04
confort	0,35	/0.06

Sécurité	6,56
coût	6,80
performances	6,4
image	6,57
fiabilité	6,75
confort	5,8

$$\lambda_{\max} = 6,47$$

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad n \text{ est le nombre de critères comparés}$$

$$IC = \frac{6,47 - 6}{6 - 1} = 0,094$$

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad IC = \frac{0,094}{1,24} = 0,075$$

# La Méthode AHP

- On fait de même pour les Alternatives qui sont comparées deux à deux vis-à-vis de chaque critère
- Beaucoup de matrices de comparaison!

Jugement verbal	Évaluation numérique
extrêmement préférable	9
très fortement préférable	7
fortement préférable	5
modérément préférable	3
indifférent	1

Sécurité			
Paires		verbal	numérique
A1	A2	Indifferent a moderelement	2
A1	A3	Indifferent	1
A1	A4	moderement	3
A1	A5	moderement	3
A1	A6	moderement a fortement	4
A1	A7	moderement	3
A1	A8	moderement	3
A1	A9	moderement	3
A2	A3	indifferent	1
A2	A4	Indifferent a moderelement	2
A2	A5	Indifferent a moderelement	2
A2	A6	moderement a fortement	4
A2	A7	moderement	3
A2	A8	moderement	3
A2	A9	moderement a fortement	4
A3	A4	moderement	3
A3	A5	moderement	3
A3	A6	moderement a fortement	4
A3	A7	moderement	3
A3	A8	moderement	3
A3	A9	moderement	3
A4	A5	indifferent	1
A4	A6	fortement	5
A4	A7	moderement a fortement	4
A4	A8	moderement a fortement	4
A4	A9	fortement	5
A5	A6	fortement	5
A5	A7	moderement a fortement	4
A5	A8	moderement a fortement	4
A5	A9	fortement	5
A6	A7	Indifferent a moderelement	2
A6	A8	Indifferent a moderelement	2
A6	A9	indifferent	1
A7	A8	Indifferent	1
A7	A9	indifferent	1
A8	A9	indifferent	1

# La Méthode AHP

- On fait de même pour les Alternatives qui sont comparées deux à deux vis-à-vis de chaque critère
- Beaucoup de matrices de comparaison!

sécurité

		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Kangoo 1.2 E	A1	1,00	2,00	1,00	3,00	3,00	0,25	0,33	0,33	0,33
Kangoo1.6E	A2	0,50	1,00	1,00	2,00	2,00	0,25	0,33	0,33	0,25
Kangoo 1.5DCI	A3	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	0,25	0,33	0,33	0,33
kangoo_1.5_dci_hybride	A4	0,33	0,50	0,33	1,00	1,00	0,20	0,25	0,25	0,20
kangoo_full_hybride_diesel	A5	0,33	0,50	0,33	1,00	1,00	0,20	0,25	0,25	0,20
Honda insight	A6	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	1,00	2,00	2,00	1,00
Toyota prius	A7	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	0,50	1,00	1,00	1,00
Laguna 1.9dci	A8	3,00	3,00	3,00	4,00	4,00	0,50	1,00	1,00	1,00
peugeot 206 sw style1.6	A9	3,00	4,00	3,00	5,00	5,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	somme des colonnes	16,17	19,00	16,67	28,00	28,00	4,15	6,50	6,50	5,32

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	Priorité	
A1		0,062	0,105	0,060	0,107	0,107	0,060	0,051	0,051	0,063	<b>0,0741</b>
A2		0,031	0,053	0,060	0,071	0,071	0,060	0,051	0,051	0,047	<b>0,0551</b>
A3		0,062	0,053	0,060	0,107	0,107	0,060	0,051	0,051	0,063	<b>0,0683</b>
A4		0,021	0,026	0,020	0,036	0,036	0,048	0,038	0,038	0,038	<b>0,0335</b>
A5		0,021	0,026	0,020	0,036	0,036	0,048	0,038	0,038	0,038	<b>0,0335</b>
A6		0,247	0,211	0,240	0,179	0,179	0,241	0,308	0,308	0,188	<b>0,2333</b>
A7		0,186	0,158	0,180	0,143	0,143	0,120	0,154	0,154	0,188	<b>0,1584</b>
A8		0,186	0,158	0,180	0,143	0,143	0,120	0,154	0,154	0,188	<b>0,1584</b>
A9		0,186	0,211	0,180	0,179	0,179	0,241	0,154	0,154	0,188	<b>0,1856</b>

$$\text{Meilleure Alt} = \max \sum_i^n P_{ij} * P_j$$

$$A_7 = 0,158 * 0,37 + 0,0511 * 0,29 + 0,1545 * 0,10 + 0,35 * 0,14 + 0,24 * 0,04 + 0,0378 * 0,34 = 0,16$$



# Avantage et inconvénients

## → Avantages

- Capacité à pouvoir simplifier des situations complexes.
- Les bases sur lesquelles s'effectuent les choix des critères et la notation des performances sont souvent simples, compréhensibles et mises au point par le groupe qui conduit l'analyse.
- La méthode rationalise le processus conduisant aux choix.
- La méthode constitue un outil de négociation utile aux débats entre les usagers.

## → Limites

- Difficultés opérationnelles pour choisir des actions ou des variantes à étudier, pour définir des critères de comparaison et pour produire des grilles de notation.
- Manque de données fiables, sur une durée suffisante pour mettre en place et valider les méthodes.
- Les analyses multicritères sont souvent basées sur des processus lents et itératifs, qui peuvent nécessiter une part de négociation importante et de longue durée.
- Les méthodes mathématiques d'agrégation des données nécessitent un savoir-faire de haut niveau.
- L'analyse multicritère peut être considérée comme une approche subjective

# Ressources

## → Les ressources en temps

→ L'analyse prend généralement du temps, sauf dans des situations très simples ou pour recueillir des avis a posteriori. Dans les situations ex ante d'aide à la décision, les analyses multicritères durent, en général, plusieurs mois.

## → Les ressources humaines

En dehors de cas très simples, l'analyse multicritère implique la contribution de plusieurs catégories d'acteurs.  
le Groupe de négociation(en planification) ou de jugement (en évaluation): ce sont les personnes qui apportent la connaissance et leurs points de vue sur le sujet analysé.

→ Les ressources financières peuvent être d'ampleur très variable.

# Choix d'une méthode

- Le nombre de décideurs
- Les préférences naturelles du décideur
- Une méthode qui va dans le sens de la vision de la problématique du décideur
- L'information disponible et qui sera traitée adéquatement par la méthode
- Le degré « compensatoire » de la méthode
- Les hypothèses sur lesquelles repose la méthode
- Le système de support à la décision qui accompagne la méthode

# Conclusion

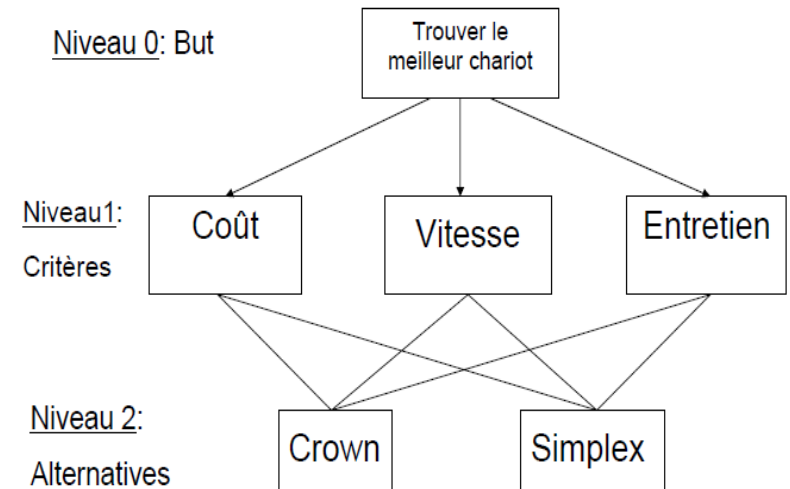
- Il est difficile de trouver la méthode appropriée au problème auquel le décideur est confronté
- Il existe plusieurs bonnes solutions, le choix de l'alternative dépend plutôt du décideur

# Exercice

- Le but est de trouver le meilleur modèle de chariot élévateur
- Deux modèles de chariots élévateurs (Crown, Simplex)
- Trois critères de décision (coût, vitesse, entretien)

- 1) Décomposer le problème en un système hiérarchique
- 2) Comparer les critères par paire suivant l'échelle:

- D'importance égale (1)
- Modérément plus important (3)
- Beaucoup plus important (5)
- Considérablement plus important (7)
- D'une importance écrasante (9)



Matrice de niveau 1

	Coût	Vitesse	Entretien
Coût	1	5	3
Vitesse	1/5	1	1/5
Entretien	1/3	5	1

# Exercice

- Le but est de trouver le meilleur modèle de chariot élévateur
- Deux modèles de chariots élévateurs (Crown, Simplex)
- Trois critères de décision (coût, vitesse, entretien)

1) Décomposer le problème en un système hiérarchique

2) Comparer les critères par paire suivant l'échelle:

- D'importance égale (1)
- Modérément plus important (3)
- Beaucoup plus important (5)
- Considérablement plus important (7)
- D'une importance écrasante (9)

Calcul approximatif du poids pondéré des critères

	Coût	Vitesse	Entretien	Moyenne géo.	Poids
Coût	1	5	3	$(1 \cdot 5 \cdot 3)^{1/3} = 2,47$	$2,47/4 = 0,6175$
Vitesse	1/5	1	1/5	0,34	0,085
Entretien	1/3	5	1	1,19	0,2975
<b>Somme</b>				4	1,0000

# Solution

3) On donne la comparaison des options par rapport à chaque critère.

Par un calcul des priorités, trouver la meilleure solution

Critère: Coût				
	Crown	Simp	moy.g	Poids
Crown	1	3	1,732	<b>0,75</b>
Simp	1/3	1	0,577	<b>0,25</b>
			2,309	1

Critère: Vitesse				
	Crown	Simp	moy.g	Poids
Crown	1	1	1	<b>0,5</b>
Simp	1	1	1	<b>0,5</b>
			2	

Critère: Entretien				
	Crown	Simp	moy.g	Poids
Crown	1	5	2,236	<b>0,83</b>
Simp	1/5	1	0,447	<b>0,17</b>
			2,683	1

Matrice combinée

	Coût	Vitesse	Entretien
Crown	0,75	0,5	0,83
Simplex	0,25	0,5	0,17

# Solution

Calcul approximatif du poids pondéré des critères

	Coût	Vitesse	Entretien	Moyenne géo.	Poids
Coût	1	5	3	$(1 \cdot 5 \cdot 3)^{1/3} = 2,47$	$2,47/4 = 0,6175$
Vitesse	1/5	1	1/5	0,34	0,085
Entretien	1/3	5	1	1,19	0,2975
<b>Somme</b>				4	1,0000

Matrice combinée

	Coût	Vitesse	Entretien
Crown	0,75	0,5	0,83
Simplex	0,25	0,5	0,17

	Coût	Vitesse	Entretien	SOMME
Crown	0,4631	0,0425	0,2469	► <b>0,7525</b>
Simplex	0,1544	0,0425	0,0506	0,2475



Merci pour votre attention



RETROUVEZ TOUTES LES INFOS SUR  
[WWW.INTERREG-FRED.EU](http://WWW.INTERREG-FRED.EU)

POUR TOUTE AUTRE QUESTION,  
VOUS POUVEZ CONTACTEZ [INFO@INTERREG-FRED.EU](mailto:INFO@INTERREG-FRED.EU)

## LES PARTENAIRES DU PROJET

### LORRAINE



### GRAND-DUCHÉ DU LUXEMBOURG



### WALLONIE



PROGRAMME D'INNOVATION POUR LA COMPÉTITIVITÉ DES PME DE LA MÉCANIQUE, DE LA MACHINE SPÉCIALE, DE LA DÉFORMATION ET DES MATÉRIAUX DANS LES RÉGIONS WALLONIE-LORRAINE-LUXEMBOURG (WLL)

