

PROMETHEE-GAIA

Aide à la decision multicritère
Logiciel Visual PROMETHEE
Etude Targa-AIDE

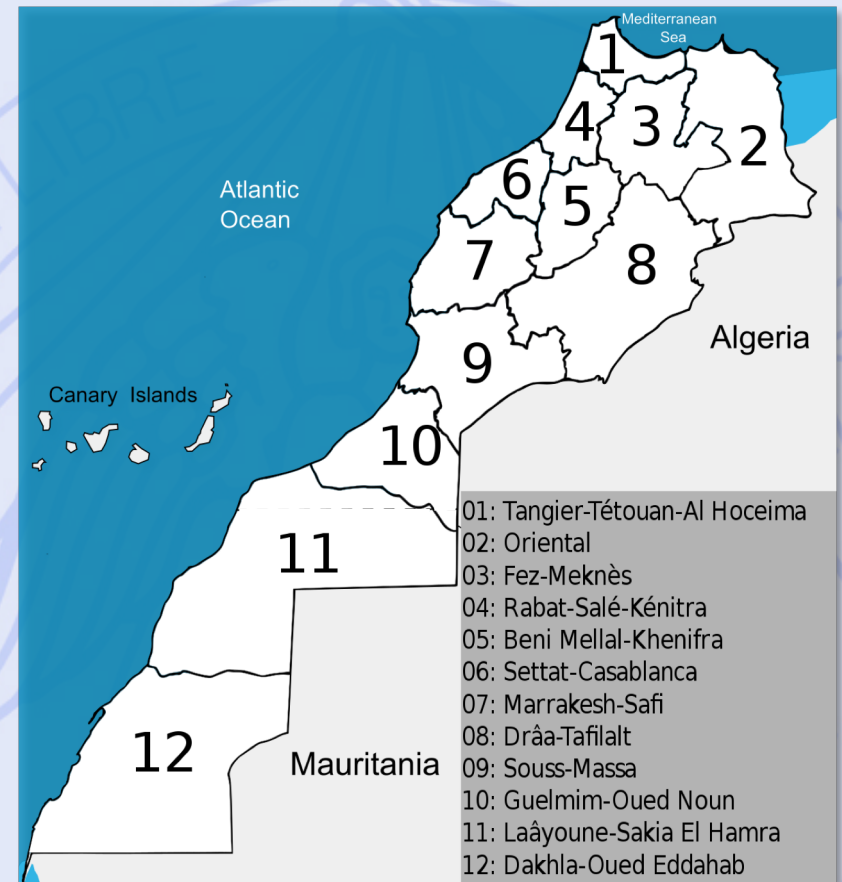
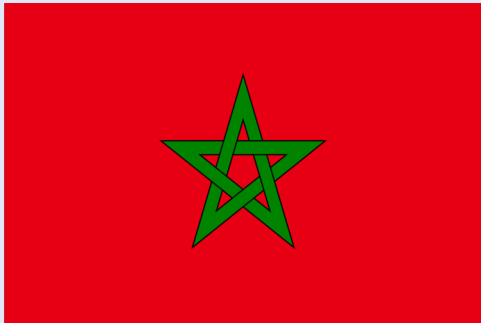
Bertrand Mareschal

bmaresc@ulb.ac.be

<http://www.promethee-gaia.net>

Organisation territoriale du Maroc

- 12 régions
- 75 provinces
- 1538 communes



Introduction

- Etude Targa-AIDE :
 - Evaluation - Etat des lieux
 - Objectifs - Priorités
 - Projets - Actions
 - Prise de décision
- PROMETHEE-GAIA :
 - Aide à l'évaluation et à la décision
 - Approche multicritère (durable)

Contexte

- Etude Targa-AIDE
- Ministère de l'Agriculture
 - Développement rural
 - Interaction avec l'étude
 - Potentiel d'utilisation de PROMETHEE :
 - Evaluation de projets
 - Choix stratégiques (priorités, développement, ...)
 - Choix techniques (tracés de routes, cultures, ...)
 - GRH, Achats, ...

Objectifs ?

- Evaluer :
 - Où sont les besoins les plus importants ?
 - Quels sont les besoins les plus importants ?
- Décider :
 - Quelles sont les actions prioritaires ?
 - Que peut-on faire avec le budget disponible ?
 - Comment être équitable ?

Challenge

- Dimensions multiples :

- Accès routier
- Eau potable
- Electricité
- Soins de santé
- Education

- Arbitrage de conflits :

- Entre objectifs
- Entre acteurs

Planning

- Mardi 12/03
 - Méthodologie
 - **Quoi ?** Décision et évaluation
 - **Comment ?** Aide à la décision multicritère
 - **Pourquoi** PROMETHEE-GAIA ?
 - Pratique
 - Modélisation & Logiciel Visual PROMETHEE
- Mercredi 13/03
 - Prise en main du logiciel et exercices pratiques
- Jeudi 14/03
 - Travaux pratiques - Discussion - Perspectives

Mardi

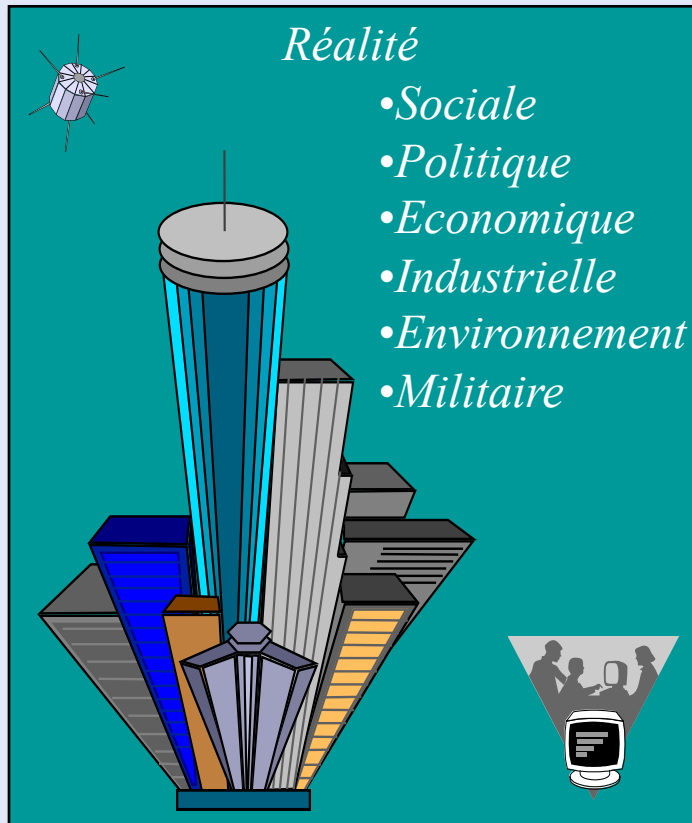
1. Modèle quantitatif et aide à la décision.
2. Modèles unicritères et multicritères.
3. Concepts de base de la modélisation multicritère.
4. Différentes approches.
5. Méthodes PROMETHEE & GAIA.
6. Logiciel Visual PROMETHEE.

Quoi ?

Prise de décision - Evaluation

- Choisir le site d'implantation d'une nouvelle usine, d'un magasin, ...
- Engager du personnel, GRH.
- Acheter du matériel.
- Evaluer des projets.
- Evaluer le développement de communes.
- Choisir les actions prioritaires.

Prise de décision



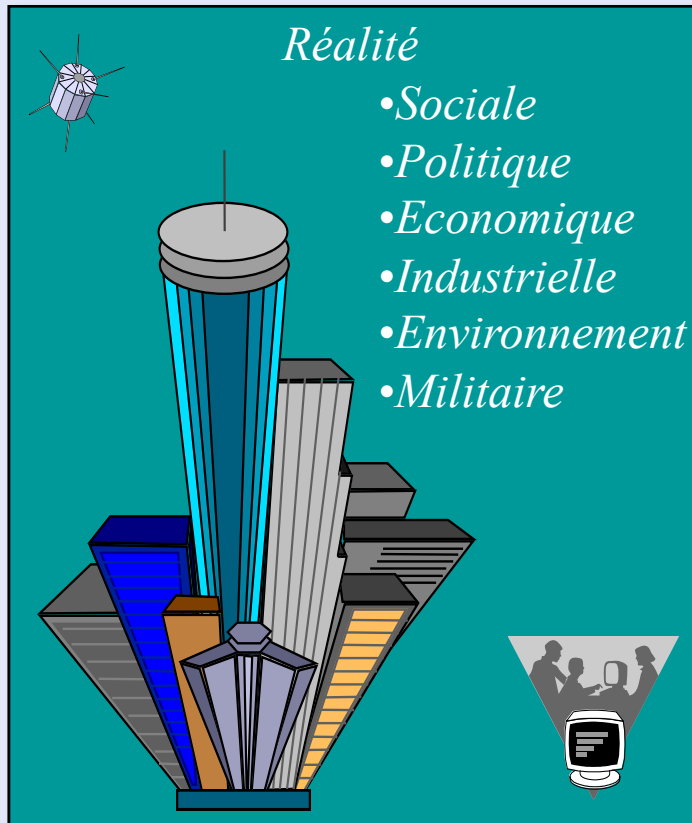
- Décrire,
- Comprendre,
- Gérer.

2 Approches :

- Qualitative,
- Quantitative.

Comment ?

Aide à la décision

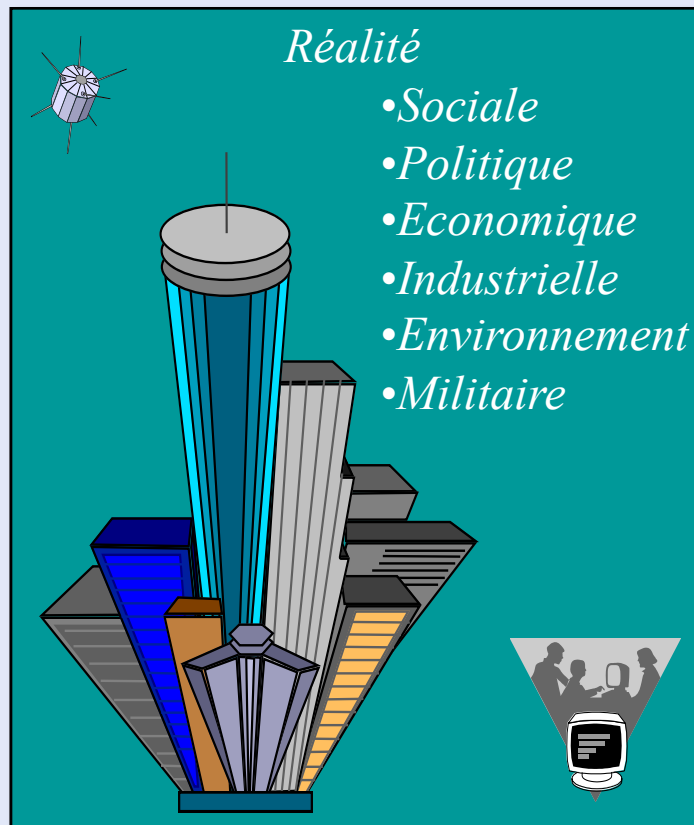


Modèle quantitatif

- Décisions possibles ?
- Comment les comparer ?
- Préférences, Objectifs ?

Comment ?

Aide à la Décision



Modèle quantitatif

- Approximation de la réalité !
- Aide à la décision

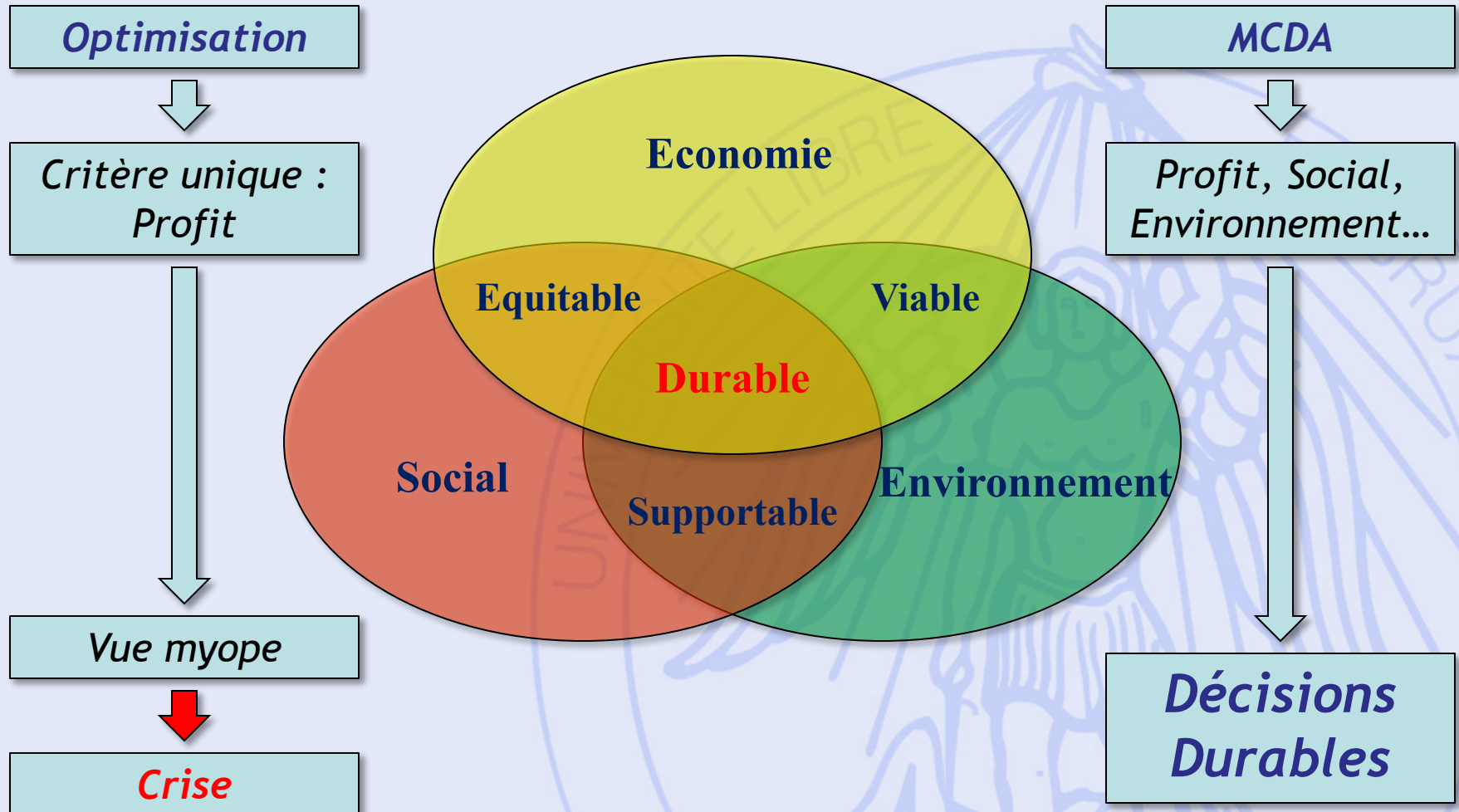
Modèle Multicritère vs Unicritère

- Modèle unicritère :

$$\text{Optimiser } \{g(a) \mid a \in A\}$$

- Mathématiquement bien posé :
 - Notion de solution optimale,
 - Classement complet des actions.
- Socio-Economiquement mal posé :
 - Un seul critère ? Peu réaliste.
 - Notion de critère : seuils de perception, ...

MCDA vs Optimisation



Modèle Multicritère vs Unicritère

- Modèle multicritère :

Optimiser $\{g_1(a), g_2(a), \dots, g_k(a) \mid a \in A\}$

- Mathématiquement mal posé :
 - Pas de solution optimale,
 - Pas de sens mathématique.
- Socio-Economiquement bien posé :
 - Plus proche du problème de décision réel,
 - Recherche d'une solution de compromis.

Développement de l'aide à la décision multicritère

- 1968 : méthode ELECTRE I (B. ROY)
- 1972 : conférence internationale aux U.S.A.
- 1973 : premier mémoire multicritère à l'U.L.B.
- 1975 : groupe de travail européen
- 1977 : Charnes & Cooper :

The main impetus for the burst of new applications seems to be associated with the evolution of public management science and its very natural orientation towards multiobjective formulation.

- 1980-85 : $\pm 12\%$ des communications dans les congrès européens.
- 1992 : journal international JMCDA

Tableau Multicritère

- Actions :
 - décisions possibles,
 - items à évaluer.
- Critères :
 - quantitatifs,
 - qualitatifs.

Tableau Multicritère

Action 1	
Action 2	
Action 3	
Action 4	
Action 5	
...	

Tableau Multicritère

	Crit. 1 (unité)	Crit. 2 (unité)	Crit. 3 (unité)	Crit. 4 (unité)	...
Action 1					
Action 2					
Action 3					
Action 4					
Action 5					
...					

Tableau Multicritère

	Crit. 1 (/20)	Crit. 2 (cote)	Crit. 3 (appréc.)	Crit. 4 (O/N)	...
Action 1	18	135	B	Oui	...
Action 2	9	147	M	Oui	...
Action 3	15	129	TB	Non	...
Action 4	12	146	TM	?	...
Action 5	7	121	B	Oui	...
...	...	...	...	...	...

Localisation d'une Usine

	Investissement (BEF)	Coûts (BEF)	Environn. (estimation)	...
Site 1	18	135	B	...
Site 2	9	147	M	...
Site 3	15	129	TB	...
Site 4	12	146	TM	...
Site 5	7	121	B	...
...	...	...	...	...

Possibilité d'Achats

	Prix (BEF)	Fiabilité (jours)	Maintenance (estimation)	...
Produit A	18	135	B	...
Produit B	9	147	M	...
Produit C	15	129	TB	...
Produit D	12	146	TM	...
Produit E	7	121	B	...
...	...	...	...	...

Un Exemple

Achat d'une automobile

Objectifs :

- Economie à l'achat (prix),
- Economie à l'usage (consommation),
- Performances (puissance),
- Confort,
- Habitabilité.

Tableau Multicritère

Marque	Prix	Puissance	Consomm.	Habitabilité	Confort
Moyenne A	360000	75	8,0	3	3
Sport	390000	110	9,0	1	2
Moyenne B	355000	85	7,0	4	3
Luxe 1	480000	90	8,5	4	5
Economic	250000	50	7,5	2	1
Luxe 2	450000	85	9,0	5	4

- Quel est le meilleur achat ?

Tableau Multicritère

Marque	Prix	Puissance	Consomm.	Habitabilité	Confort
Moyenne A	360000	75	8,0	3	3
Sport	390000	110	9,0	1	2
Moyenne B	355000	85	7,0	4	3
Luxe 1	480000	90	8,5	4	5
Economic	250000	50	7,5	2	1
Luxe 2	450000	85	9,0	5	4

- Quel est le meilleur achat ?

Tableau Multicritère

Marque	Prix	Puissance	Consomm.	Habitabilité	Confort
Moyenne A	360000	75	8,0	3	3
Sport	390000	110	9,0	1	2
Moyenne B	355000	85	7,0	4	3
Luxe 1	480000	90	8,5	4	5
Economic	250000	50	7,5	2	1
Luxe 2	450000	85	9,0	5	4

- Quel est le meilleur achat ?
- Quel est le meilleur compromis ?

Tableau Multicritère

Marque	Prix	Puissance	Consomm.	Habitabilité	Confort
Moyenne A	360000	75	8,0	3	3
Sport	390000	110	9,0	1	2
Moyenne B	355000	85	7,0	4	3
Luxe 1	480000	90	8,5	4	5
Economic	250000	50	7,5	2	1
Luxe 2	450000	85	9,0	5	4

- Quel est le meilleur achat ?
- Quel est le meilleur compromis ?
- Quelles sont les priorités de l'acheteur ?



Modélisation... 1... 2... 3...

2.
Définir les
critères

1.
Définir les
actions

	g_1	g_2	g_3	...
a	$g_1(a)$	$g_2(a)$	$g_3(a)$	...
b	$g_1(b)$	$g_2(b)$	$g_3(b)$	...
c	...			
...	...			

3.
Modéliser les
préférences

Définition des actions

- Définition : Soit A l'ensemble des actions, qui peut être :
 - défini en extension :
par énumération de ses éléments.
→ petit nombre d'actions.
 - défini en compréhension :
par des contraintes.
(Cf. programmation linéaire)
→ grand nombre ou infinité d'actions.

Propriétés de l'ensemble des actions

A peut être :

- **stable** : défini a priori, n'évolue pas.
- **évolutif** : peut être modifié au cours de la procédure.
- **globalisé** : éléments exclusifs l'un par rapport à l'autre.
- **fragmenté** : on considère des combinaisons d'actions.

Modélisation des préférences

- Problème :
Comment comparer deux actions a et b entre elles ?
- Premier modèle : 3 résultats possibles :
 1. Préférence : aPb ou bPa
 2. Indifférence : aIb
 3. Incomparabilité : aRb

Structure de préférences

- Propriétés (logiques):

$aPb \Rightarrow \text{non } bPa$	P est asymétrique
aIa	I est réflexive
$aIb \Rightarrow bIa$	I est symétrique
Non aRa	R est irréflexive
$aRb \Rightarrow bRa$	R est symétrique

- Ces trois relations de préférence forment une structure de préférence (s.p.), si pour tous a, b de A on a toujours l'une des quatre situations suivantes :

$$aPb \text{ ou } bPa \text{ ou } aIb \text{ ou } aRb$$

Structure de préférence traditionnelle (unicritère)

- Optimisation d'une fonction g définie sur A

$$\forall a, b \in A: \begin{cases} aPb & \Leftrightarrow g(a) > g(b) \\ aIb & \Leftrightarrow g(a) = g(b) \end{cases}$$

- Conséquences :

R est vide
P est transitive
I est transitive

- Préordre total.

Notion de seuil d'indifférence

- Problème : Intransitivité de l'indifférence.
Cf. Paradoxe de la tasse de café (Luce, 1956)
- Introduction d'un seuil d'indifférence :

$$\forall a, b \in A: \begin{cases} aPb & \Leftrightarrow g(a) > g(b) + q \\ aIb & \Leftrightarrow |g(a) - g(b)| \leq q \end{cases}$$

- Quasi-ordre : P est transitive, mais pas I .

Autres structures de préférences

- Seuil d'indifférence variable
⇒ Notion d'ordre d'intervalle.
- Seuil de préférence + seuil d'indifférence
⇒ Notion de pseudo-ordre.
- Modèles incluant l'incomparabilité
⇒ Notion d'ordre partiel.
- Structures valuées de préférences

Définition des critères

- Définition :
fonction g définie sur A , à valeurs dans un ensemble totalement ordonné, représentant un objectif du décideur.
- Famille cohérente de critères :
 - représenter tous les aspects du problème, tous les objectifs du décideur,
 - éviter les redondances.

Problématiques

	g_1	g_2	g_3	...
a	$g_1(a)$	$g_2(a)$	$g_3(a)$	...
b	$g_1(b)$	$g_2(b)$	$g_3(b)$	...
c	...			
...	...			

Evaluations

- n actions
- k critères

- α - choix : déterminer un sous-ensemble d'actions (les « meilleures »).
- β - tri : trier les actions dans des catégories pré-déterminées.
- γ - classement : de la meilleure à la moins bonne action.
- δ - description : décrire les actions et leurs conséquences.

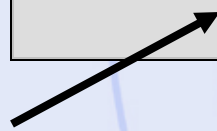
Une Approche Courante : La Somme Pondérée

Critères

Actions
ou
Décisions

	g_1	g_2	g_3	...
a	$g_1(a)$	$g_2(a)$	$g_3(a)$	...
b	$g_1(b)$	$g_2(b)$	$g_3(b)$	...
c	...			
...	...			
	W_1	W_2	W_3	...

Poids des
critères



Une Approche Courante : La Somme Pondérée

- Valeur globale de a :

$$V(a) = w_1 g_1(a) + w_2 g_2(a) + \dots$$

- a est meilleure que b si :

$$V(a) > V(b)$$

(en supposant que tous les critères soient à maximiser)

Somme Pondérée :

Exemple 1

	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5
a	100	100	100	100	55
b	85	85	85	85	100
	$1/5$	$1/5$	$1/5$	$1/5$	$1/5$

- $V(a) = 91$ $V(b) = 88$
- Compensation totale des points faibles par les points forts.

Somme Pondérée :

Exemple 2

	g_1	g_2
a	100	0
b	0	100
c	50	50
d	50	50
	$1/2$	$1/2$

- $V(a) = V(b) = V(c) = V(d) = 50$
- Elimination des conflits.

Somme Pondérée :

Exemple 3

*"Le bénéfice est environ 2 fois plus important
que le gain de temps;
0.7 pour le bénéfice et 0.3 pour le gain de temps.*

	g_1 (BF)	g_2 (min)
a	60	60
b	48	70
	0.7	0.3

$$V(a) = 60$$

$$V(b) = 54.6$$

a est première.

Somme Pondérée :

Exemple 3

*"Le bénéfice est environ 2 fois plus important
que le gain de temps;
0.7 pour le bénéfice et 0.3 pour le gain de temps."*

	g_1 (FF)	g_2 (min)
a	10	60
b	8	70
	0.7	0.3

$$V(a) = 25$$

$$V(b) = 26.6$$

b est première.

Somme Pondérée :

Exemple 3

	g_1 (BF)	g_2 (min)
a	60	60
b	48	70
	0.7	0.3

$$V(a) = 60$$

$$V(b) = 54.6$$

a est première.

	g_1 (FF)	g_2 (min)
a	10	60
b	8	70
	0.7	0.3

$$V(a) = 25$$

$$V(b) = 26.6$$

b est première.

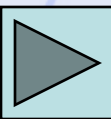
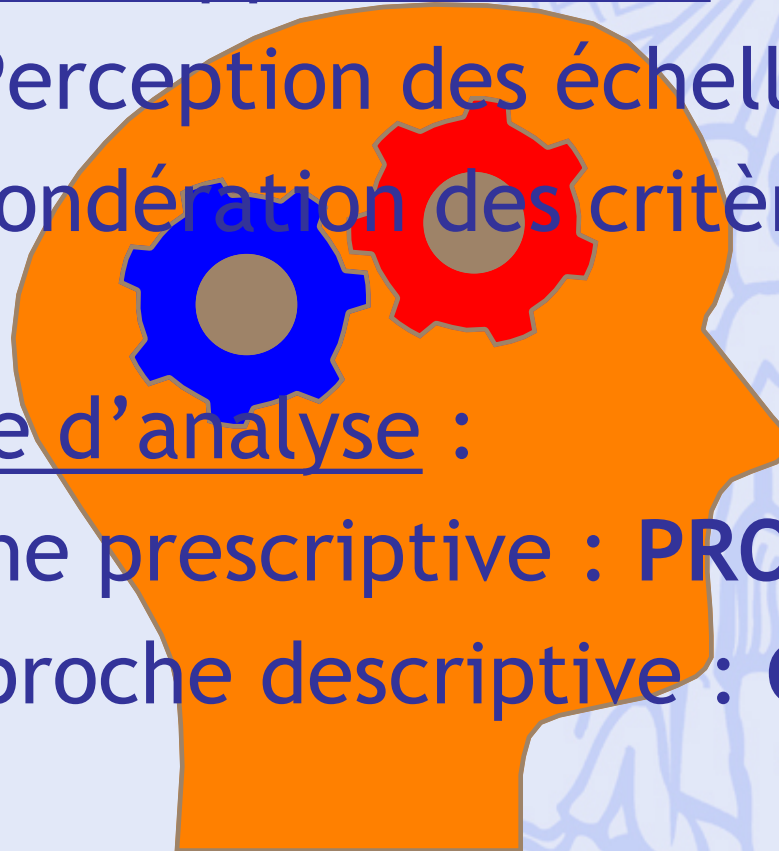
Aide à la Décision de Type Multicritère

- Théorie de l'utilité multiattribut.
- **Méthodes de surclassement.**
- Méthodes interactives.
- Programmation multiobjectif.
- ...

Depuis 1970, nombreux développements:
conférences, articles, livres,
applications, logiciels...

Méthodes d'Aide à la Décision

- Information supplémentaire :
Perception des échelles
Pondération des critères
- Procédure d'analyse :
Approche prescriptive : **PROMETHEE**
Approche descriptive : **GAIA**

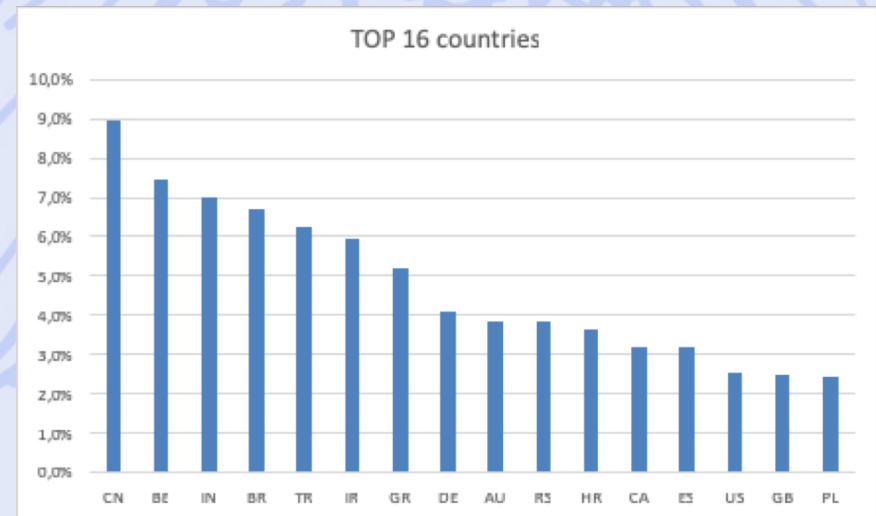


Pourquoi PROMETHEE ?

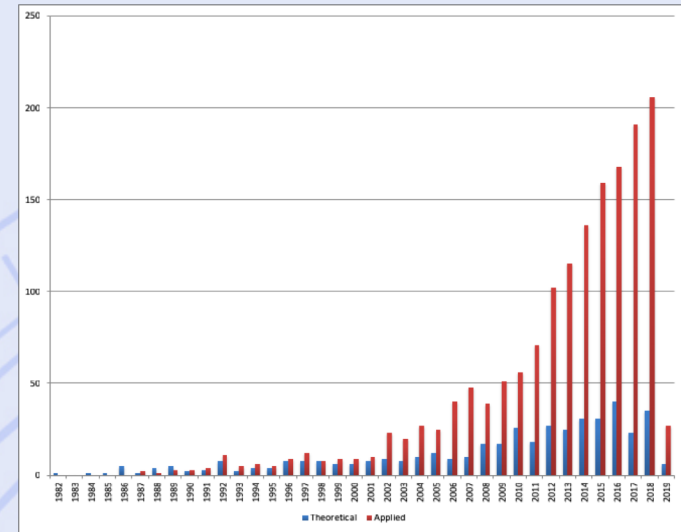
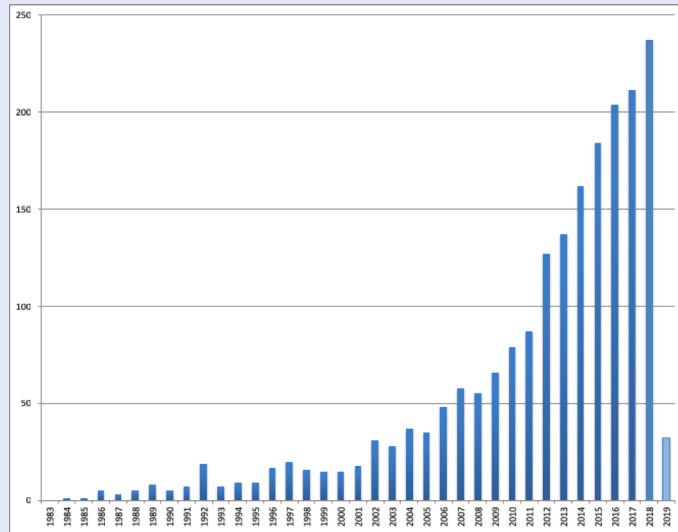
- Méthodologie bien établie :
 - 35 années de développement,
 - Plus de 2000 publications scientifiques.
- « Simplicité ».
- Outils visuels.
- Outils d'analyse de sensibilité.
- Interactivité.
- Logiciel **Visual PROMETHEE**.

Quelques statistiques...

- Première publication en **1982** par J-P. Brans.
- Plus de **2000** publications (MA : 12).
- Principaux domaines d'application :
 - Environnement
 - Industrie
 - Services
 - Secteur public
 - Energie
 - Finance



PROMETHEE Timeline



- Plus de 2000 publications:
 - 78% appliquées - 22% théoriques
 - 56% dans les domaines “sociétaux”
- Médiane : 2014
- Plus de 3600 auteurs issus de 83 pays.

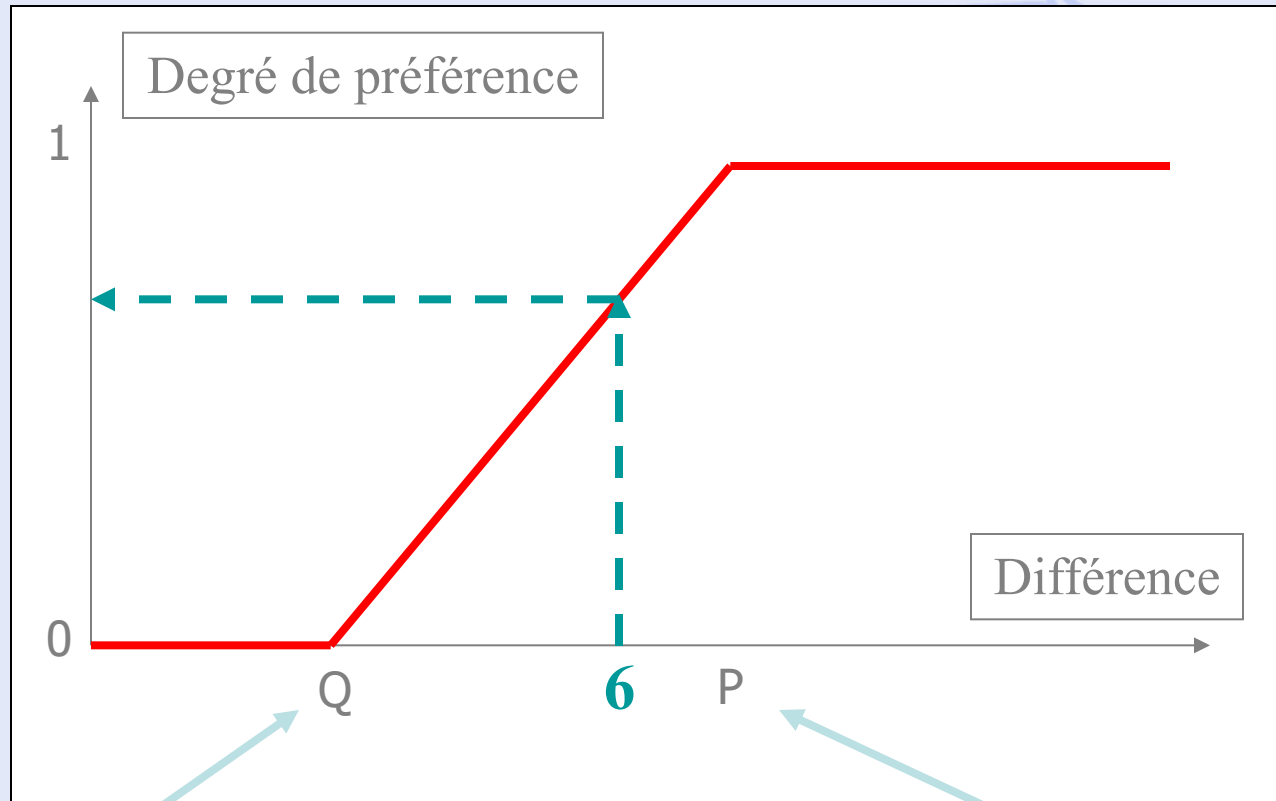
Principes des méthodes **PROMETHEE**

- Modélisation des préférences :
 - Fonctions de préférence (échelles),
 - Pondération des critères.
- Comparaison des actions par paires :
 - Surclassement,
 - Prudent (classement partiel),
 - Partiellement compensatoire :
 - Avantage par rapport à la somme pondérée et aux fonctions d'utilité.

Comparaison de 2 Actions

	Crit. 1 (/20)	Crit. 2 (cote)	Crit. 3 (appréc.)	Crit. 4 (O/N)	...
Action 1	18	135	B	Oui	...
Action 2	9	147	Différence = 6		...
Action 3	15	129	TB	Non	...
Action 4	12	146	TM	?	...
Action 5	7	121	B	Oui	...
...	...	...	...	...	...

Fonctions de Préférence



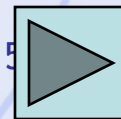
Seuil d'indifférence

Linéaire

Seuil de préférence

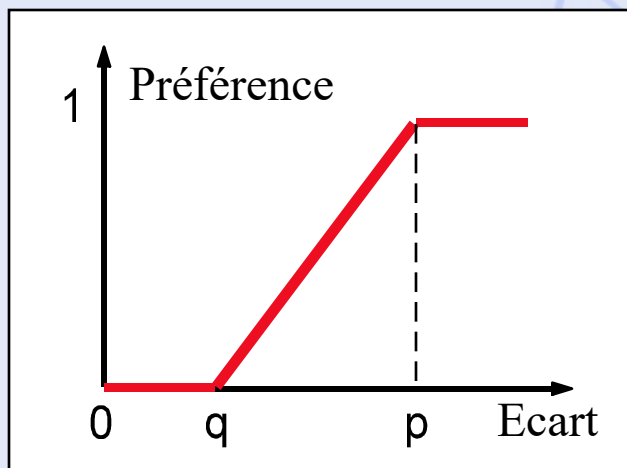
PROMETHEE

	Economic		Luxe 1	
<u>-230000</u>	250000	Prix	480000	
	50	Puissance	90	<u>+40</u>
<u>-1,0</u>	7,5	Consomm.	8,5	
	2	Habitabilité	4	<u>+2</u>
	1	Confort	5	<u>+4</u>



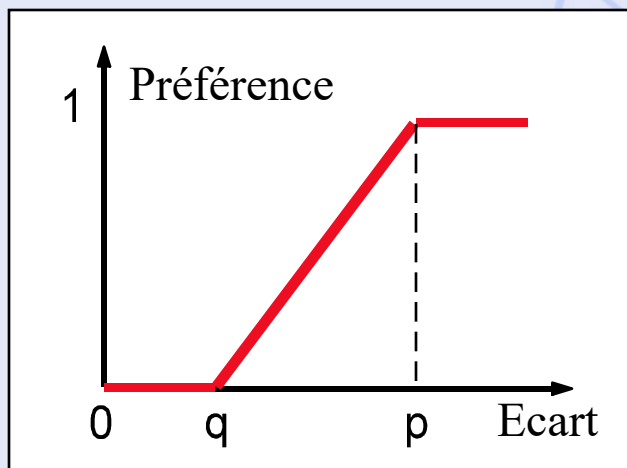
PROMETHEE

		Economic		Luxe 1		
1,0	<u>-230000</u>	250000	Prix	480000		
		50	Puissance	90	<u>+40</u>	1,0
0,5	<u>-1,0</u>	7,5	Consomm.	8,5		
		2	Habitabilité	4	<u>+2</u>	0,5
		1	Confort	5	<u>+4</u>	1,0



PROMETHEE

Préf (Eco.,Lux.)	Economic		Luxe 1	Préf (Lux.,Eco.)	
1,0	<u>-230000</u>	250000	Prix	480000	0,0
0,0		50	Puissance	90	<u>+40</u>
0,5	<u>-1,0</u>	7,5	Consomm.	8,5	
0,0		2	Habitabilité	4	<u>+2</u>
0,0		1	Confort	5	<u>+4</u>

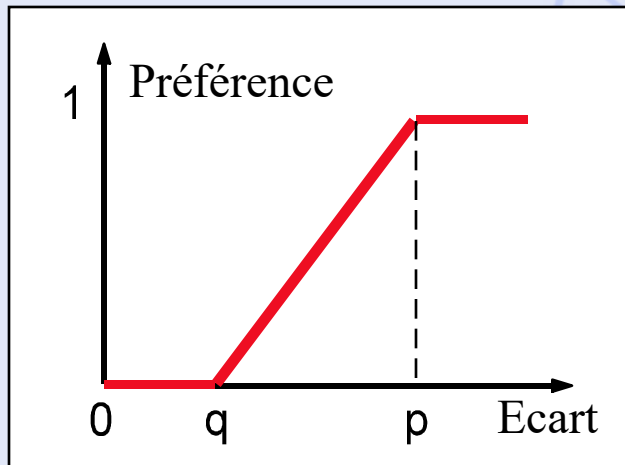


PROMETHEE

Préf (Eco.,Lux.)

Préf (Lux.,Eco.)

		Economic		Luxe 1			Poids
1,0	<u>-230000</u>	250000	Prix	480000		0,0	1
0,0		50	Puissance	90	<u>+40</u>	1,0	1
0,5	<u>-1,0</u>	7,5	Consomm.	8,5		0,0	1
0,0		2	Habitabilité	4	<u>+2</u>	0,5	1
0,0		1	Confort	5	<u>+4</u>	1,0	1



$$\square \text{Préf (Eco.,Lux.)} = 0,3$$

$$= (1 + 0 + 0,5 + 0 + 0) / 5$$

$$\square \text{Préf (Lux.,Eco.)} = 0,5$$

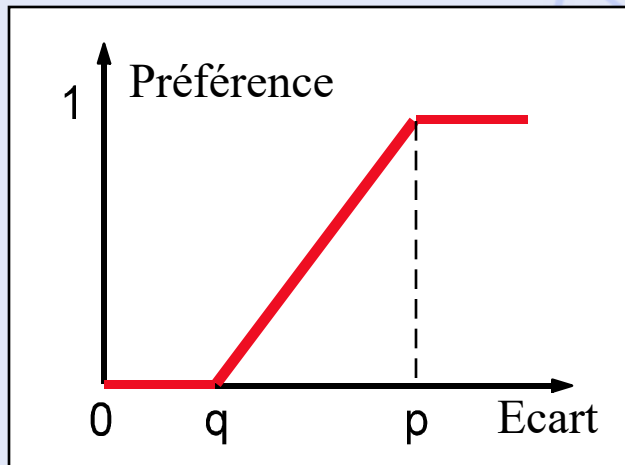
$$= (0 + 1 + 0 + 0,5 + 1) / 5$$

PROMETHEE

Préf (Eco.,Lux.)

Préf (Lux.,Eco.)

		Economic		Luxe 1			Poids
1,0	<u>-230000</u>	250000	Prix	480000		0,0	2
0,0		50	Puissance	90	<u>+40</u>	1,0	1
0,5	<u>-1,0</u>	7,5	Consomm.	8,5		0,0	2
0,0		2	Habitabilité	4	<u>+2</u>	0,5	1
0,0		1	Confort	5	<u>+4</u>	1,0	1



$$\square \text{Préf (Eco.,Lux.)} = 0,43$$

$$= (2 \times 1 + 0 + 2 \times 0,5 + 0 + 0) / 7$$

$$\square \text{Préf (Lux.,Eco.)} = 0,36$$

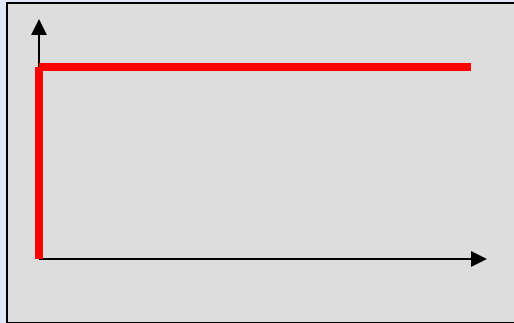
$$= (0 + 1 + 0 + 0,5 + 1) / 7$$

Comparaisons par Paires

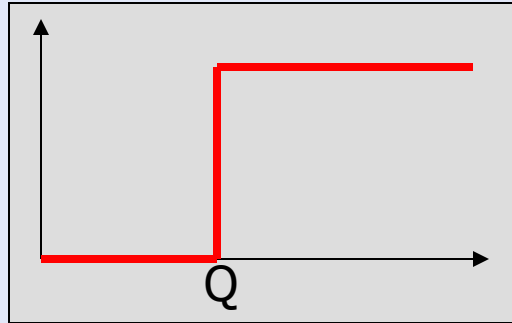
- Pour chaque critère g_j :
 - Fonction de préférence P_j
 - Poids w_j
- Degré de préférence multicritère de a sur b :

$$\pi(a,b) = \sum_{j=1}^k w_j P_j(a,b)$$

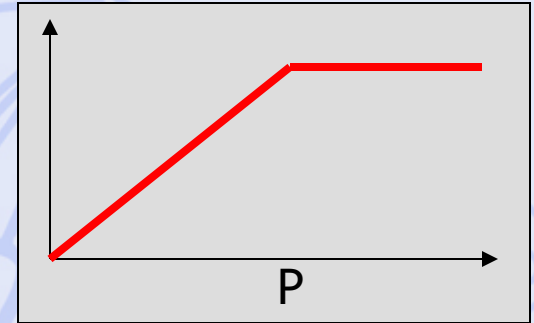
Fonctions de Préférence



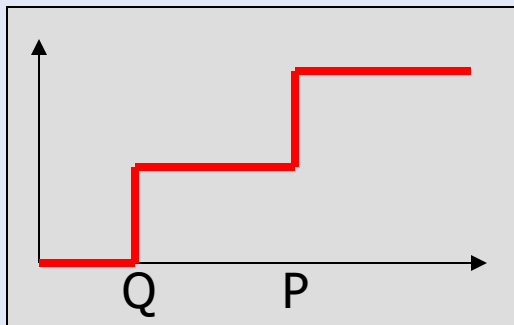
Critère usuel



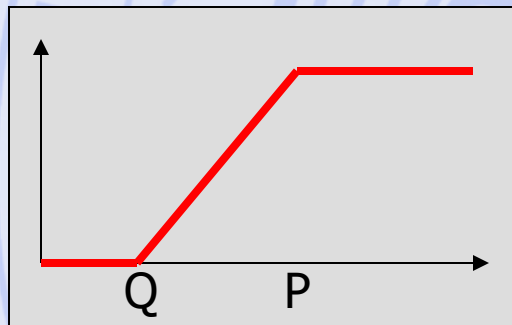
Critère en « U »



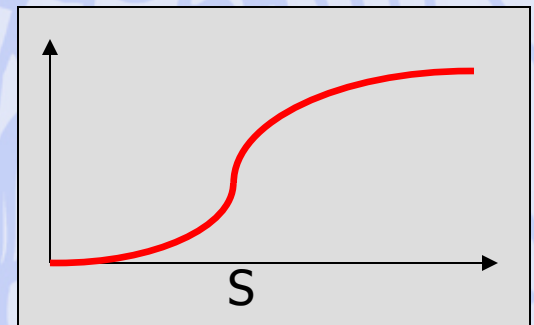
Critère en « V »



Critère à palier



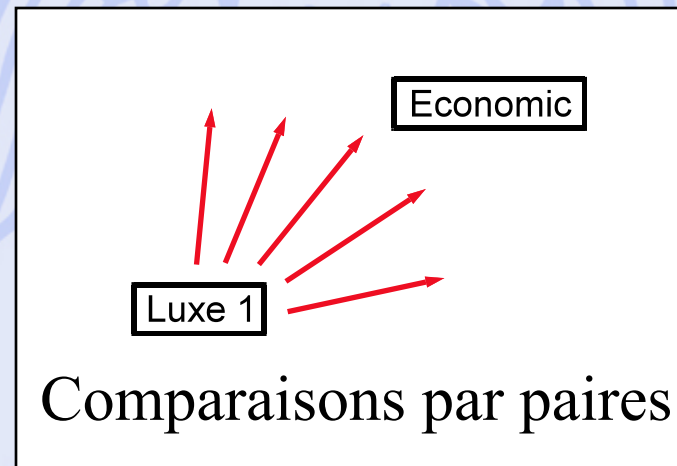
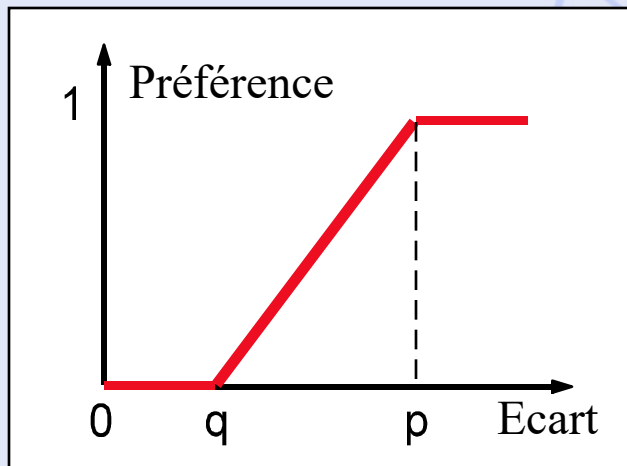
Critère linéaire



Critère Gaussien

PROMETHEE

Préf (Eco.,Lux.)	Economic		Luxe 1	Préf (Lux.,Eco.)	
1,0	<u>-230000</u>	250000	Prix	480000	0,0
0,0		50	Puissance	90	<u>+40</u>
0,5	<u>-1,0</u>	7,5	Consomm.	8,5	
0,0		2	Habitabilité	4	<u>+2</u>
0,0		1	Confort	5	<u>+4</u>



Matrice des $\pi(a,b)$

$\pi(a,b)$	<i>Moy.A</i>	<i>Sport</i>	<i>Moy.B</i>	<i>Lux.1</i>	<i>Econ.</i>	<i>Lux.2</i>	$\phi^+(a)$
<i>Moy.A</i>	0,00						
<i>Sport</i>		0,00					
<i>Moy.B</i>			0,00				
<i>Lux.1</i>				0,00	0,50		
<i>Econ.</i>				0,30	0,00		
<i>Lux.2</i>						0,00	
$\phi^-(a)$							
$\phi(a)$							

Matrice des $\pi(a,b)$

$\pi(a,b)$	<i>Moy.A</i>	<i>Sport</i>	<i>Moy.B</i>	<i>Lux.1</i>	<i>Econ.</i>	<i>Lux.2</i>	$\phi^+(a)$
<i>Moy.A</i>	0,00	0,34	0,00	0,21	0,26	0,22	
<i>Sport</i>	0,20	0,00	0,16	0,24	0,30	0,24	
<i>Moy.B</i>	0,15	0,55	0,00	0,32	0,45	0,33	
<i>Lux.1</i>	0,18	0,45	0,10	0,00	0,50	0,15	
<i>Econ.</i>	0,20	0,34	0,14	0,30	0,00	0,35	
<i>Lux.2</i>	0,24	0,30	0,10	0,04	0,60	0,00	
$\phi^-(a)$							
$\phi(a)$							

Calcul de $\phi^+(a)$

$\pi(a,b)$	<i>Moy.A</i>	<i>Sport</i>	<i>Moy.B</i>	<i>Lux.1</i>	<i>Econ.</i>	<i>Lux.2</i>	$\phi^+(a)$
<i>Moy.A</i>	0,00	0,34	0,00	0,21	0,26	0,22	0,21
<i>Sport</i>	0,20	0,00	0,16	0,24	0,30	0,24	0,23
<i>Moy.B</i>	0,15	0,55	0,00	0,32	0,45	0,33	0,36
<i>Lux.1</i>	0,18	0,45	0,10	0,00	0,50	0,15	0,28
<i>Econ.</i>	0,20	0,34	0,14	0,30	0,00	0,35	0,27
<i>Lux.2</i>	0,24	0,30	0,10	0,04	0,60	0,00	0,26
$\phi^-(a)$							
$\phi(a)$							

Calcul de $\phi^+(a)$

$\pi(a,b)$	<i>Moy.A</i>	<i>Sport</i>	<i>Moy.B</i>	<i>Lux.1</i>	<i>Econ.</i>	<i>Lux.2</i>	$\phi^+(a)$
<i>Moy.A</i>	0,00	0,34	0,00	0,21	0,26	0,22	0,21
<i>Sport</i>	0,20	0,00	0,16	0,24	0,30	0,24	0,23
<i>Moy.B</i>	0,15	0,55	0,00	0,32	0,45	0,33	0,36
<i>Lux.1</i>	0,18	0,45	0,10	0,00	0,50	0,15	0,28
<i>Econ.</i>	0,20	0,34	0,14	0,30	0,00	0,35	0,27
<i>Lux.2</i>	0,24	0,30	0,10	0,04	0,60	0,00	0,26
$\phi^-(a)$							
$\phi(a)$							

Calcul de $\phi^-(a)$

$\pi(a,b)$	<i>Moy.A</i>	<i>Sport</i>	<i>Moy.B</i>	<i>Lux.1</i>	<i>Econ.</i>	<i>Lux.2</i>	$\phi^+(a)$
<i>Moy.A</i>	0,00	0,34	0,00	0,21	0,26	0,22	0,21
<i>Sport</i>	0,20	0,00	0,16	0,24	0,30	0,24	0,23
<i>Moy.B</i>	0,15	0,55	0,00	0,32	0,45	0,33	0,36
<i>Lux.1</i>	0,18	0,45	0,10	0,00	0,50	0,15	0,28
<i>Econ.</i>	0,20	0,34	0,14	0,30	0,00	0,35	0,27
<i>Lux.2</i>	0,24	0,30	0,10	0,04	0,60	0,00	0,26
$\phi^-(a)$	0,19	0,40	0,10	0,22	0,42	0,26	
$\phi(a)$							

Calcul de $\phi^-(a)$

$\pi(a,b)$	<i>Moy.A</i>	<i>Sport</i>	<i>Moy.B</i>	<i>Lux.1</i>	<i>Econ.</i>	<i>Lux.2</i>	$\phi^+(a)$
<i>Moy.A</i>	0,00	0,34	0,00	0,21	0,26	0,22	0,21
<i>Sport</i>	0,20	0,00	0,16	0,24	0,30	0,24	0,23
<i>Moy.B</i>	0,15	0,55	0,00	0,32	0,45	0,33	0,36
<i>Lux.1</i>	0,18	0,45	0,10	0,00	0,50	0,15	0,28
<i>Econ.</i>	0,20	0,34	0,14	0,30	0,00	0,35	0,27
<i>Lux.2</i>	0,24	0,30	0,10	0,04	0,60	0,00	0,26
$\phi^-(a)$	0,19	0,40	0,10	0,22	0,42	0,26	
$\phi(a)$							

Calcul de $\phi(a)$

$\pi(a,b)$	<i>Moy.A</i>	<i>Sport</i>	<i>Moy.B</i>	<i>Lux.1</i>	<i>Econ.</i>	<i>Lux.2</i>	$\phi^+(a)$
<i>Moy.A</i>	0,00	0,34	0,00	0,21	0,26	0,22	0,21
<i>Sport</i>	0,20	0,00	0,16	0,24	0,30	0,24	0,23
<i>Moy.B</i>	0,15	0,55	0,00	0,32	0,45	0,33	0,36
<i>Lux.1</i>	0,18	0,45	0,10	0,00	0,50	0,15	0,28
<i>Econ.</i>	0,20	0,34	0,14	0,30	0,00	0,35	0,27
<i>Lux.2</i>	0,24	0,30	0,10	0,04	0,60	0,00	0,26
$\phi^-(a)$	0,19	0,40	0,10	0,22	0,42	0,26	
$\phi(a)$	0,02	-0,17	0,26	0,06	-0,15	0,00	

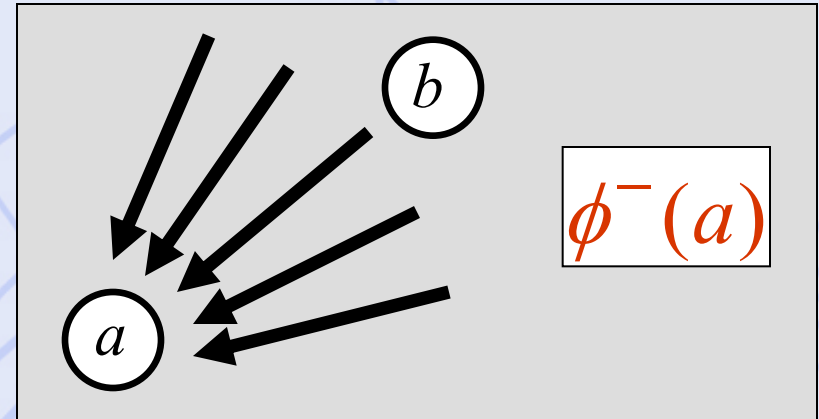
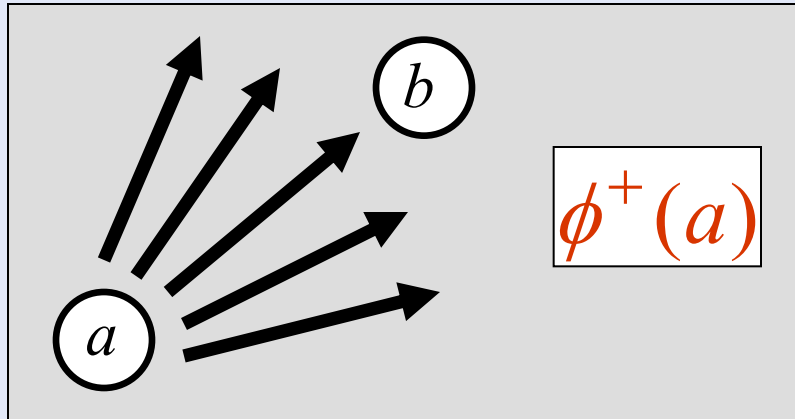
Calcul de $\phi(a)$

$\pi(a,b)$	<i>Moy.A</i>	<i>Sport</i>	<i>Moy.B</i>	<i>Lux.1</i>	<i>Econ.</i>	<i>Lux.2</i>	$\phi^+(a)$
<i>Moy.A</i>	0,00	0,34	0,00	0,21	0,26	0,22	0,21
<i>Sport</i>	0,20	0,00	0,16	0,24	0,30	0,24	0,23
<i>Moy.B</i>	0,15	0,55	0,00	0,32	0,45	0,33	0,36
<i>Lux.1</i>	0,18	0,45	0,10	0,00	0,50	0,15	0,28
<i>Econ.</i>	0,20	0,34	0,14	0,30	0,00	0,35	0,27
<i>Lux.2</i>	0,24	0,30	0,10	0,04	0,60	0,00	0,26
$\phi^-(a)$	0,19	0,40	0,10	0,22	0,42	0,26	
$\phi(a)$	0,02	-0,17	0,26	0,06	-0,15	0,00	

Calcul des flux de préférence

$\pi(a,b)$	<i>Moy.A</i>	<i>Sport</i>	<i>Moy.B</i>	<i>Lux.1</i>	<i>Econ.</i>	<i>Lux.2</i>	$\phi^+(a)$
<i>Moy.A</i>	0,00	0,34	0,00	0,21	0,26	0,22	0,21
<i>Sport</i>	0,20	0,00	0,16	0,24	0,30	0,24	0,23
<i>Moy.B</i>	0,15	0,55	0,00	0,32	0,45	0,33	0,36
<i>Lux.1</i>	0,18	0,45	0,10	0,00	0,50	0,15	0,28
<i>Econ.</i>	0,20	0,34	0,14	0,30	0,00	0,35	0,27
<i>Lux.2</i>	0,24	0,30	0,10	0,04	0,60	0,00	0,26
$\phi^-(a)$	0,19	0,40	0,10	0,22	0,42	0,26	
$\phi(a)$	0,02	-0,17	0,26	0,06	-0,15	0,00	

Flux de Préférence



- Flux sortant :
(puissance)
- Flux entrant :
(faiblesse)
- Flux net :

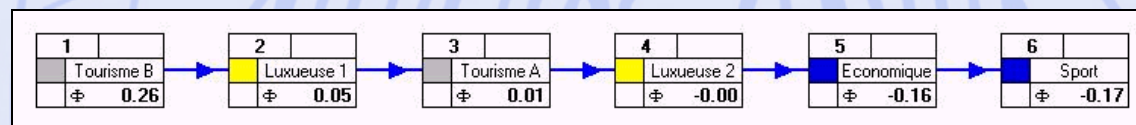
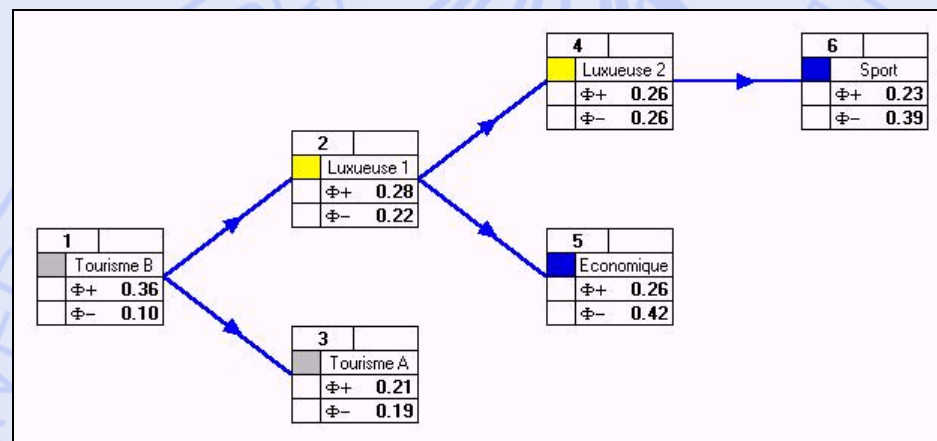
$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(a, b)$$

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(b, a)$$

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a)$$

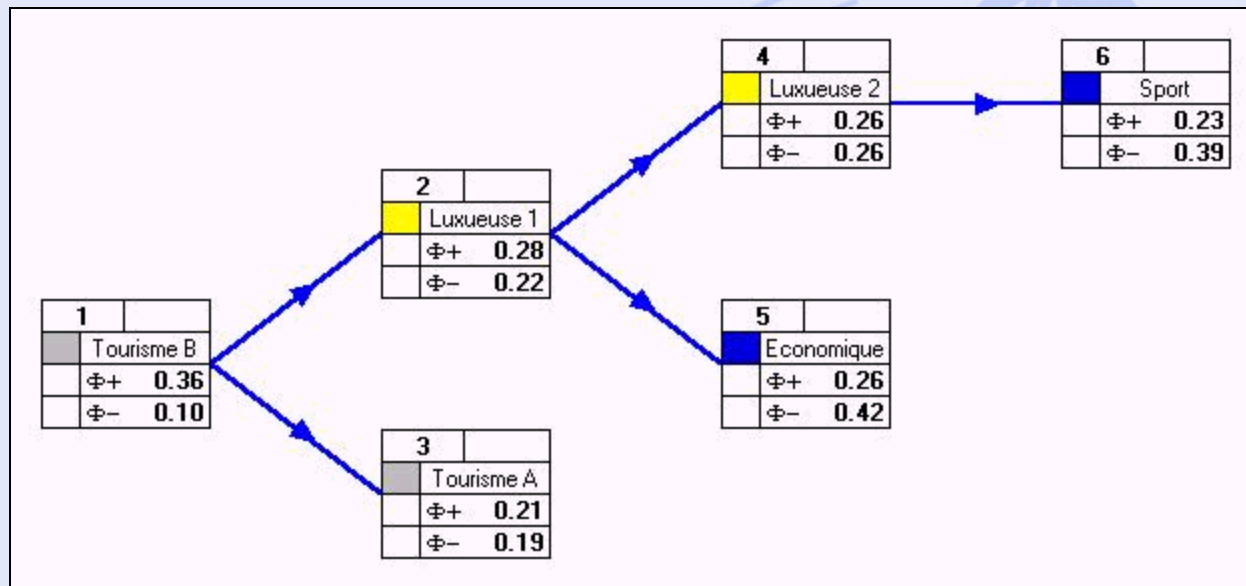
PROMETHEE

- Classer les décisions de la meilleure à la moins bonne
- Mettre en évidence les meilleurs compromis

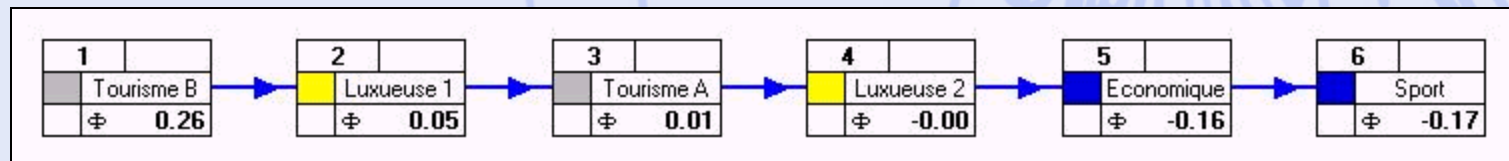


PROMETHEE

- PROMETHEE I : classement partiel ϕ^+, ϕ^-

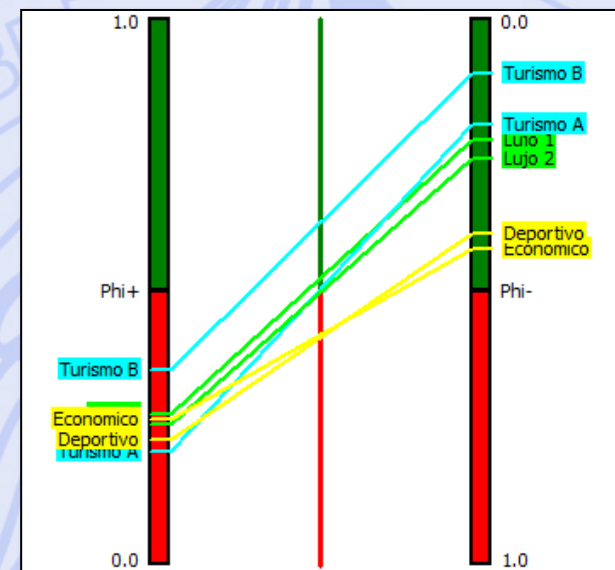
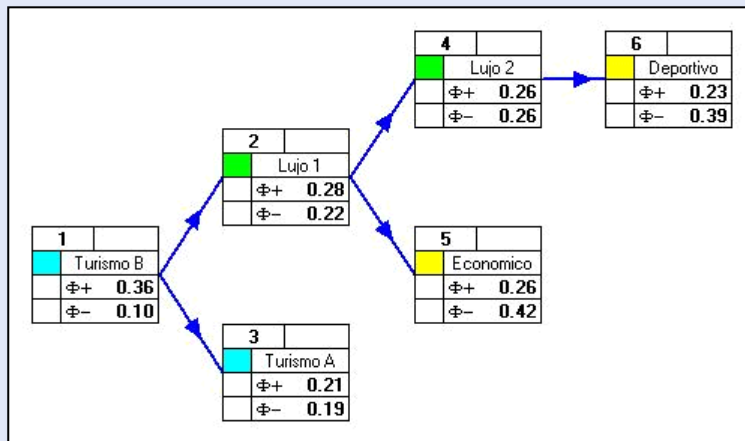


- PROMETHEE II : classement complet ϕ

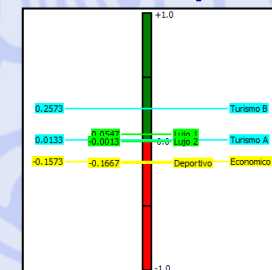
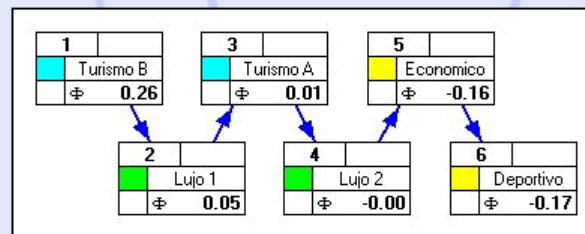


PROMETHEE I & II

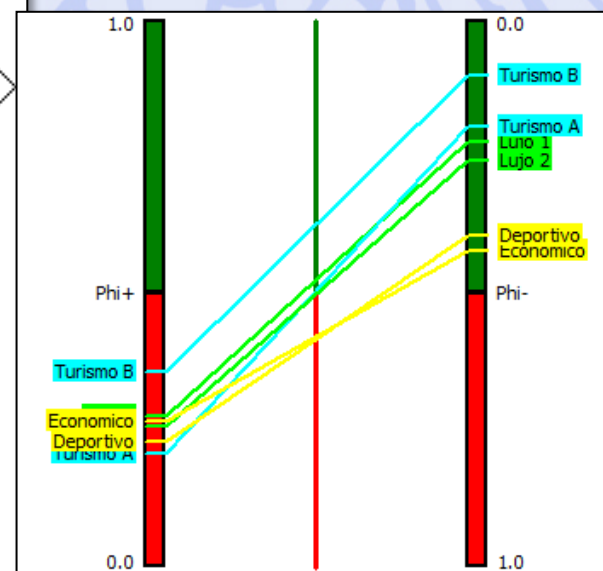
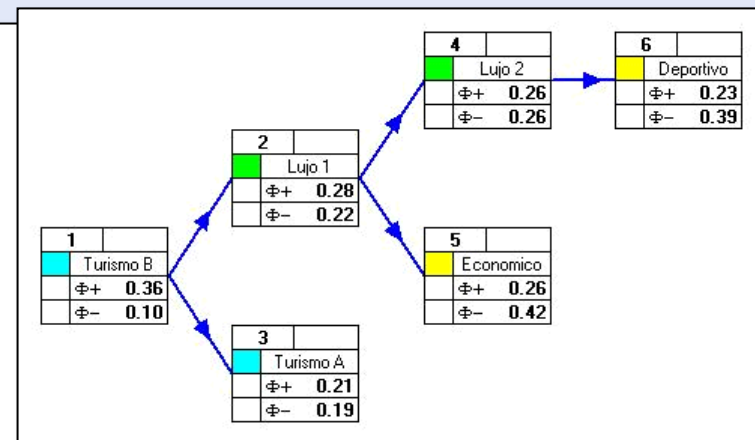
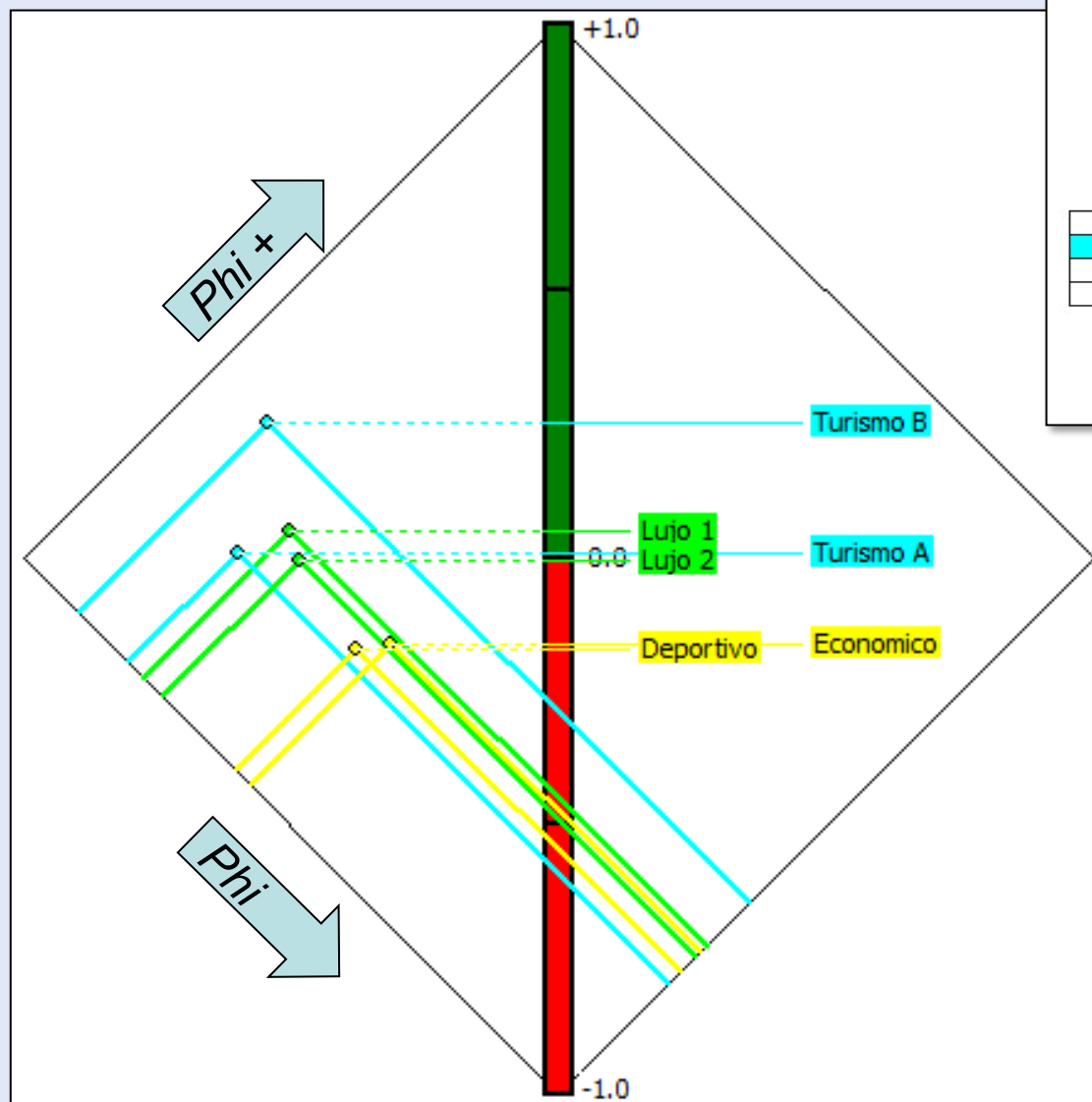
- PROMETHEE I : classement partiel - ϕ^+ , ϕ^-



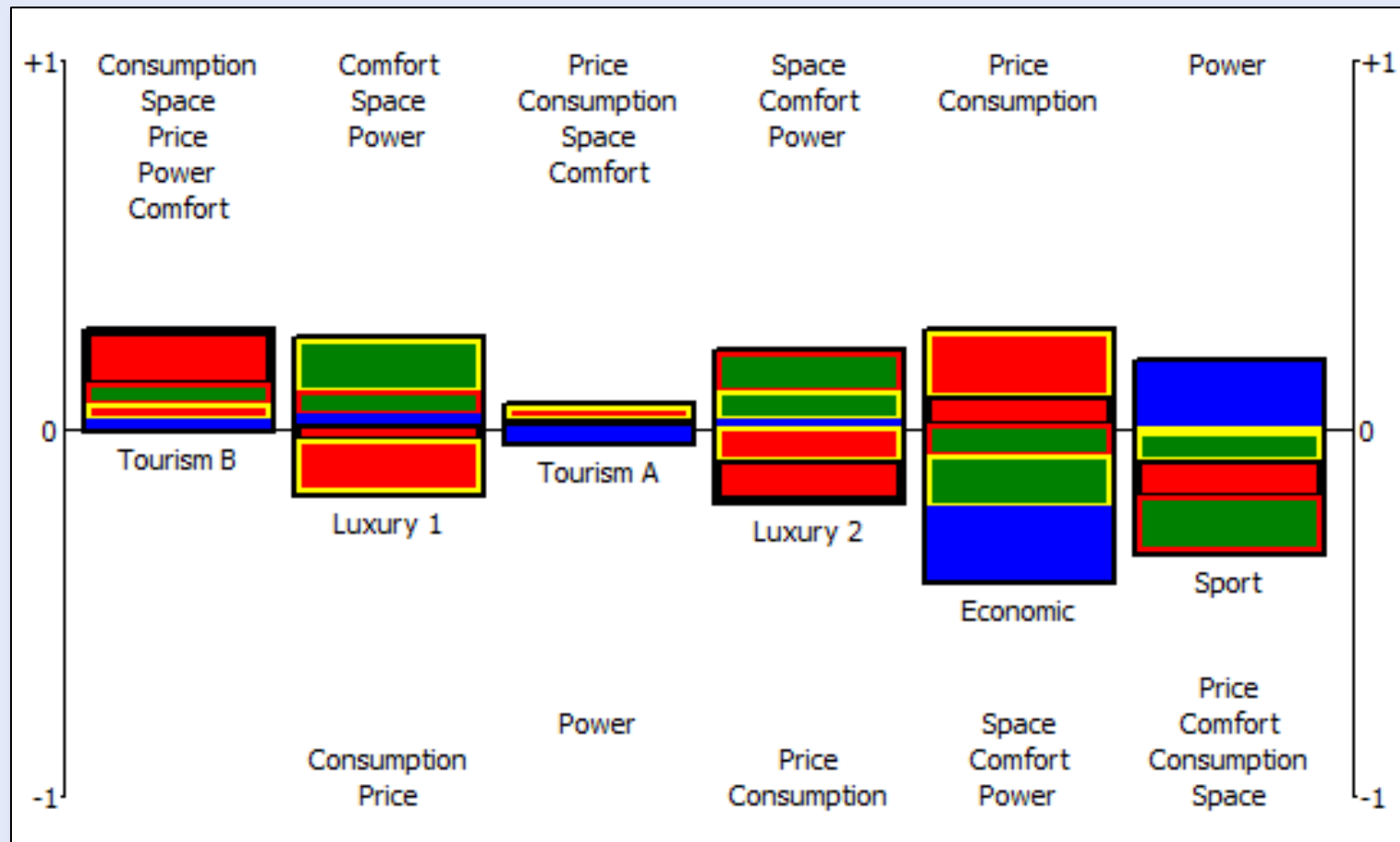
- PROMETHEE II : classement complet - ϕ



Diamant PROMETHEE



Arc-en-ciel PROMETHEE

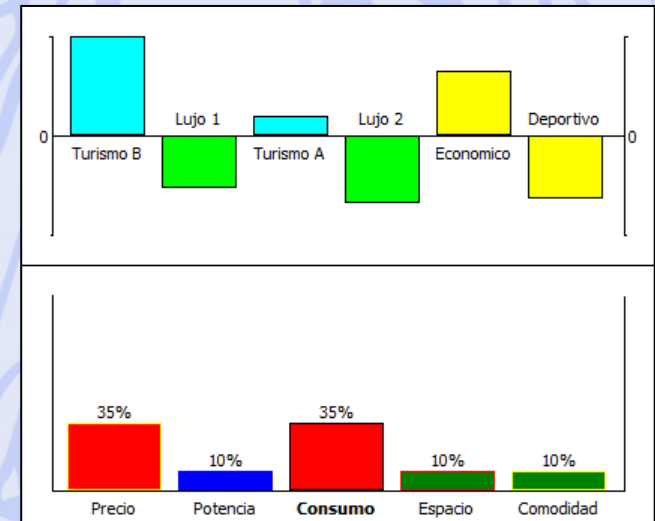
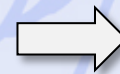
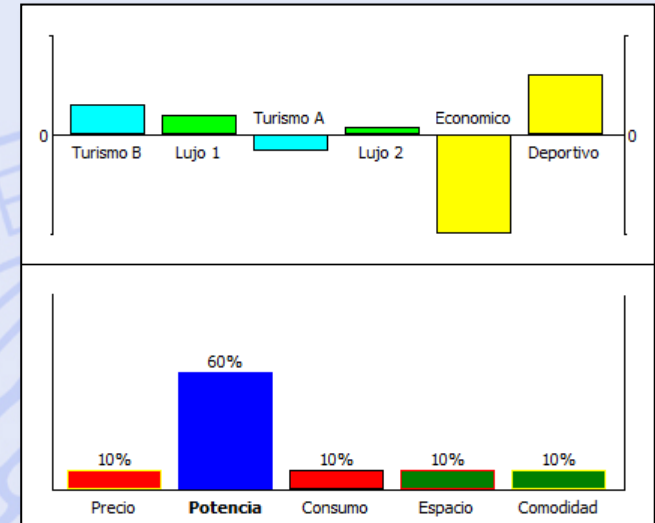
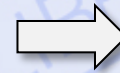
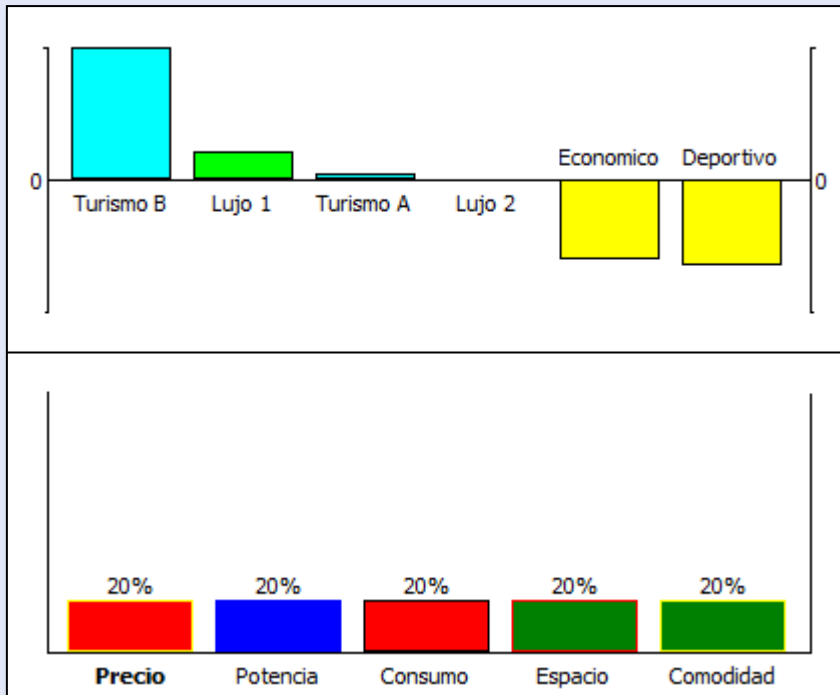


Décomposition pondérée du flux net, critère par critère.

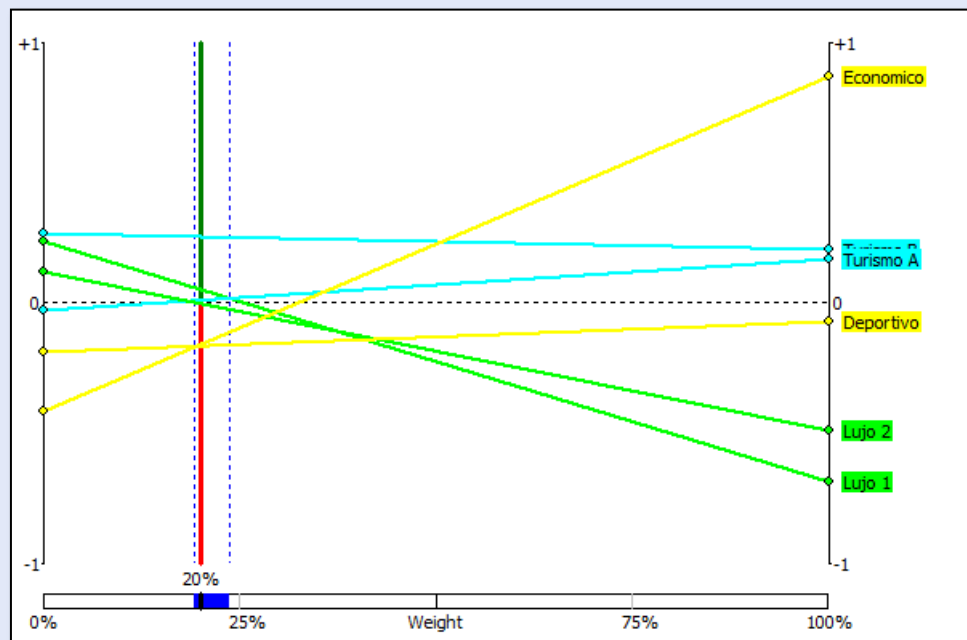
Analyse de Sensibilité avec PROMETHEE

- Poids des critères $\leftrightarrow$ classement PROMETHEE.
- Analyse de sensibilité interactive :
« Walking Weights ».
- Robustesse par rapport aux poids ?
 - Intervalles de stabilité.
 - Intervalles de stabilité visuels.

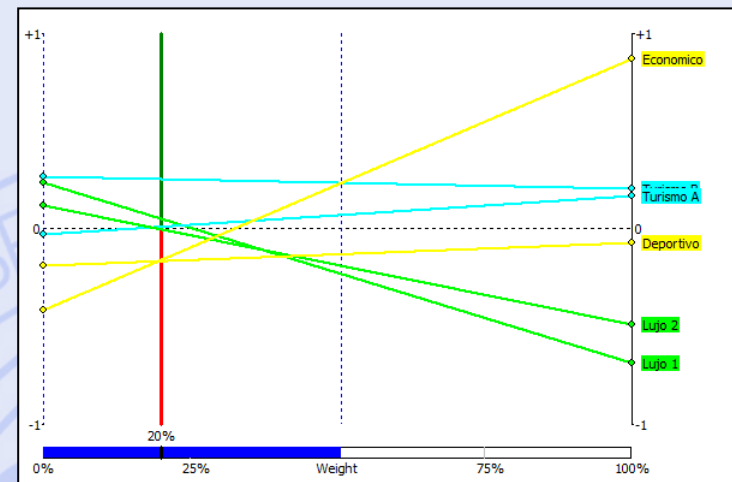
Walking Weights



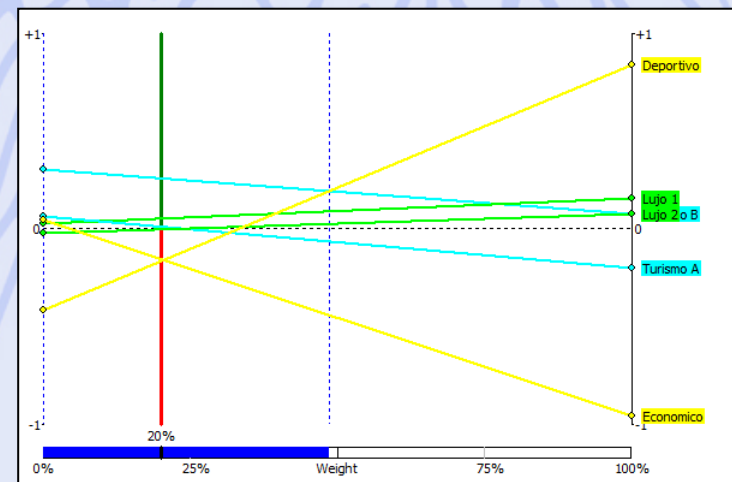
Visual Stability Intervals



VSI pour « Prix » (niveau 6):
[19.20% , 23.70%]

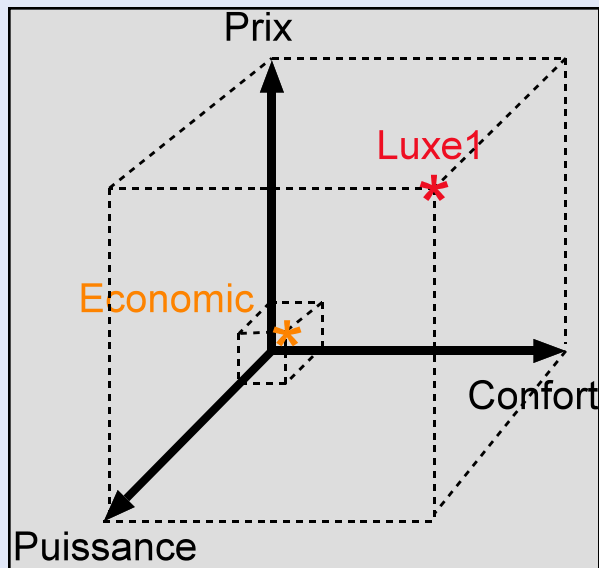


VSI pour « Prix » (niv. 1): [0.00% , 50.68%]



VSI pour « Puissance » (niv. 1): [0.00% , 48.65%]

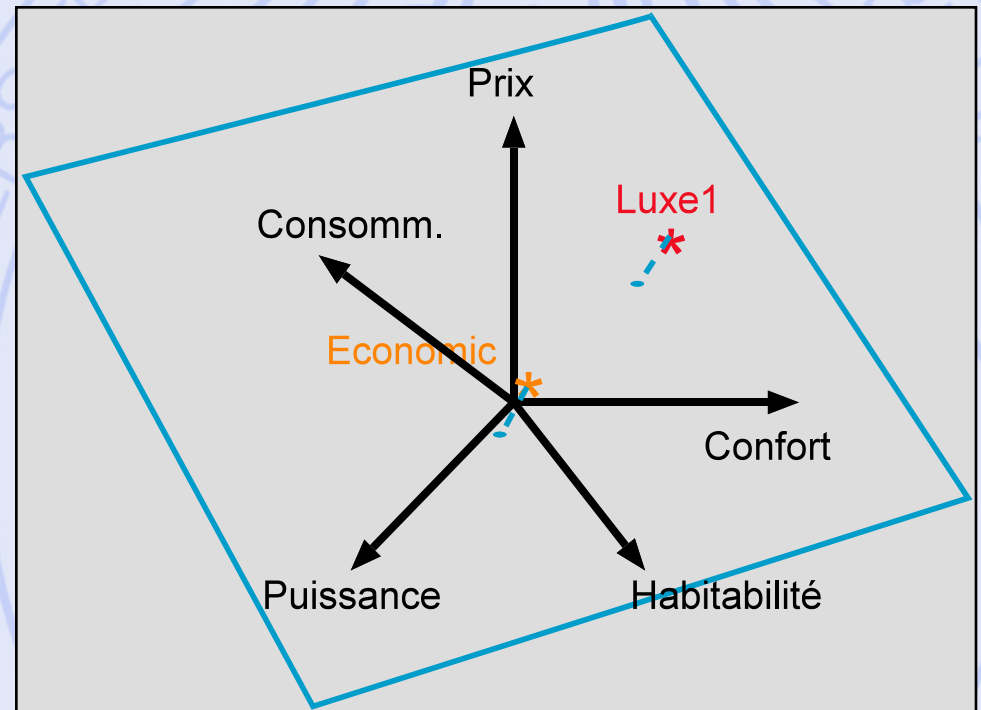
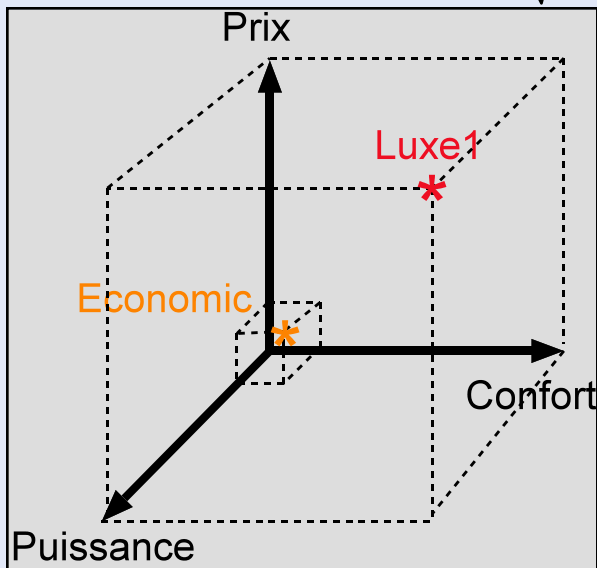
GAIA



- Représentation graphique.
- 5 dimensions !

GAIA

1. *Calcul des flux nets unicritères (normalisation)*
2. *Projection sur un plan :*



- Représentation graphique.
- 5 dimensions !

GAIA

- Mettre en évidence les conflits entre critères.
- Identifier les compromis possibles.
- Aider à fixer les priorités.



GAIA

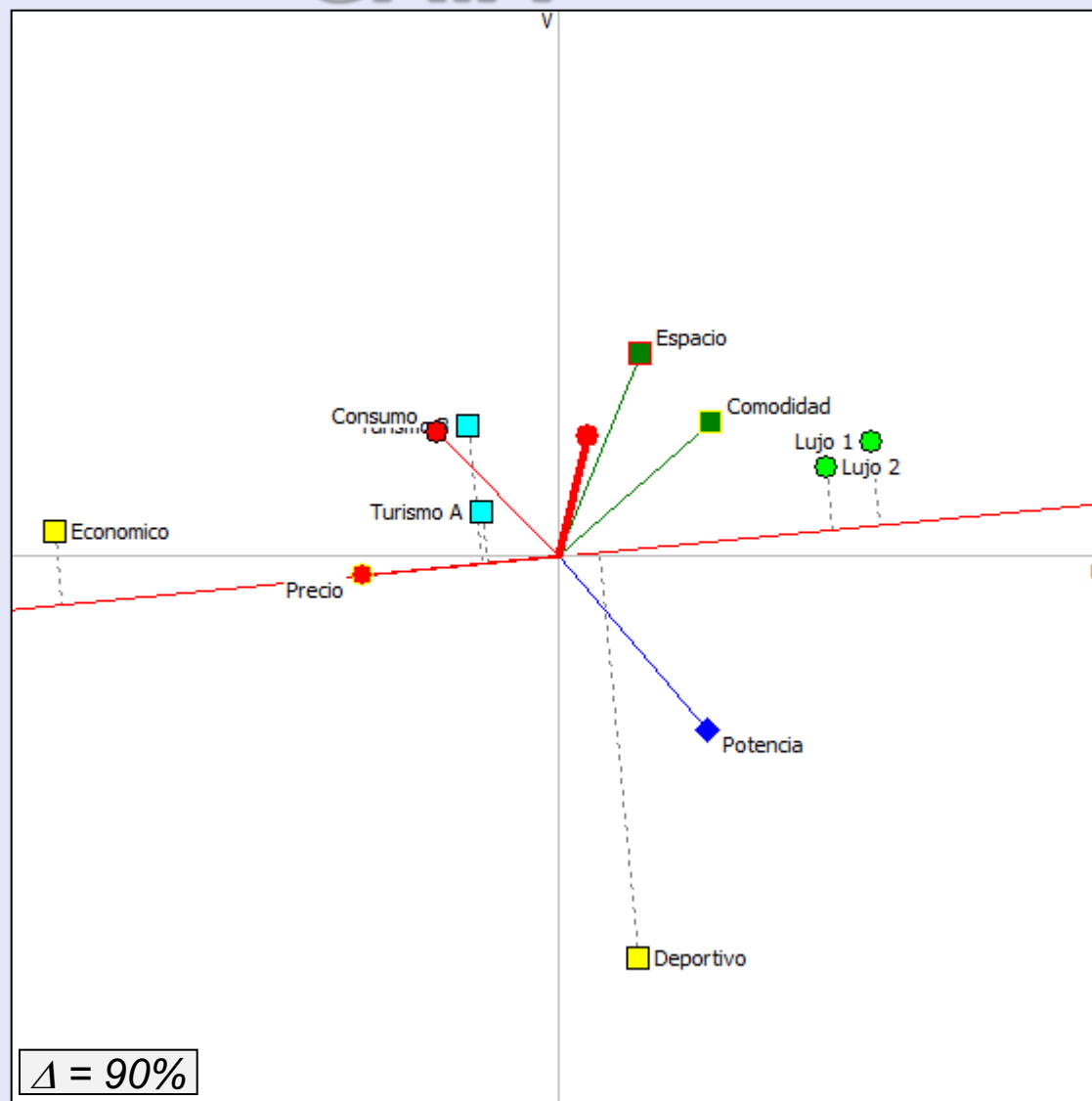
- *Actions :*
points
- *Critères :*
axes



GAIA

Prix

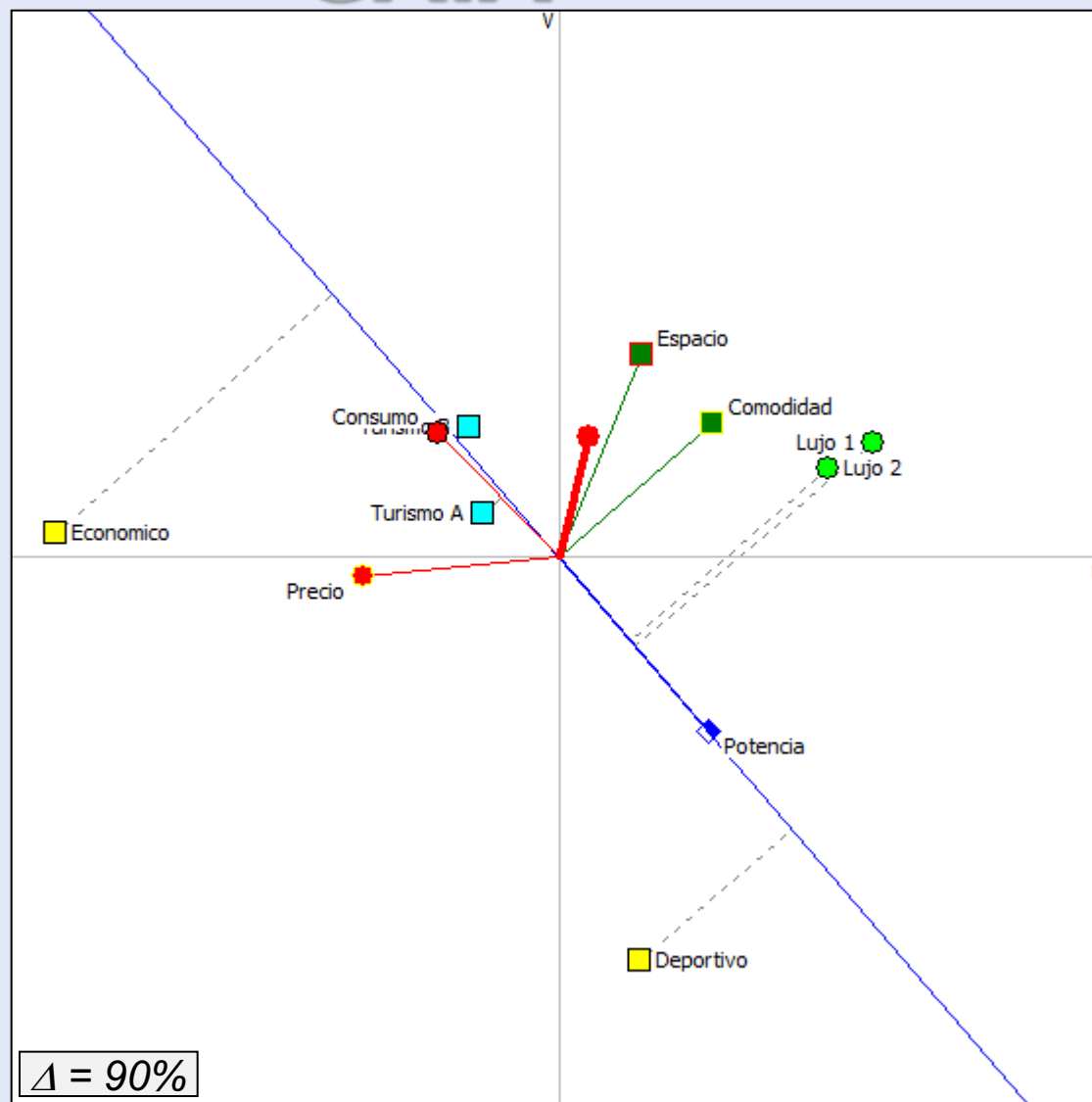
- *Economico*: 15 k€
- *Turismo*: 25,5-26 k€
- *Deportivo*: 29 k€
- *Lujo*: 35-38 k€



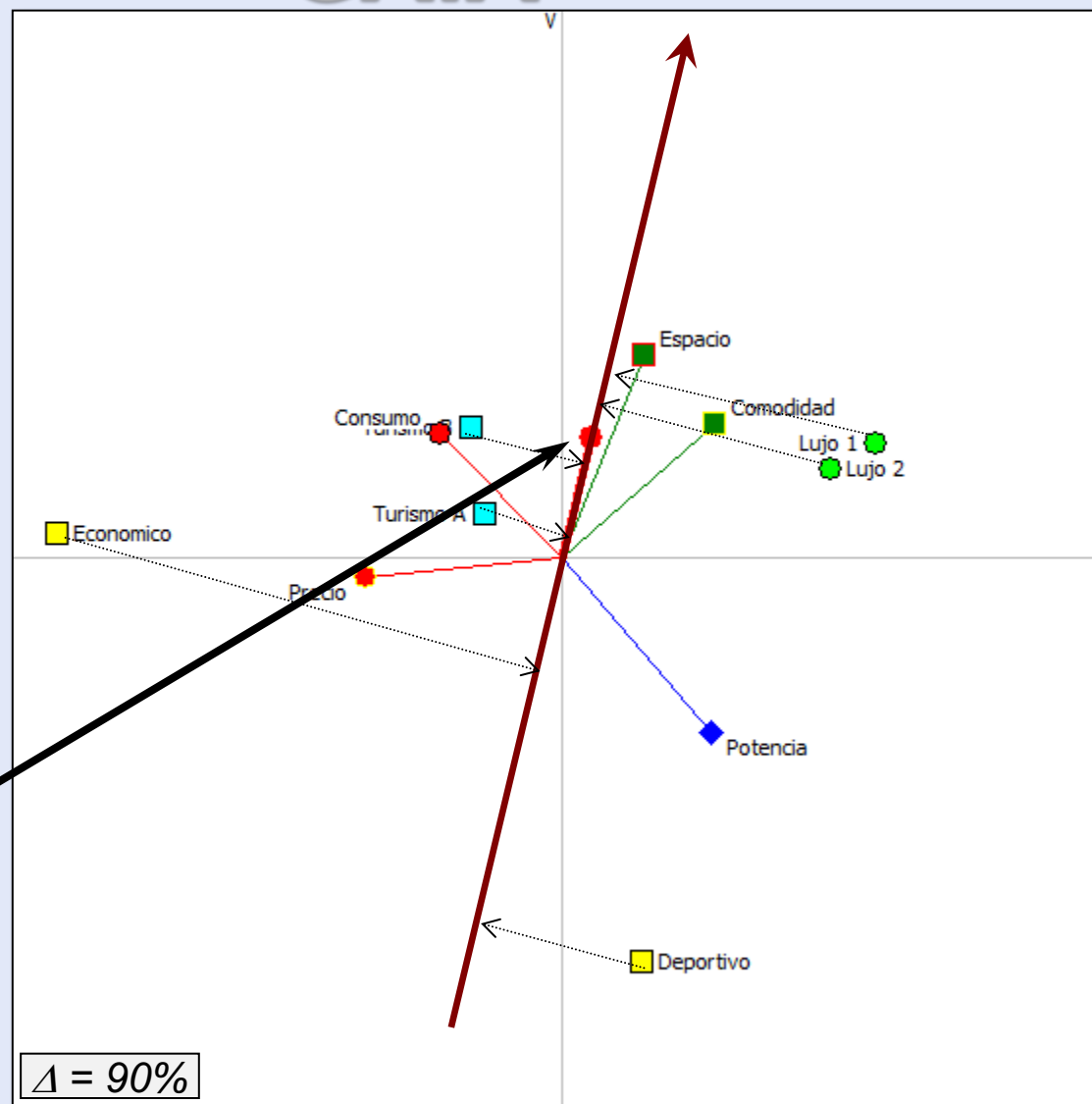
GAIA

Puissance

- *Deportivo: 110 kW*
- *Lujo: 85-90 kW*
- *Turismo: 75-85 kW*
- *Economico: 50 kW*



GAIA

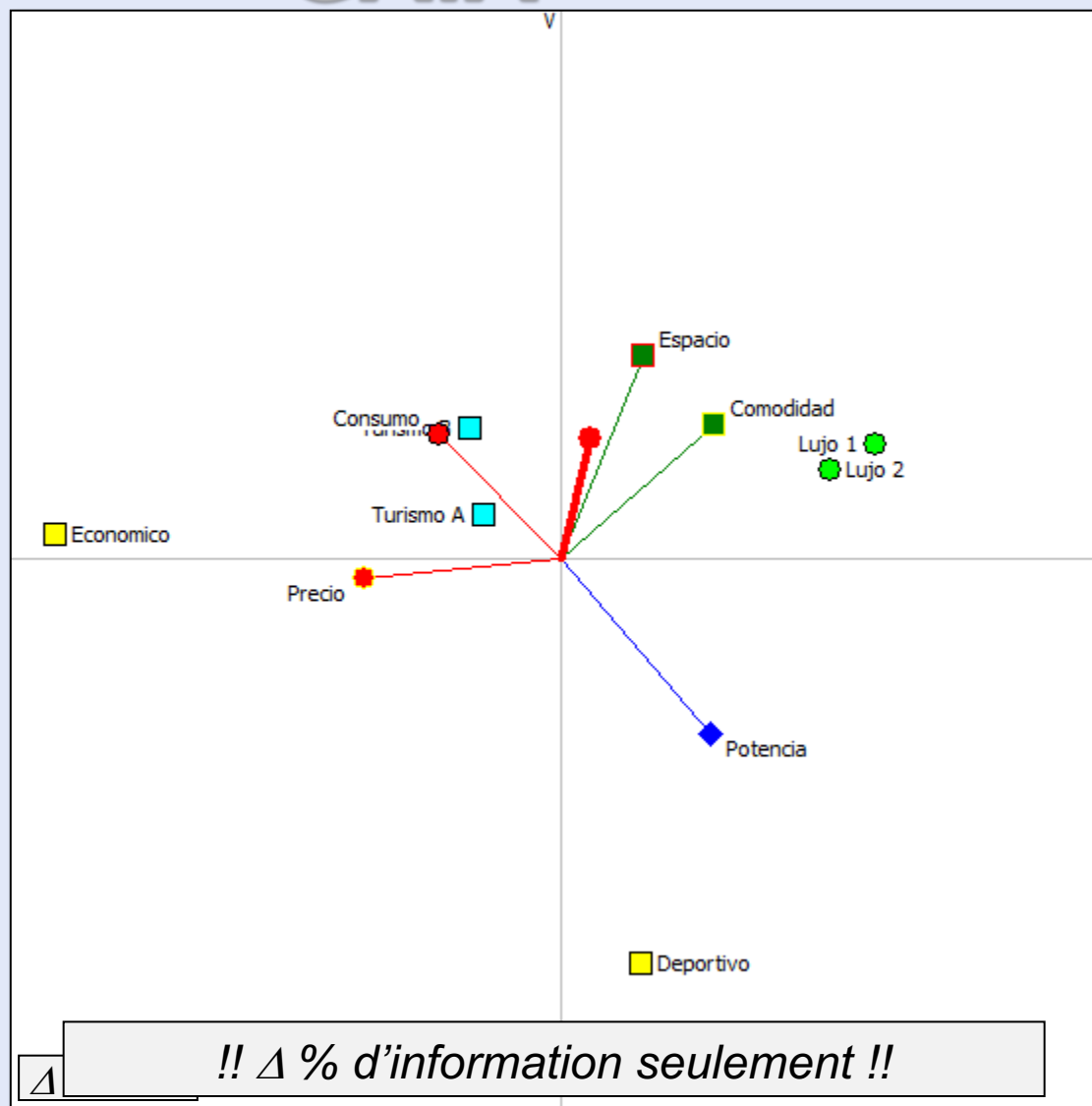


PROMETHEE II !

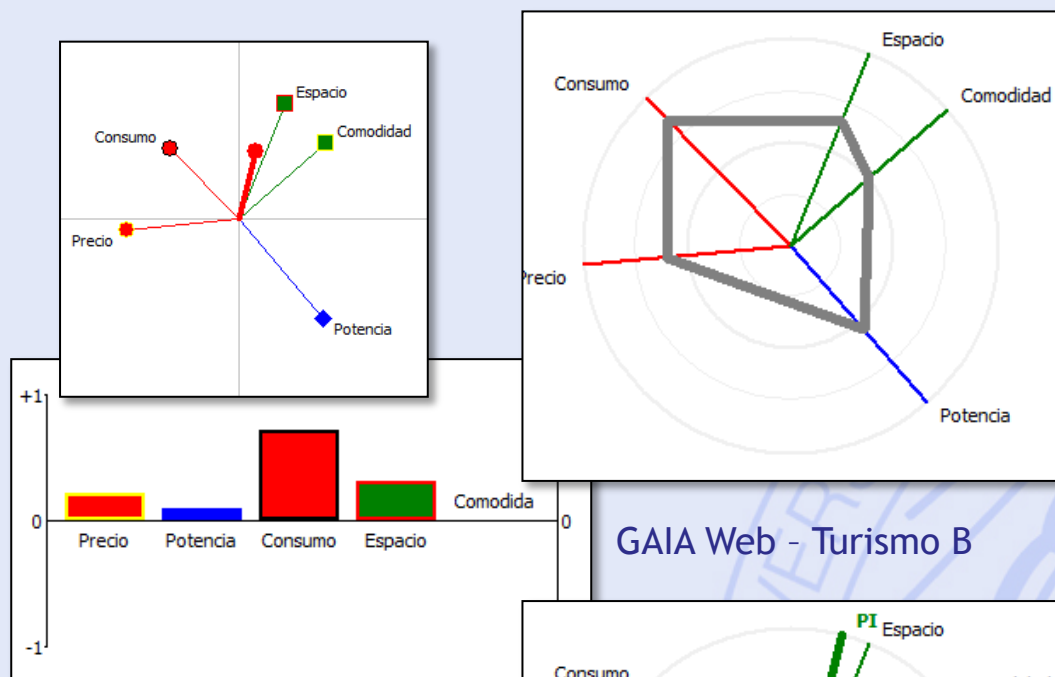
- *Turismo B* : 0,26
- *Lujo 1* : 0,06
- *Turismo A* : 0,02
- *Lujo 2* : 0,00
- *Economico* : -0,15
- *Deportivo* : -0,17

GAIA

- *Actions :*
points
- *Critères :*
axes
- *Axe de décision*

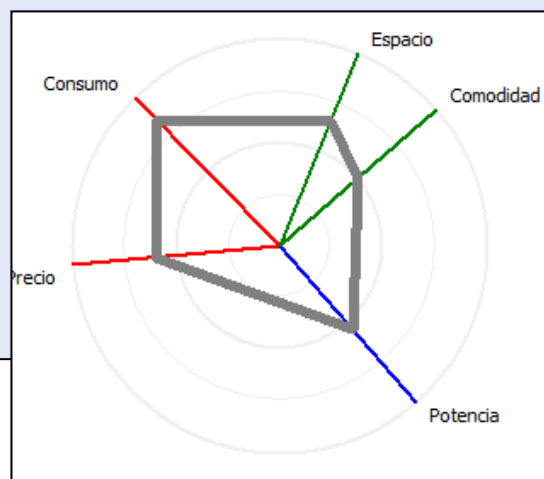


GAIA Webs

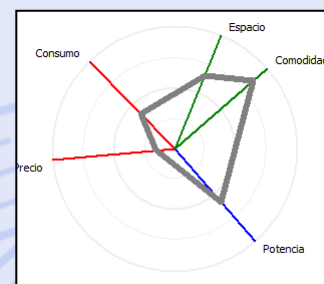
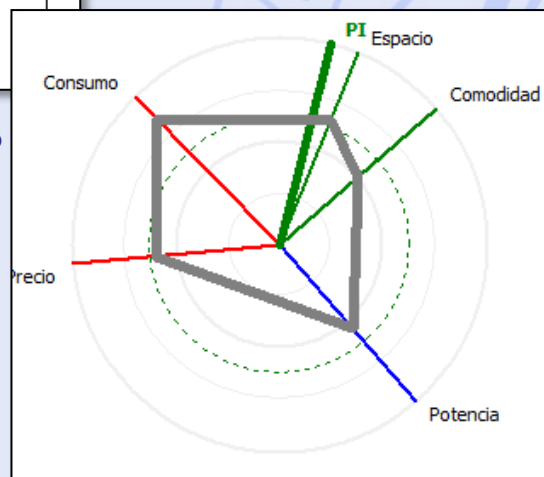


Action profile - Turismo B

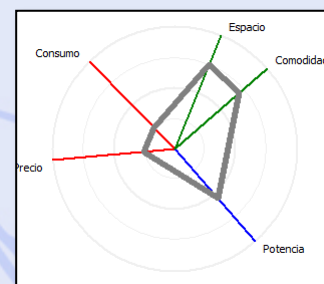
Targa Rabat 03/2019



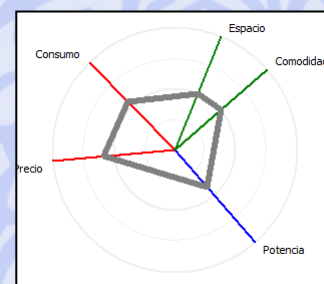
GAIA Web - Turismo B



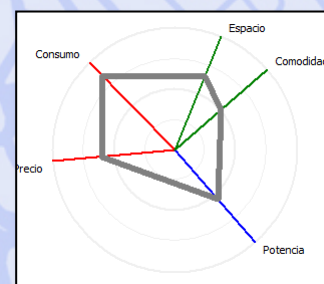
Lujo 1



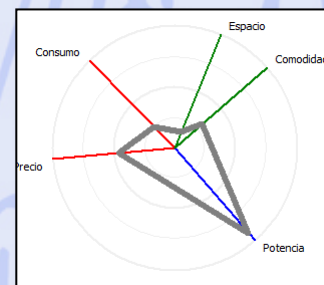
Lujo 2



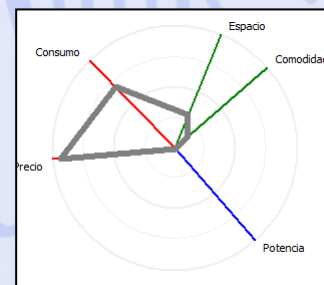
Turismo A



Turismo B



Deportes



Economico

Méthodes PROMETHEE & GAIA

- PROMETHEE : approche prescriptive
 - Classement partiel des actions
 - PROMETHEE I
 - Classement complet des actions
 - PROMETHEE II
- GAIA : approche descriptive
 - Identification des conflits entre critères.
 - Profils caractéristiques des actions.
 - Fixer les priorités, analyse de sensibilité.

Exemple 2 : Localisation d'une usine

- Actions : 5 sites potentiels
- Critères :
 - f_1 : Coût (investissement)
 - f_2 : Coût (opérations)
 - f_3 : Emploi
 - f_4 : Transport
 - f_5 : Impact sur l'environnement
 - f_6 : Impact social

Tableau d'Evaluation

Tutorial2						
	Investment	Operations	Employment	Transportation	Environment	Social
Min/Max	Minimize	Minimize	Minimize	Maximize	Minimize	Minimize
Weight	25.0000	15.0000	20.0000	20.0000	10.0000	10.0000
Preference Functi	Linear	Linear	Linear	Level	Level	Level
Indifference Thres	5.00 %	5.00 %	5.00 %	0.5000	0.5000	0.5000
Preference Thres	25.00 %	25.00 %	10.00 %	1.5000	1.5000	1.5000
Gaussian Thresho	-	-	-	-	-	-
Threshold Unit	Percent	Percent	Percent	Absolute	Absolute	Absolute
Unit	M\$	M\$	workers	5-point	Impact	Impact
Site 1	74.0000	12.0000	175.0000	Average	High	Low
Site 2	86.0000	9.0000	170.0000	Good	Low	Very Low
Site 3	89.0000	7.0000	145.0000	Very Good	Very Low	Moderate
Site 4	115.0000	8.0000	95.0000	Bad	Low	High
Site 5	128.0000	10.0000	110.0000	Good	Moderate	Very Low

- Critères à minimiser ou maximiser.
- Echelles différentes.
- Critères quantitatifs ou qualitatifs.

Problèmes de Décision Mono- et Multidécideur

- Monodécideur :
 - Une seule partie prenante dans le processus.
 - Evaluations et structure de préférence uniques.
- Multidécideur :
 - Plusieurs parties prenantes.
 - Evaluations et structures de préférences multiples.
 - Recherche d'un consensus.

Exemple

- Quatre parties prenantes (“décideurs”) :
 - Industriel,
 - Pouvoirs publics (région),
 - Associations de protection de l’environnement,
 - Syndicats.
- Quatre tableaux multicritères.

Modèle Multi-scénarios

- Scénarios :
 - Points de vue,
 - Hypothèses de travail, ...
- Evaluations :
 - Critères 'objectifs' : évaluations communes.
 - Critères 'subjectifs' : évaluations particulières à chaque scénario.
- Structures de préférences différentes :
 - Poids, seuils de préférence.

Modèle Multi-scénarios

- Adaptation de PROMETHEE :
 - Classements individuels
 - Classements globaux (groupe) en tenant compte d'une pondération éventuelle des scénarios
- Adaptation de GAIA :
 - GAIA-Critères
 - GAIA-Scénarios
 - GAIA-Unicritère

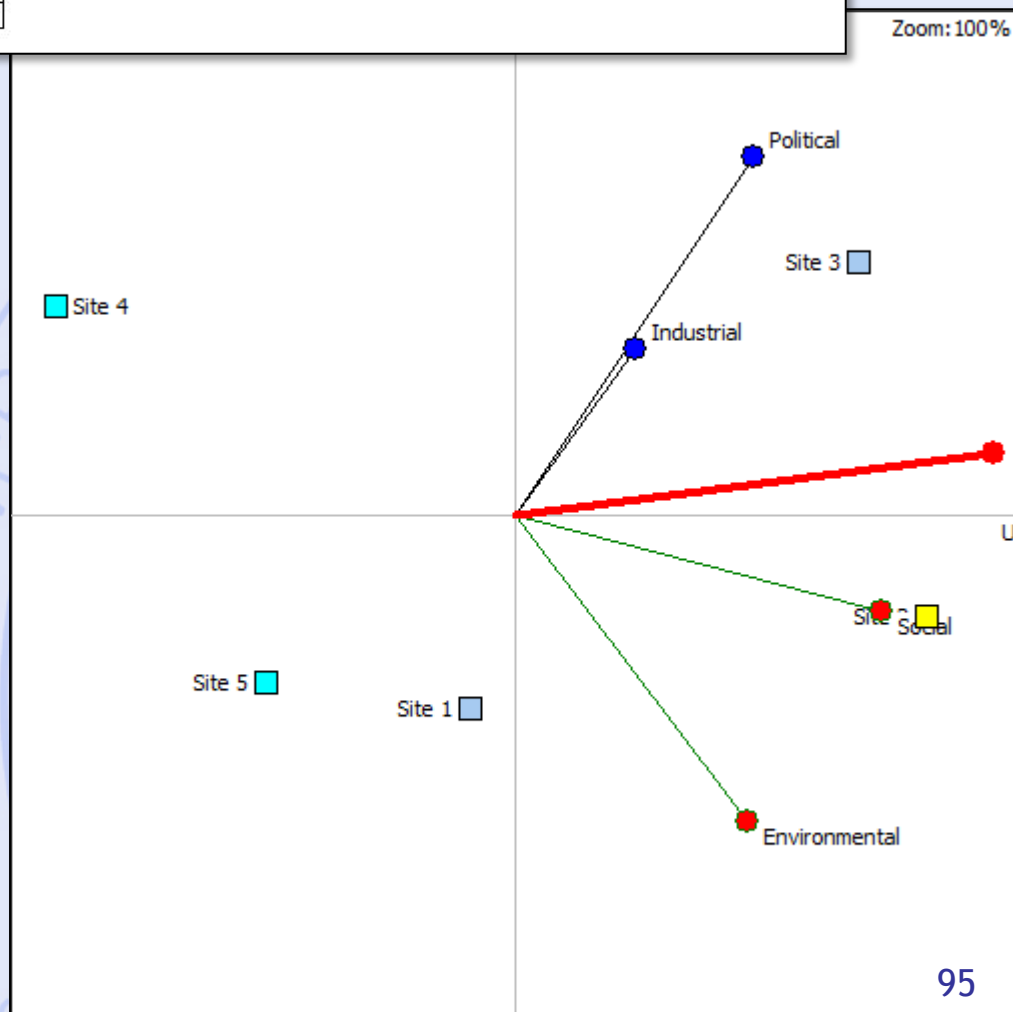
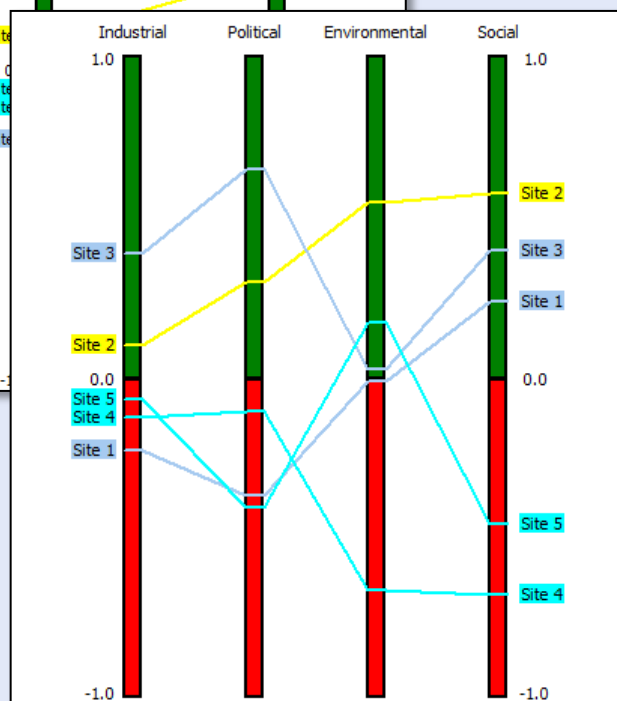
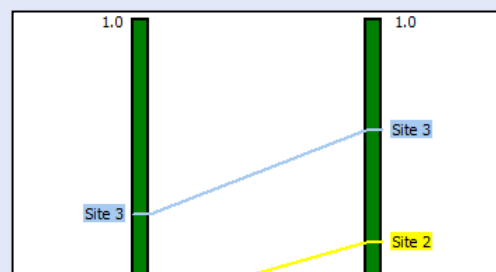
1	
Site 2	
$\Phi+$	0.55
$\Phi-$	0.18

2	
Site 3	
$\Phi+$	0.58
$\Phi-$	0.22

3	
Site 1	
$\Phi+$	0.31
$\Phi-$	0.42

4	
Site 5	
$\Phi+$	0.26
$\Phi-$	0.47

5	
Site 4	
$\Phi+$	0.19
$\Phi-$	0.61



PROMap

- *Intégration avec Google Maps :*



Mercredi

- Prise en mains du logiciel.
- Exercices pratiques :
 - Didactique
 - Données Targa-AIDE

Pour utiliser PROMETHEE

1. Définir les actions :

- Douar, commune, province, ... projets...

2. Définir les critères :

- Quantitatifs,
- Qualitatifs (choix de l'échelle).

3. Evaluer (tableau).

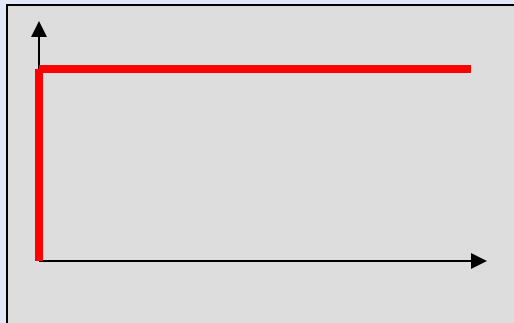
4. Pour chaque critère :

- Choisir un type de fonction de préférence.
- Fixer les seuils correspondants.

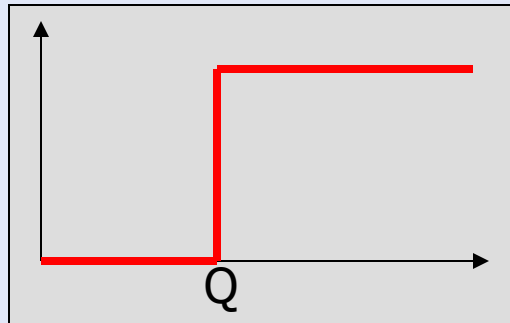
5. Pondérer les critères.

Fonctions de préférence

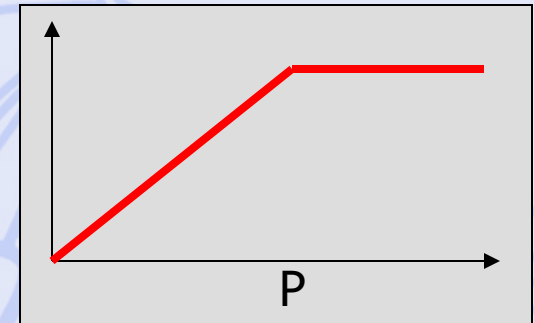
(disponibles dans **Visual PROMETHEE**)



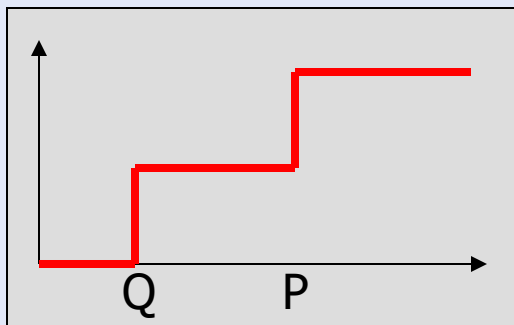
Usuelle



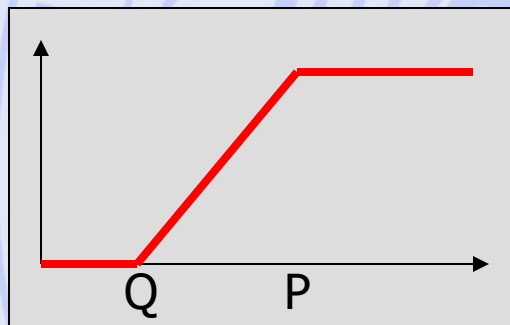
En « U »



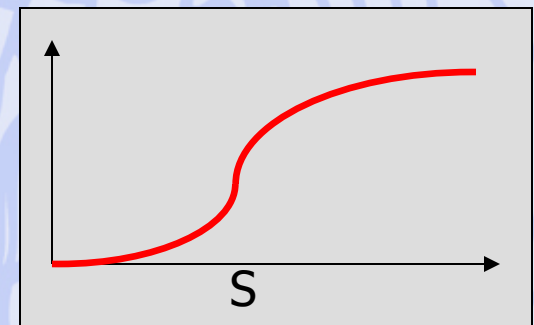
En « V »



A paliers



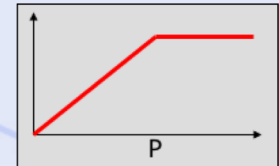
Linéaire



Gaussienne

Fonctions de préférence

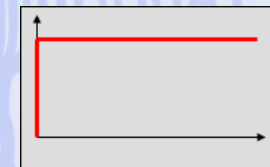
- Critères quantitatifs « continus » (ex. coût, prix, distance):
 - En « V » (pas de seuil d'indifférence),
 - Linéaire.
- Critères qualitatifs ou quantitatifs « discrets » (ex. « très bon à très mauvais », nombre d'hôpitaux):
 - Usuelle (pas de seuils),
 - A paliers.



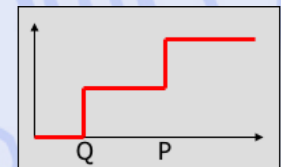
« V » shape



Linear



Usual



Level

Importation de données

- Depuis Excel.
 1. Choisir un format supporté.
 2. Exporter les données au format csv
 3. Préparer un fichier vide dans Visual PROMETHEE.
 4. Importer les données dans le fichier.

1. Full

dimensions	5	3	
	F1	F2	F3
unit	joules	CV	Euro
min/max	max	max	min
weight	1	3	2
preference fur	3	6	5
thresholds	abs	abs	rel
q	1,5	2	3
p	2,5	3	4
s	3,5	4	5
A	1	6	11,5
B	2	7	12,6
C	3	8	13,8
D	4	9	14,9
E	5	10,5	16

Full: evaluation table, names and preference parameters

The first row should mention 'dimensions' and the numbers of actions and criteria.

The second row starts with an empty cell followed by the criteria names.

The next rows (unit to s) contains preference parameters.

Each next row corresponds to an action: name followed by the evaluations. Numerical values only.

The Excel sheet has to be saved under the .csv (; delimited format).

2. Table

dimensions	5	3	
	F1	F2	F3
A	1	6	11,5
B	2	7	12,6
C	3	8	13,8
D	4	9	14,9
E	5	10,5	16

Table: evaluation table, with names

The first row should mention 'dimensions' and the numbers of actions and criteria.

The second row starts with an empty cell followed by the criteria names.

Each next row corresponds to an action: name followed by the evaluations. Numerical values only.

The Excel sheet has to be saved under the .csv (; delimited format).

3. Evaluations

dimensions	5	3
1	6	11,5
2	7	12,6
3	8	13,8
4	9	14,9
5	10,5	16

Evaluations: evaluation table only

The first row should mention 'dimensions' and the numbers of actions and criteria.

Each next row corresponds to an action: evaluations only. Numerical values only.

The Excel sheet has to be saved under the .csv (; delimited format).

4. Criterion

dimensions	5	3
11,5		
12,6		
13,8		
14,9		
16		

Criterion: single evaluation table column

The first row should mention 'dimensions' and the numbers of actions and criteria.

Each next row corresponds to an action: single criterion evaluations (the criterion is selected in the Import dialog box. Numerical values only).

The Excel sheet has to be saved under the .csv (; delimited format).

Pensez aussi...

- A définir des catégories d'actions :
 - Pour identifier (couleurs et symboles) plus facilement (par commune par exemple).
- A définir des clusters et des groupes de critères :
 - Hiérarchie à deux niveaux :
 - Clusters : grands groupes de critères (économie, environnement, social, ...),
 - Groupes : sous-ensembles de critères au sein d'un même cluster (air, eau, paysage, ... pour l'environnement).
 - Couleurs et symboles.
 - Regroupement pour faciliter les analyses de sensibilité.

En conclusion...

- Tout d'abord... الف شكر

- Continuez...

- Consultez

<http://www.promethee-gaia.net>

- Rejoignez le groupe LinkedIn
“PROMETHEE decision aid methods”

- Participez :

- PROMETHEE *Days* 2019 à Split.
- PROMETHEE *Days* 2020 au Maroc!

<http://www.prometheedays.com>