

PROMETHEE-GAIA

Aide à la decision multicritère

Logiciel Visual PROMETHEE

Bertrand Mareschal

bmaresc@ulb.ac.be

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

STUDI 04/2019

1

Planning

- Mercredi 10/04
 - Matin : Méthodologie
 - Après-midi : PROMETHEE
- Jeudi 11/04
 - Matin : GAIA
 - Après-midi : Visual PROMETHEE
- Vendredi 12/04
 - Matin : Exercices avec Visual PROMETHEE
 - Après-midi : Etudes de cas
- Samedi 13/04
 - Matin : Etudes de cas
 - Après-midi : Discussion et suivi

STUDI 04/2019

2

Mercredi 10/04

- **Matin : Méthodologie**
 - Quoi ? Décision et évaluation
 - Comment ? Aide à la décision multicritère
 - Pourquoi PROMETHEE-GAIA ?
 - PROMETHEE vs ELECTRE III
- **Après-midi : PROMETHEE**
 - Modélisation des préférences
 - Flux de préférence
 - Classements PROMETHEE
 - Analyse de sensibilité

STUDI 04/2019

3

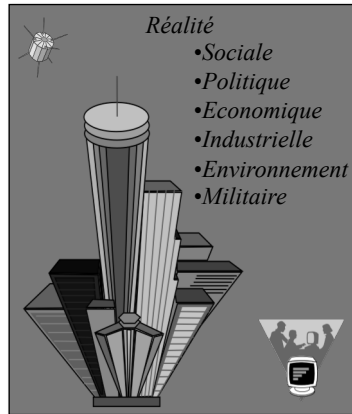
Quoi ? Prise de décision - Evaluation

- 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.

STUDI 04/2019

4

Prise de décision



- Décrire,
- Comprendre,
- Gérer.

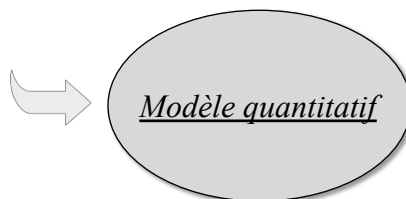
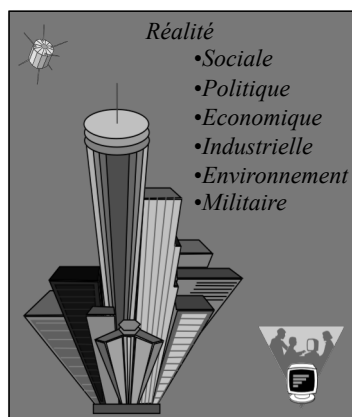
2 Approches :

- Qualitative,
- Quantitative.

STUDI 04/2019

5

Comment ? Aide à la décision



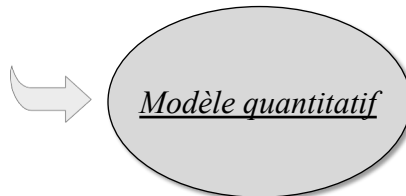
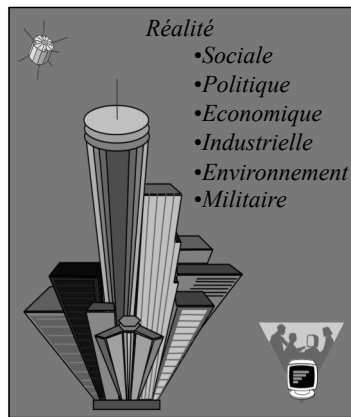
- Décisions possibles ?
- Comment les comparer ?
- Préférences, Objectifs ?

STUDI 04/2019

6

Comment ?

Aide à la Décision



- Approximation de la réalité !
 - Aide à la décision

STUDI 04/2019

7

Modèle

Multicritère vs Unicritère

- Modèle unicritère :

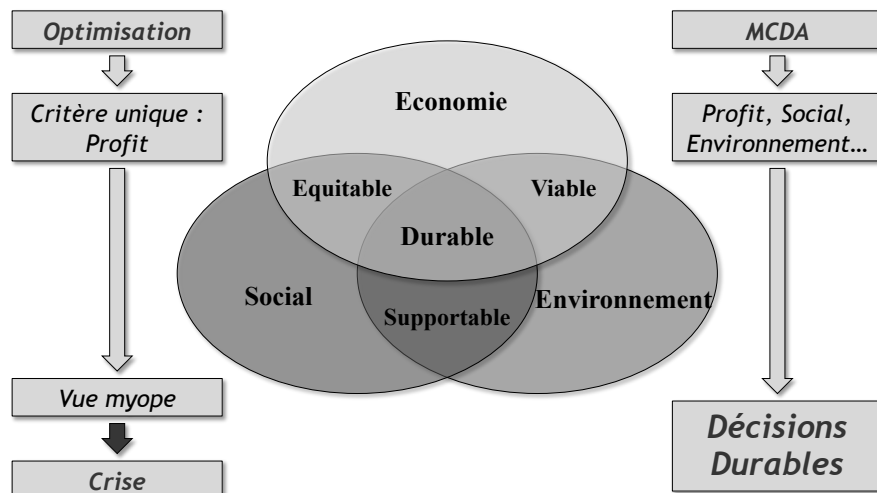
$$\text{Optimiser } \{g(a) \mid a \in A\}$$

- 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, ...

STUDI 04/2019

8

MCDAs vs Optimisation



STUDI 04/2019

9

Modèle Multicritère vs Unicritère

- Modèle multicritère :

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

- 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.

STUDI 04/2019

10

Développement de l'aide à la décision multicritère

- 1968 : méthode ELECTRE I (B. ROY)
- 1972 : conférence internationale aux USA.
- 1973 : premier mémoire multicritère à l'ULB.
- 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.
- 1983 : présentation de PROMETHEE à EURO VI.
- 1992 : journal international JMCDA

STUDI 04/2019

11

Tableau Multicritère

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

STUDI 04/2019

12

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	...
...	...	...	...	...	...

STUDI 04/2019

13

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	...
...	...	...	...	...

STUDI 04/2019

14

Possibilités d'Achat

	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	...
...	...	...	...	...

STUDI 04/2019

15

Un Exemple

Achat d'une automobile

Objectifs :

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

STUDI 04/2019

16

Tableau Multicritère

Marque	Prix	Puissance	Consomm.	Habitabilité	Confort
Moyenne A	25500	75	8,0	3	3
Sport	38000	110	9,0	1	2
Moyenne B	26000	85	7,0	4	3
Luxe 1	35000	90	8,5	4	5
Economic	15000	50	7,5	2	1
Luxe 2	29000	85	9,0	5	4

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



STUDI 04/2019

17

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

STUDI 04/2019

18

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.

STUDI 04/2019

19

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.

STUDI 04/2019

20

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

STUDI 04/2019

21

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 :

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

STUDI 04/2019

22

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.

STUDI 04/2019

23

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 .

STUDI 04/2019

24

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

STUDI 04/2019

25

Théorie du choix social

- Problème :
 - Un groupe de personnes doivent choisir un candidat parmi plusieurs (élection).
 - Chaque personne (électeur) classe les candidats par ordre de préférence.
 - Quel candidat doit être élu ?
- Quelle est la « meilleure » procédure de vote ?
- Analogie avec les modèles multicritères :
 - Candidats $\leftrightarrow$ actions,
 - Electeurs $\leftrightarrow$ critères.

STUDI 04/2019

26

5 procédures... ... parmi d'autres...

1. Majorité relative.
2. Condorcet.
3. Scrutin à 2 tours (présidentielle).
4. Borda.
5. Eliminations successives.

STUDI 04/2019

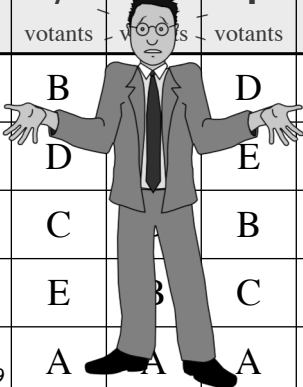
27

En conclusion ?

5 candidats: Albert, Bruno, Claire, Diane, Eric

25 votants:

8 votants	7 votants	4 votants	4 votants	2 votants
A	B	D	C	
C	D	E	E	
D	C	B	D	
B	E	C	B	
E	A	A	A	



STUDI 04/2019

Majorité relative:

↳ **Albert** est élu

Procédure française:

↳ **Bruno** est élu

Procédure de Condorcet:

↳ **Claire** est élue

Procédure de Borda:

↳ **Diane** est élue

Eliminations successives:

↳ **Eric** est élu

28

Kenneth Arrow (Nobel d'économie, 1972)

- **Théorème d'impossibilité (1952) :**
Avec au moins 2 votants et 3 candidats, il est impossible de construire une procédure de vote satisfaisant simultanément les 5 propriétés suivantes :
 - Non-dictature.
 - Universalité.
 - Indépendance vis-à-vis des tiers.
 - Monotonicité.
 - Non-imposition.

STUDI 04/2019

29

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.

STUDI 04/2019

30

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.

STUDI 04/2019

31

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

STUDI 04/2019

32

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)

STUDI 04/2019

33

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.

STUDI 04/2019

34

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.

STUDI 04/2019

35

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.

STUDI 04/2019

36

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)
<i>a</i>	10	60
<i>b</i>	8	70
	0.7	0.3

$$V(a) = 25$$

$$V(b) = 26.6$$

b est première.

STUDI 04/2019

37

Somme Pondérée : Exemple 3

	g_1 (BF)	g_2 (min)
<i>a</i>	60	60
<i>b</i>	48	70
	0.7	0.3

$$V(a) = 60$$

$$V(b) = 54.6$$

a est première.

	g_1 (FF)	g_2 (min)
<i>a</i>	10	60
<i>b</i>	8	70
	0.7	0.3

$$V(a) = 25$$

$$V(b) = 26.6$$

b est première.

STUDI 04/2019 → Signification des "poids" ! ←

38

Aide à la Décision de Type Multicritère

- Utilité multiattribut - Fonction de valeur (MAUT/MAVT) (aggregation) :
 - USA, UK
 - Topsis
 - Macbeth
- Méthodes de surclassement (comparaisons par paires) :
 - ELECTRE
 - PROMETHEE
 - ORESTE, ...
- Méthodes interactives
- Programmation multiobjectif
- Autres :
 - AHP

STUDI 04/2019

39

MAUT/MAVT vs Surclassement

	MAUT/MAVT	Surclassement
Hypothèses	Plus fortes	Moins fortes
Evaluation	Absolue	Relative
Modèle	Unicritère	Multicritère
Incomparabilité	Non	Oui
Compensation	Totale	Partielle
Flexibilité	Faible	Grande

STUDI 04/2019

40

ELECTRE

- ELECTRE I (1968) :
 - Sélection
- ELECTRE II (1972) :
 - Classement
- ELECTRE III (1980) :
 - Relation valuée, seuils
 - Classement partiel
- ELECTRE IV (1982) :
 - Pas de pondération
 - Modèle simplifié
- Extensions ultérieures :
 - IS, Tri, ...

STUDI 04/2019

41

PROMETHEE

- PROMETHEE I & II (1983) :
 - Fonctions de préférence
 - Flux de surclassement
- PROMETHEE III & IV (1984) :
 - Imprécision
 - A défini en compréhension
- GAIA (1989) :
 - Visualisation - approche descriptive
- PROMETHEE V (1992) :
 - Gestion de portefeuille (contraintes)
- PROMETHEE VI :
 - « Cerveau » du décideur
- Extensions :
 - Fuzzy PROMETHEE, ...

STUDI 04/2019

42

PROMETHEE vs ELECTRE III

	ELECTRE III	PROMETHEE
Modèle	Complexe (distillation)	Simple (flux)
Préférences	Pseudo-critère (q, p)	Fonctions de préférence
Veto	Oui	Non
Flexibilité	Faible	Forte
Visuel	Non	Oui

STUDI 04/2019

43

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**.

STUDI 04/2019

44

Quelques statistiques...

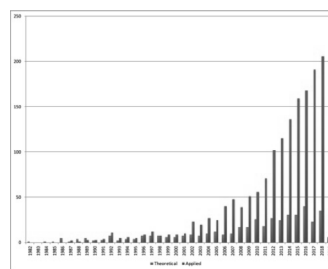
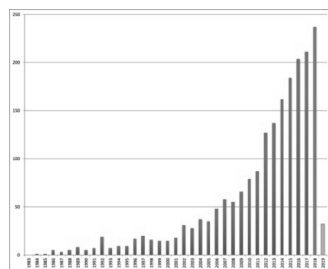
- Première publication en 1982 par J-P. Brans.
- Plus de 2000 publications.
- Principaux domaines d'application :
 - Environnement
 - Industrie
 - Services
 - Secteur public
 - Energie
 - Finance



STUDI 04/2019

45

PROMETHEE Timeline



- Plus de 2000 publications:
 - 80% appliquées - 20% théoriques
 - 57% dans les domaines “sociétaux”
- Médiane : 2014
- Plus de 3600 auteurs de 83 pays.

STUDI 04/2019

46

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.

STUDI 04/2019

47

Modélisation avec PROMETHEE

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

STUDI 04/2019



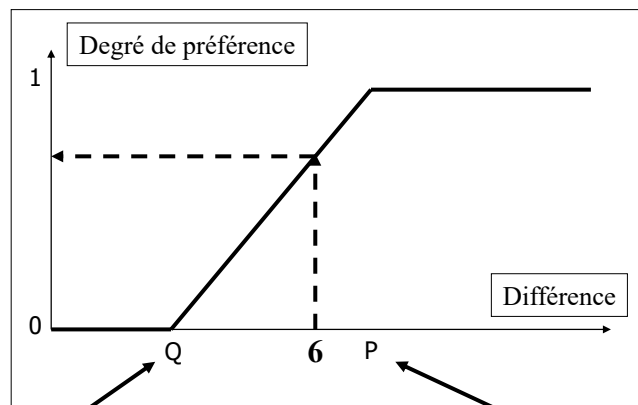
Comparaison de 2 Actions

	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	...
...	...	...	...	...	...

STUDI 04/2019

49

Fonctions de Préférence



Seuil d'indifférence

Linéaire

Seuil de préférence

STUDI 04/2019

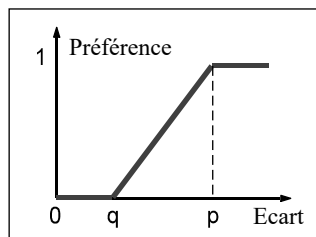
50

PROMETHEE

Préf (Eco.,Lux.)

Préf (Lux.,Eco.)

		Economic		Luxe 1			Poids
1,0	-23000	15000	Prix	38000		0,0	1/5
0,0		50	Puissance	90	+40	1,0	1/5
0,5	-1,0	7,5	Consomm.	8,5		0,0	1/5
0,0		2	Habitabilité	4	+2	0,5	1/5
0,0		1	Confort	5	+4	1,0	1/5



STUDI 04/2019

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

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

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

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

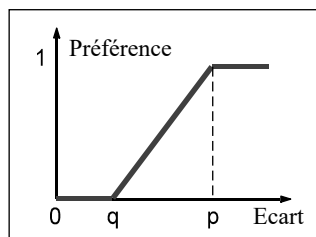
51

PROMETHEE

Préf (Eco.,Lux.)

Préf (Lux.,Eco.)

		Economic		Luxe 1			Poids
1,0	-23000	15000	Prix	38000		0,0	2/7
0,0		50	Puissance	90	+40	1,0	1/7
0,5	-1,0	7,5	Consomm.	8,5		0,0	2/7
0,0		2	Habitabilité	4	+2	0,5	1/7
0,0		1	Confort	5	+4	1,0	1/7



STUDI 04/2019

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

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

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

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

52

Comparaisons par Paires

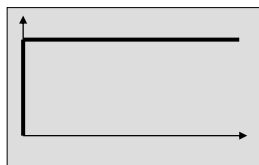
- Pour chaque critère g_j :
 - Fonction de préférence P_j
 - Poids w_j
- Degré de préférence multicritère de a sur b :

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

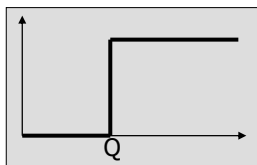
STUDI 04/2019

53

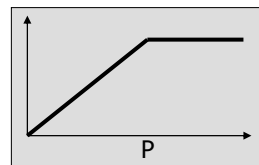
Fonctions de Préférence



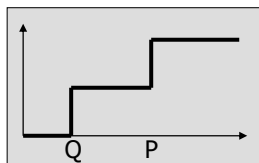
Critère usuel



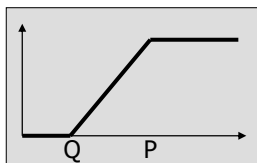
Critère en « U »



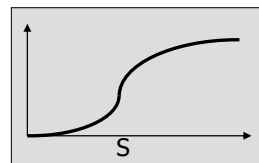
Critère en « V »



Critère à palier



Critère linéaire



Critère Gaussien

STUDI 04/2019

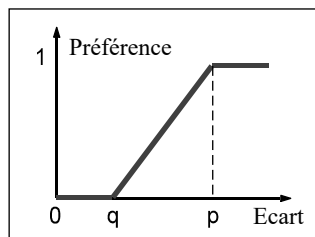
54

PROMETHEE

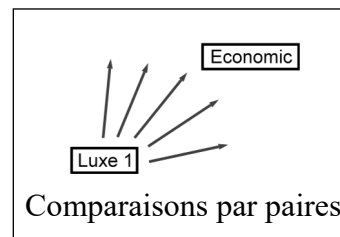
Préf (Eco.,Lux.)

Préf (Lux.,Eco.)

		Economic		Luxe 1	
1,0	-23000	15000	Prix	38000	0,0
0,0		50	Puissance	90	+40
0,5	-1,0	7,5	Consomm.	8,5	
0,0		2	Habitabilité	4	+2
0,0		1	Confort	5	+4
0,0					1,0



STUDI 04/2019



Comparaisons par paires

55

Matrice des $\pi(a,b)$

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

STUDI 04/2019

56

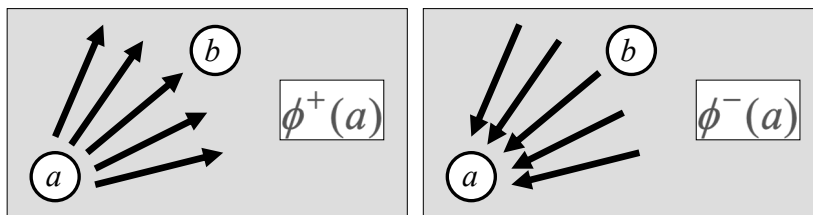
Calcul des flux de préférence

$\pi(a,b)$	<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	

STUDI 04/2019

57

Flux de Préférence



- Flux sortant :
(puissance)

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

- Flux entrant :
(faiblesse)

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

- Flux net :

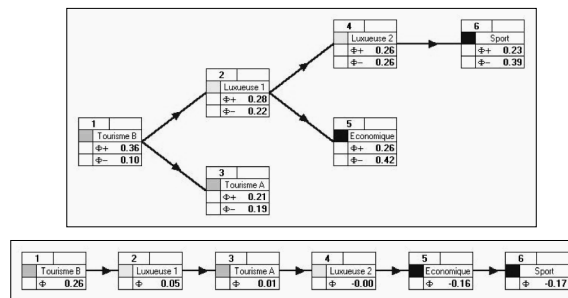
$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a)$$

STUDI 04/2019

58

PROMETHEE

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

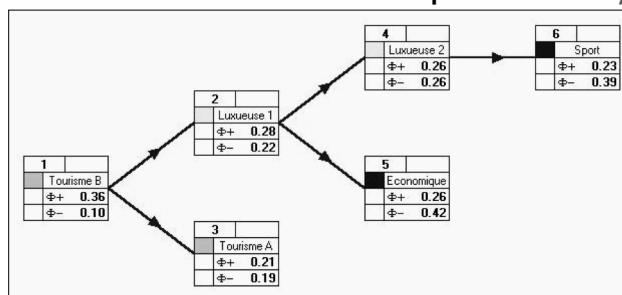


STUDI 04/2019

59

PROMETHEE

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



- PROMETHEE II : classement complet ϕ

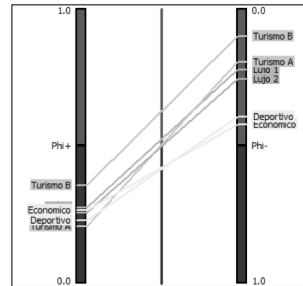
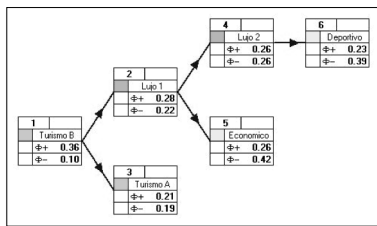


STUDI 04/2019

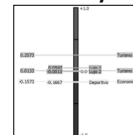
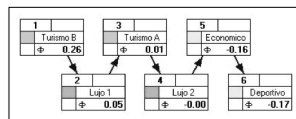
60

PROMETHEE I & II

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



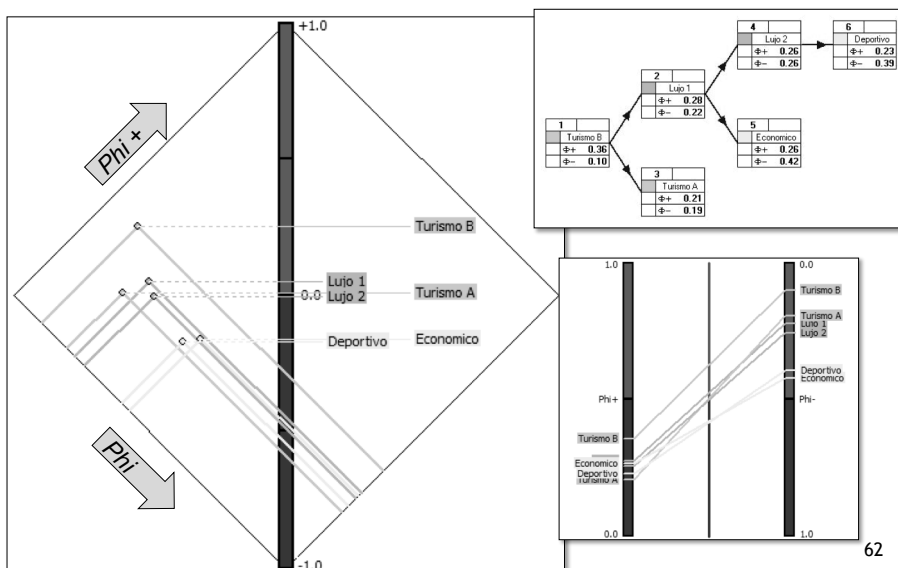
- PROMETHEE II : classement complet - ϕ



STUDI 04/2019

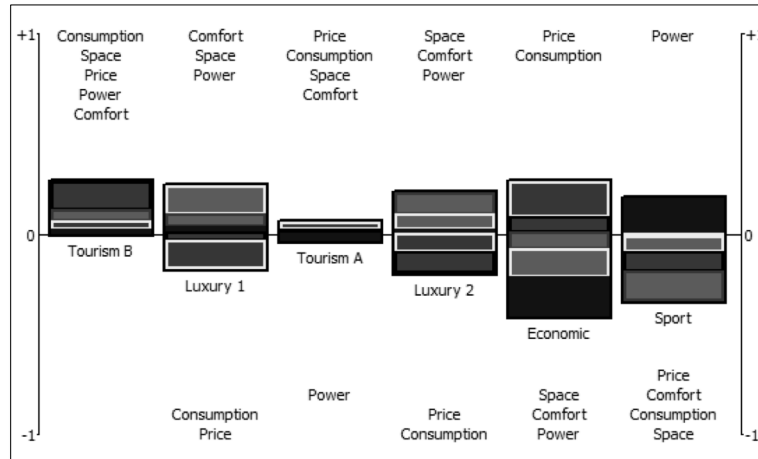
61

Diamant PROMETHEE



62

Arc-en-ciel PROMETHEE



Décomposition pondérée du flux net, critère par critère.

STUDI 04/2019

63

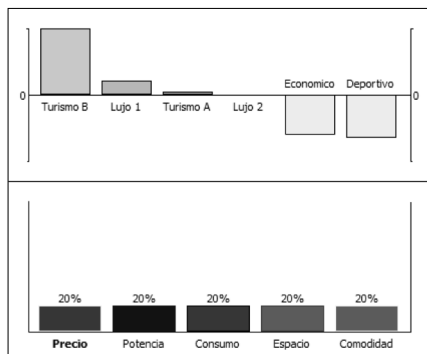
Analyse de Sensibilité avec PROMETHEE

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

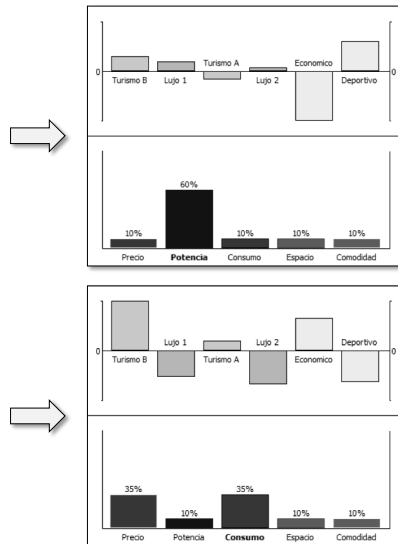
STUDI 04/2019

64

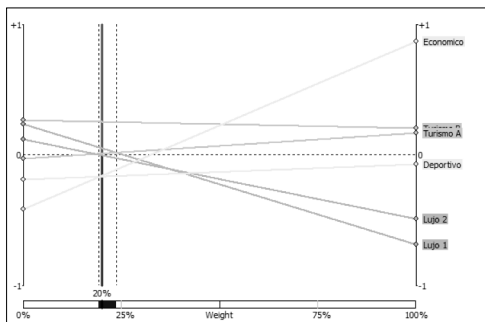
Walking Weights



STUDI 04/2019

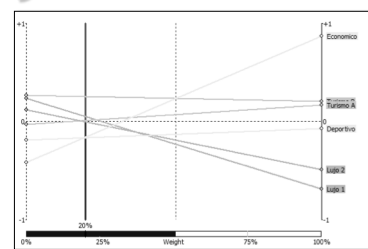


Visual Stability Intervals

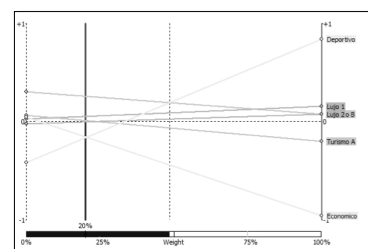


VSI pour « Prix » (niveau 6):
[19.20% , 23.70%]

STUDI 04/2019



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



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

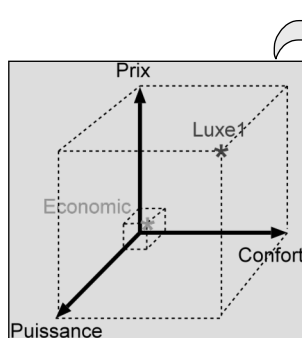
Jeudi 11/04

- **Matin : GAIA**
 - Analyse descriptive
 - Interaction avec PROMETHEE
 - 2D ou 3D ? Atouts et limites.
- **Après-midi : Logiciel Visual PROMETHEE**
 - Prise en mains
 - Exemples
 - Fonctions de base

STUDI 04/2019

67

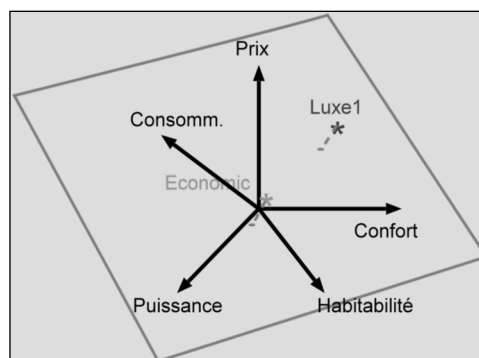
GAIA



- Représentation graphique.
- 5 dimensions !

STUDI 04/2019

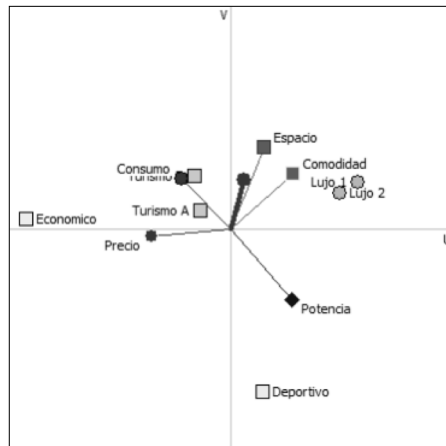
1. *Calcul des flux nets unicritères (normalisation)*
2. *Projection sur un plan :*



68

GAIA

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

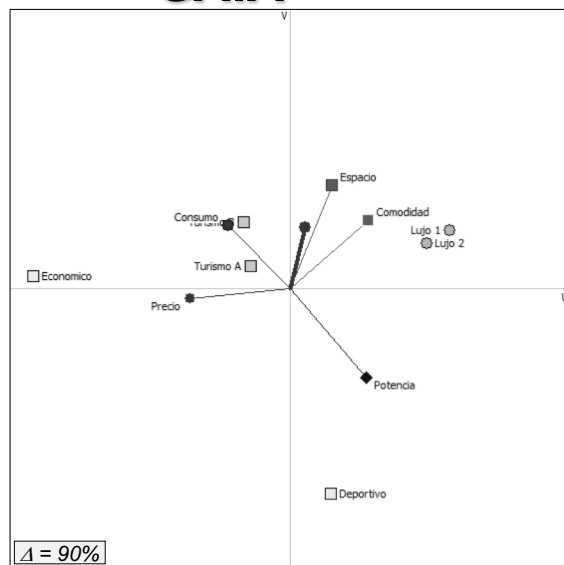


STUDI 04/2019

69

GAIA

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



STUDI 04/2019

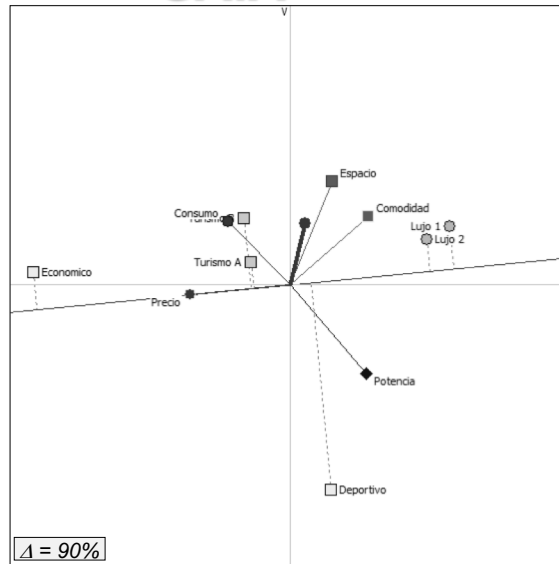
70

GAIA

Prix

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

STUDI 04/2019



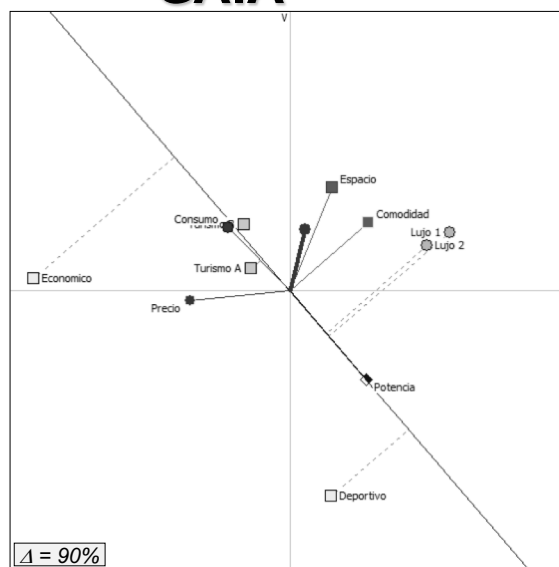
71

GAIA

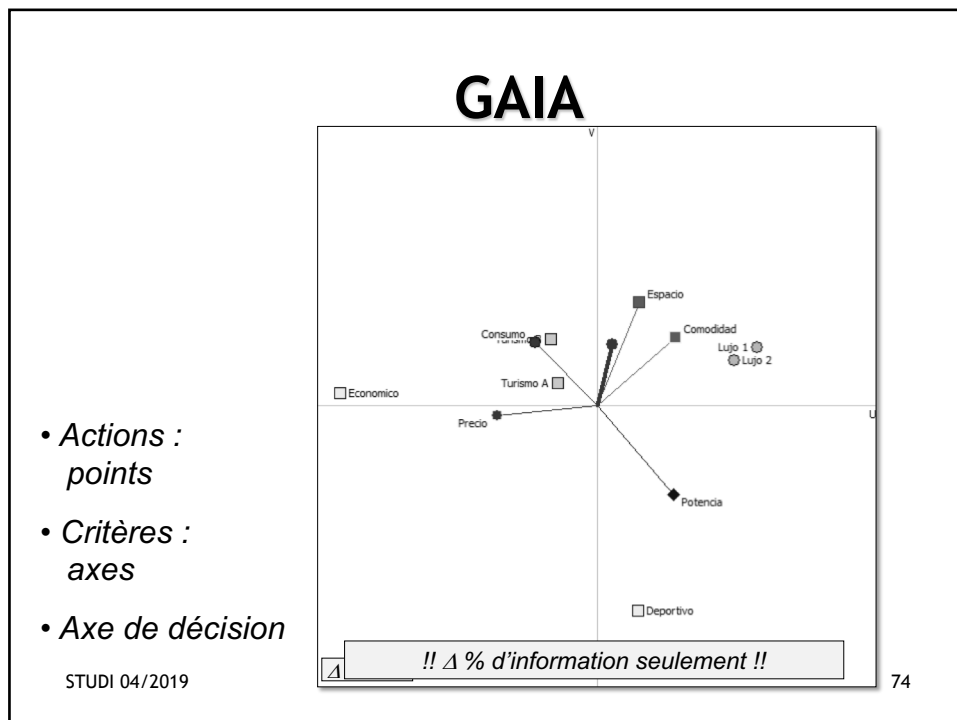
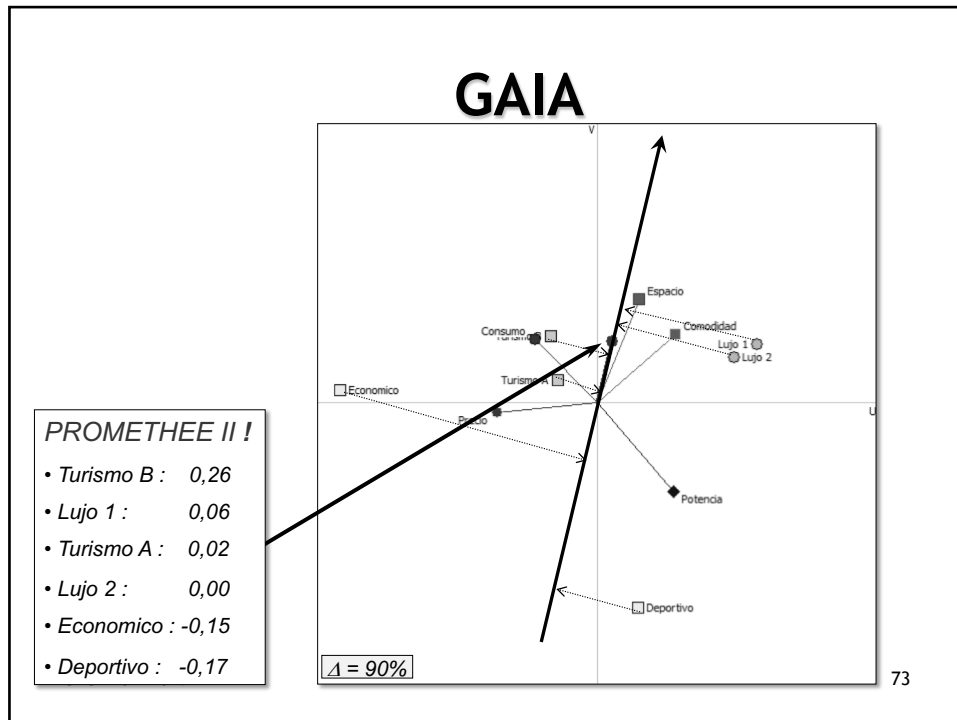
Puissance

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

STUDI 04/2019



72



GAIA Webs

Action profile - Turismo B

Variable	Score
Precio	0.2
Potencia	0.1
Consumo	0.8
Espacio	0.4

GAIA Web - Turismo B

Lujo 1

Lujo 2

Turismo A

Turismo B

Deportes

Economico 75

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.

STUDI 04/2019

76

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

STUDI 04/2019

77

Tableau d'Evaluation

	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 Thresh	-	-	-	-	-	-
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.

STUDI 04/2019

78

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.

STUDI 04/2019

79

Exemple

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

STUDI 04/2019

80

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.

STUDI 04/2019

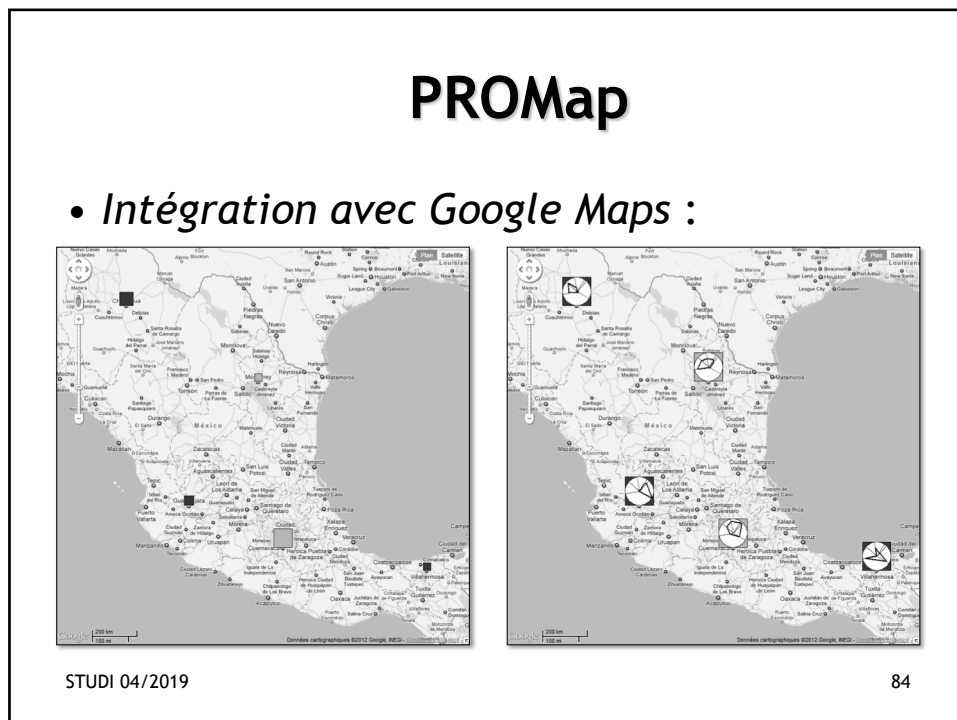
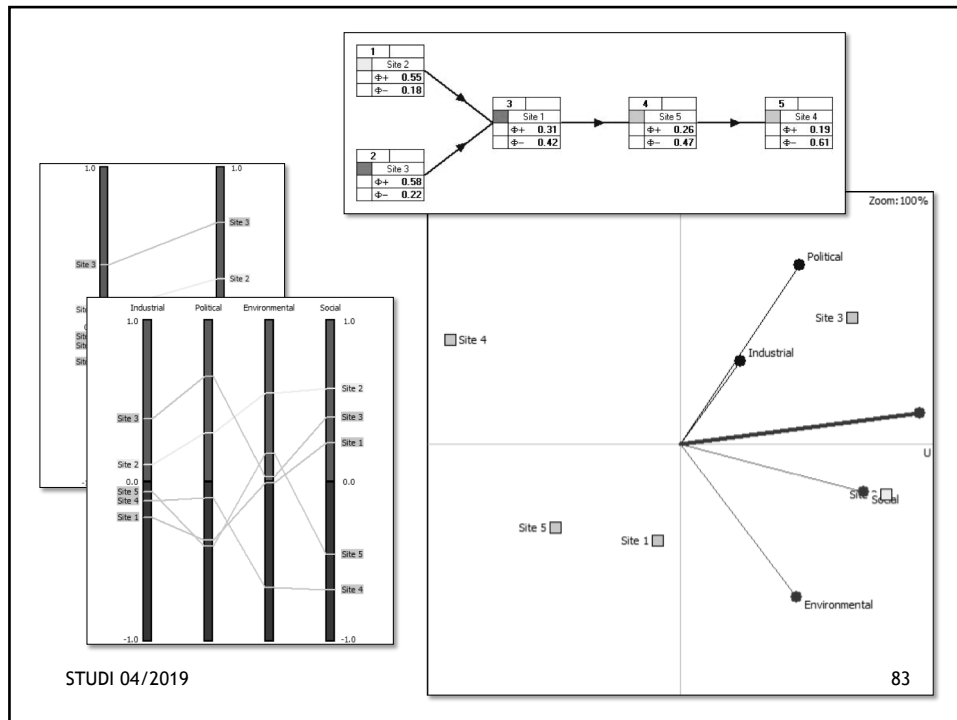
81

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

STUDI 04/2019

82



Vendredi 12/04

- **Matin : Exercices pratiques**
 - Exemples numériques
 - Fonctions de base
 - Analyse des résultats
- **Après-midi : Etudes de cas**
 - Modélisation
 - Analyse
 - Discussion : besoins - fonctions avancées

STUDI 04/2019

85

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.

STUDI 04/2019

86

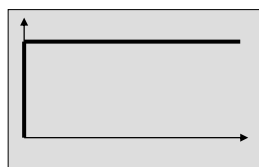
Critères qualitatifs & quantitatifs

- Critères quantitatifs :
 - Echelle numérique naturelle.
- Critères qualitatifs :
 - Echelle qualitative ordinale (ex: échelles de Likert).
 - Maximum 9 niveaux (7 ± 2) pour assurer une évaluation cohérente.
 - Présence d'un niveau neutre ?
 - Exemples:
 - Très bon, Bon, Moyen, Mauvais, Très mauvais
 - Oui, Non
 - ++, +, 0, -, --
 - ++, +, -, --
 - Echelle numérique sous-jacente (codage).

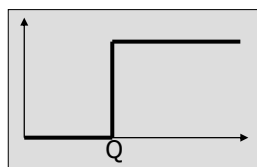
STUDI 04/2019

87

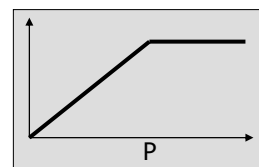
Fonctions de préférence (disponibles dans Visual PROMETHEE)



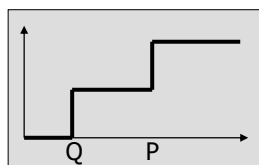
Usuelle



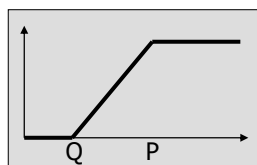
En « U »



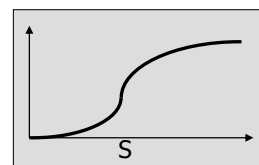
En « V »



A paliers



Linéaire



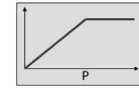
Gaussienne

STUDI 04/2019

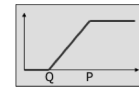
88

Fonctions de préférence

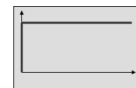
- Critères quantitatifs « continus » (ex. coût, prix, distance):
 - En « V » (pas de seuil d'indifférence),
 - Linéaire.
- Critères qualitatifs ou quantitatifs « discrets » (ex. « très bon à très mauvais », nombre d'hôpitaux):
 - Usuelle (pas de seuils),
 - A paliers.



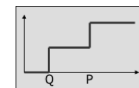
« V » shape



Linear



Usual



Level

89

STUDI 04/2019

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.

STUDI 04/2019

90

1. Full

dimensions	5	3	
	F1	F2	F3
unit	joules	CV	Euro
min/max	max	max	min
weight	1	3	2
preference function	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).

STUDI 04/2019

91

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).

STUDI 04/2019

92

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).

STUDI 04/2019

93

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).

STUDI 04/2019

94

Samedi 13/04

- **Matin : Etudes de cas**
 - Modélisation avancée
 - Fonctions avancées
 - Analyse des résultats
- **Après-midi : Discussion et développements futurs**
 - Conclusion des études de cas
 - Développements spécifiques
 - Collaboration future - Suivi

STUDI 04/2019

95

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.

STUDI 04/2019

96

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** à Tanger !
- <http://www.prometheedays.com>

STUDI 04/2019

97