

# PROMETHEE-GAIA

## Aide à la decision multicritère

### Logiciel Visual PROMETHEE

Bertrand Mareschal

[bmaresc@ulb.ac.be](mailto:bmaresc@ulb.ac.be)

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

INAU 02/2020

1

1

## Un tunnel entre l'Espagne et le Maroc ?



- Pas-de-Calais :

- 33,3 km

- Détroit de Gibraltar :

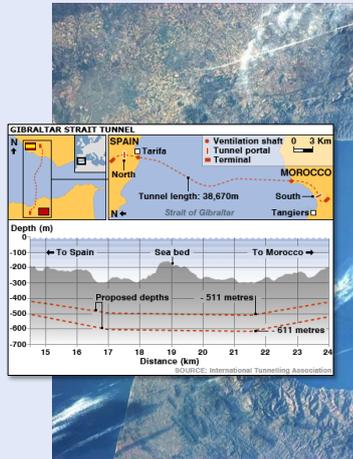
- 14,4 km

INAU 02/2020

2

2

## Un tunnel entre l'Espagne et le Maroc ?



- D'où (MA) ?
- A où (ES) ?
- Par où ?
- Différents tracés possibles.
- Lequel choisir ?

INAU 02/2020

3

3

## Un tunnel entre l'Espagne et le Maroc ?



- Meilleur tracé ?
  - Coût
  - Vitesse commerciale
  - Retombées économiques
  - Impacts sociaux (expropriations, bruit, emplois, ...)
  - Impacts environnementaux (paysage, faune, ...)
- Lequel choisir ?

INAU 02/2020

4

4

## Un tunnel entre l'Espagne et le Maroc ?



- Un problème multicritère
- Et multi-acteurs :
  - Pouvoirs publics (MA et ES)
  - ONCF
  - Renfe
  - Opérateurs (transport)
  - Industries
  - Populations
  - ONGs et experts
- Un problème difficile !

INAU 02/2020

5

5

## Un tunnel entre l'Espagne et le Maroc ?



- Comment résoudre le problème ?
- Recherche d'un compromis.
- Recherche d'un consensus.
- Aide à la décision de type multicritère.

INAU 02/2020

6

6

## Prise de décision - Evaluation

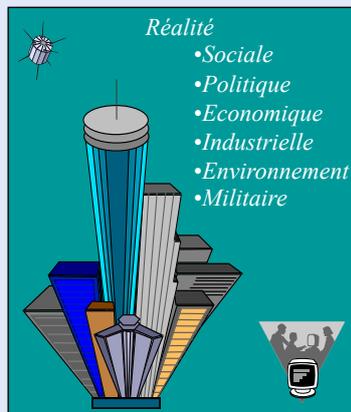
- Choisir le site d'implantation d'une nouvelle usine, d'un magasin, ...
- Engager du personnel, GRH.
- Acheter du matériel.
- Evaluer des projets.
- Evaluer le développement de communes.
- Choisir les actions prioritaires.

INAU 02/2020

7

7

## Prise de décision



- Décrire,
- Comprendre,
- Gérer.

### 2 Approches :

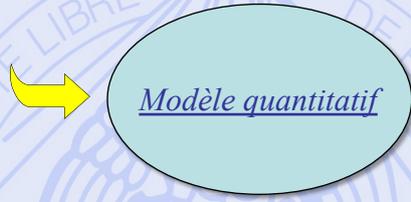
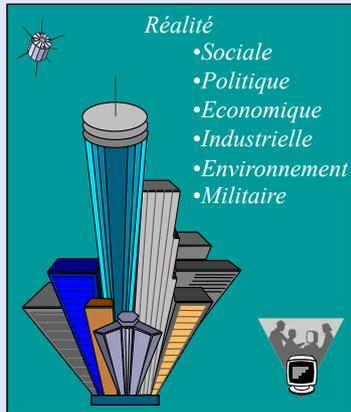
- Qualitative,
- **Quantitative.**

INAU 02/2020

8

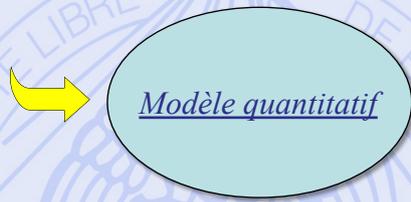
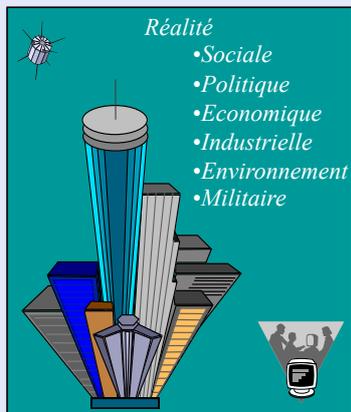
8

# Aide à la décision

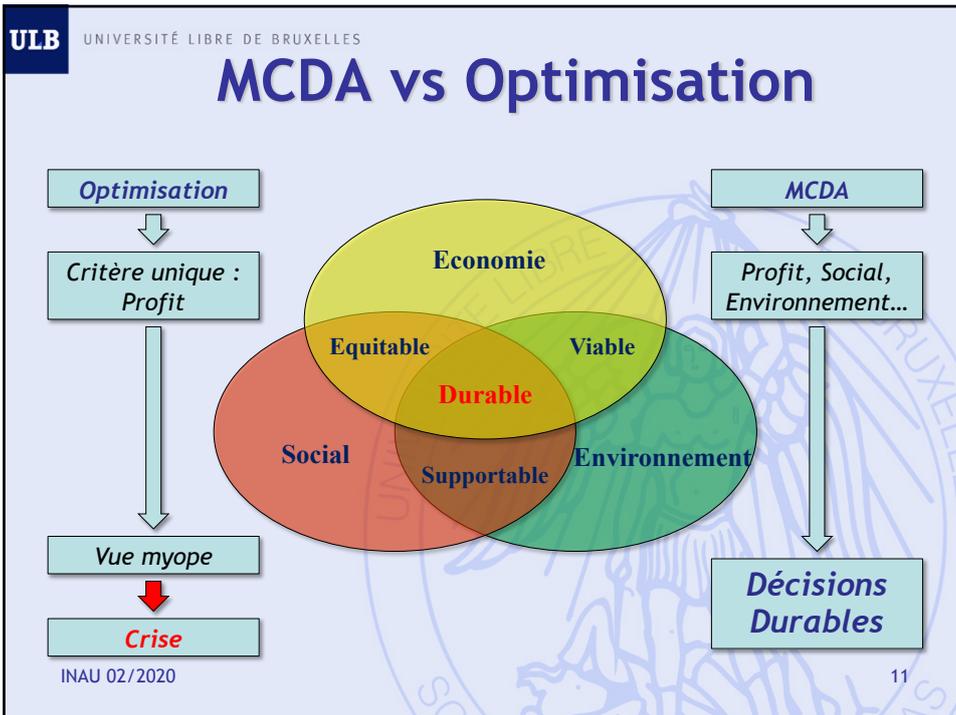


- Décisions possibles ?
- Comment les comparer ?
- Préférences, Objectifs ?

# Aide à la Décision



- Approximation de la réalité !
- Aide à la décision



11

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

## Tableau Multicritère

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

INAU 02/2020 12

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

INAU 02/2020

13

13

## Tracé du tunnel

	Coût (MAD)	Vitesse (km/h)	Environn. (impact)	...
Tracé 1	18	135	B	...
Tracé 2	9	147	M	...
Tracé 3	15	129	TB	...
Tracé 4	12	146	TM	...
Tracé 5	7	121	B	...
...	...	...	...	...

INAU 02/2020

14

14

## Localisation d'une Usine

	Investissement (EUR)	Coûts (EUR)	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	...
...	...	...	...	...

INAU 02/2020

15

15

## Possibilités d'Achat

	Prix (EUR)	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	...
...	...	...	...	...

INAU 02/2020

16

16

# Un Exemple

## Achat d'une automobile

### Objectifs :

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

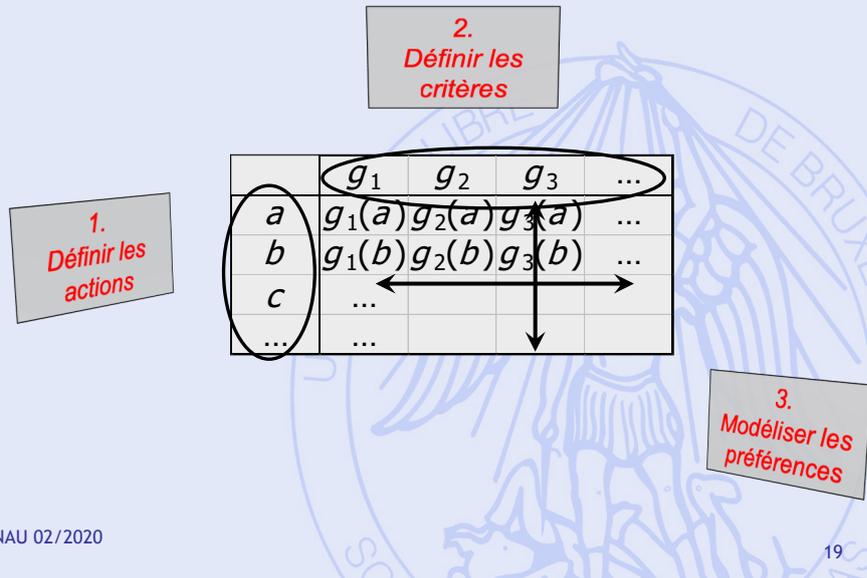
# Tableau Multicritère

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

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



## Modélisation... 1... 2... 3...



19

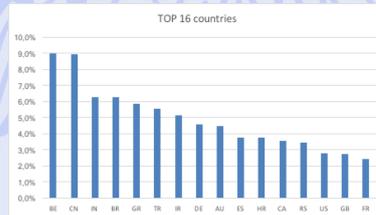
## Pourquoi PROMETHEE ?

- Méthodologie bien établie :
  - 35 années de développement,
  - Plus de 2200 publications scientifiques.
- « Simplicité ».
- Outils visuels.
- Outils d'analyse de sensibilité.
- Interactivité.
- Logiciel **Visual PROMETHEE**.

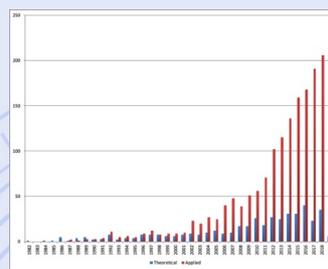
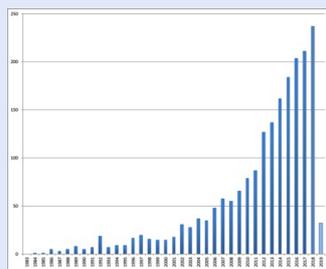
20

## Quelques statistiques...

- Première présentation en **1982** par J-P. Brans.
- Plus de **2200** publications.
- Principaux domaines d'application :
  - Environnement
  - Industrie
  - Services
  - Secteur public
  - Energie
  - Finance



## PROMETHEE Timeline



- Plus de 2200 publications:
  - 80% appliquées - 20% théoriques
  - 57% dans les domaines “sociétaux”
- Médiane : **2014**
- Plus de **4000** auteurs de **88** 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.

INAU 02/2020

23

23

## Modélisation avec PROMETHEE

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

INAU 02/2020



24

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

## 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	...
...	...	...	...	...	...

INAU 02/2020 25

25

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

## Fonctions de Préférence

The graph shows a preference function where the degree of preference (y-axis, 0 to 1) is zero for values up to threshold Q. Between Q and P, the preference increases linearly. At threshold P, the preference reaches 1 and remains constant for all higher values. The x-axis is labeled 'Différence'.

Seuil d'indifférence      Linéaire      Seuil de préférence

INAU 02/2020 26

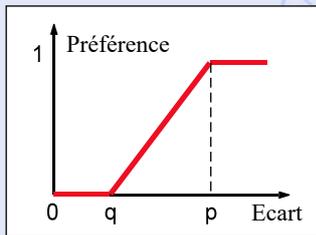
26

# 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



□ Préf (Eco.,Lux.) = 0,3

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

□ Préf (Lux.,Eco.) = 0,5

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

INAU 02/2020

27

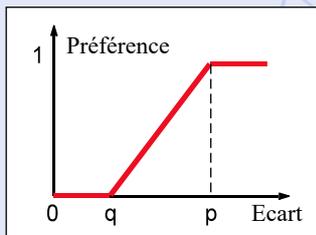
27

# 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



□ Préf (Eco.,Lux.) = 0,43

= (2 x 1 + 0 + 2 x 0,5 + 0 + 0) / 7

□ Préf (Lux.,Eco.) = 0,36

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

INAU 02/2020

28

28

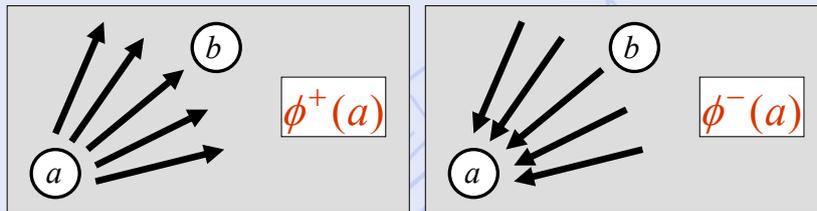


# Calcul des flux de préférence

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

31

# Flux de Préférence



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

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

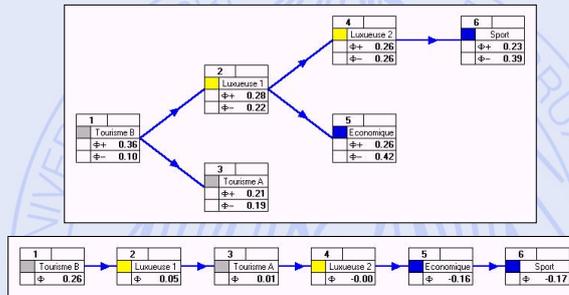
$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(b,a)$$

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

32

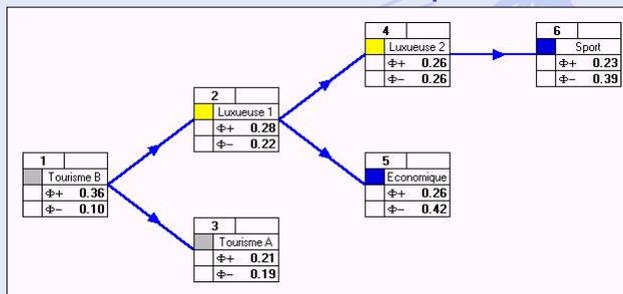
# PROMETHEE

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

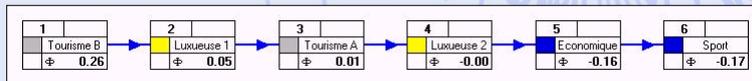


# PROMETHEE

- PROMETHEE I : classement partiel  $\phi^+, \phi^-$

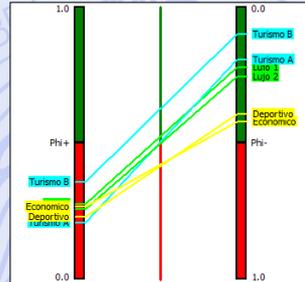
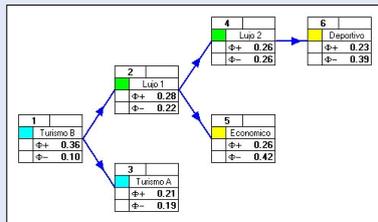


- PROMETHEE II : classement complet  $\phi$

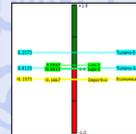
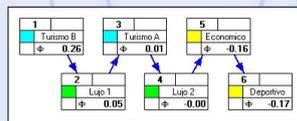


# PROMETHEE I & II

- PROMETHEE I : classement partiel -  $\phi^+, \phi^-$



- PROMETHEE II : classement complet -  $\phi$

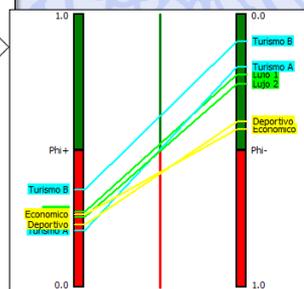
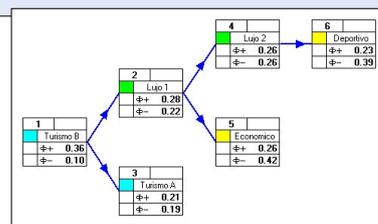
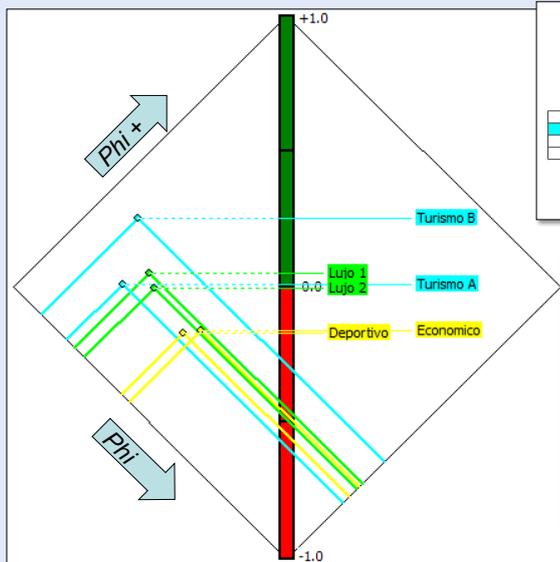


INAU 02/2020

35

35

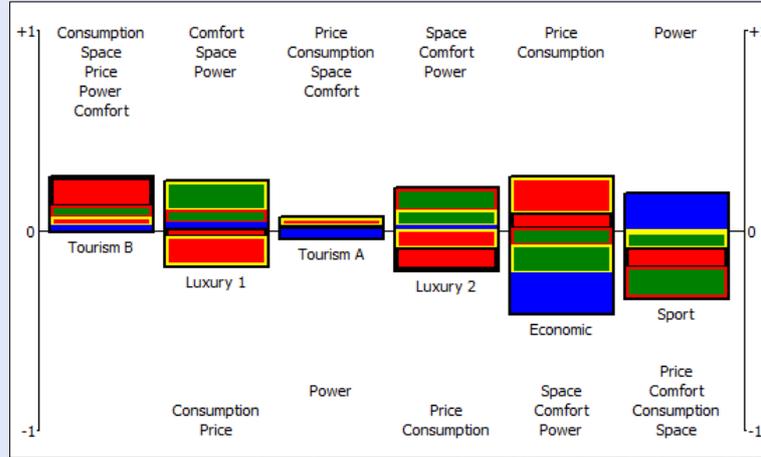
# Diamant PROMETHEE



36

36

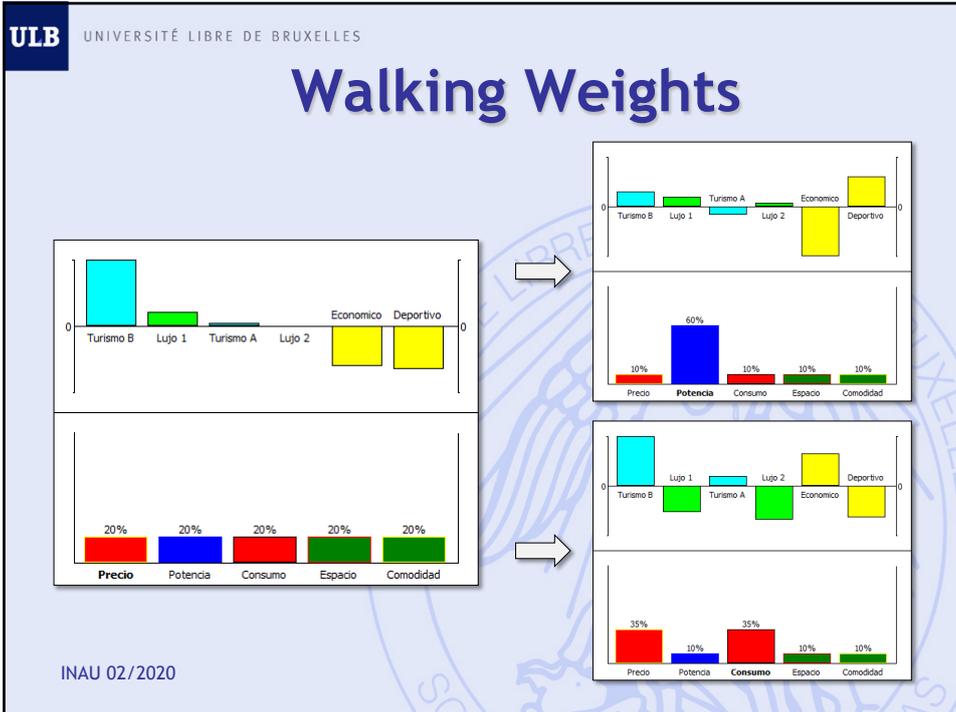
# Arc-en-ciel PROMETHEE



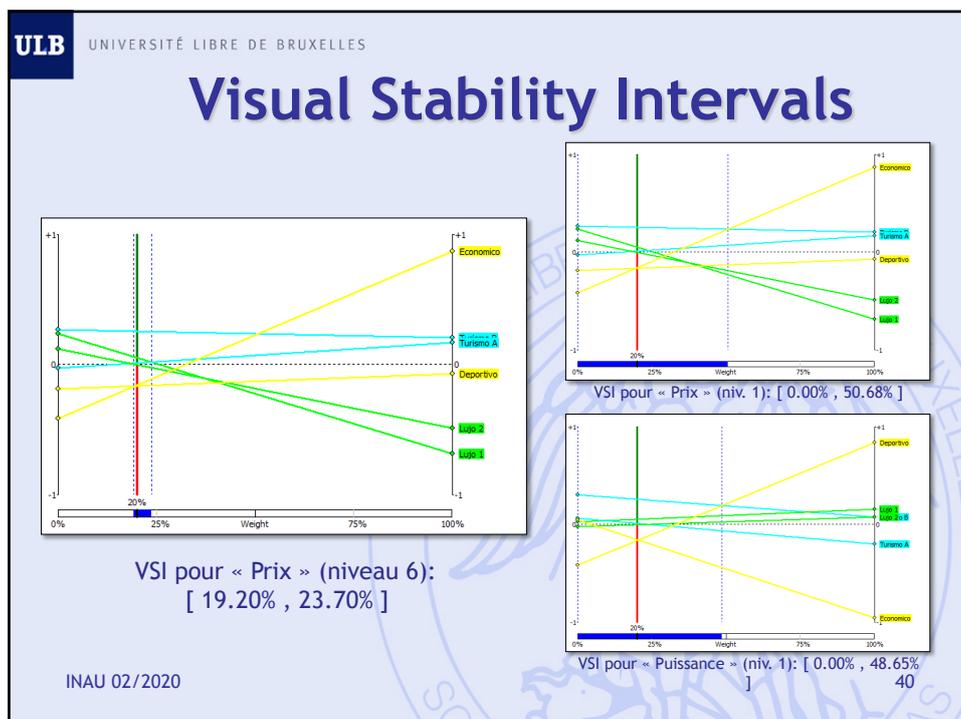
*Décomposition pondérée du flux net, critère par critère.*

# 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.



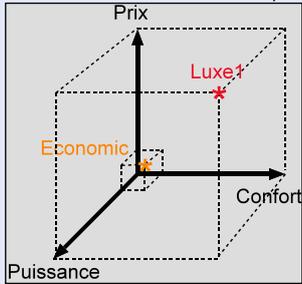
39



40

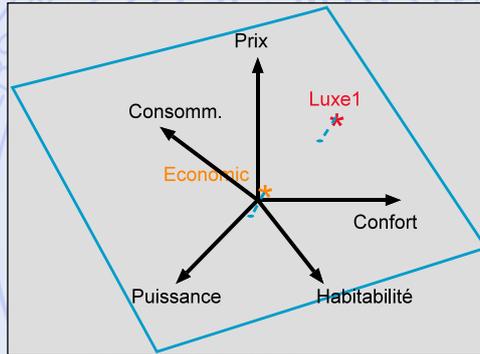
# GAIA

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



- Représentation graphique.
- 5 dimensions !

INAU 02/2020



41

41

# GAIA

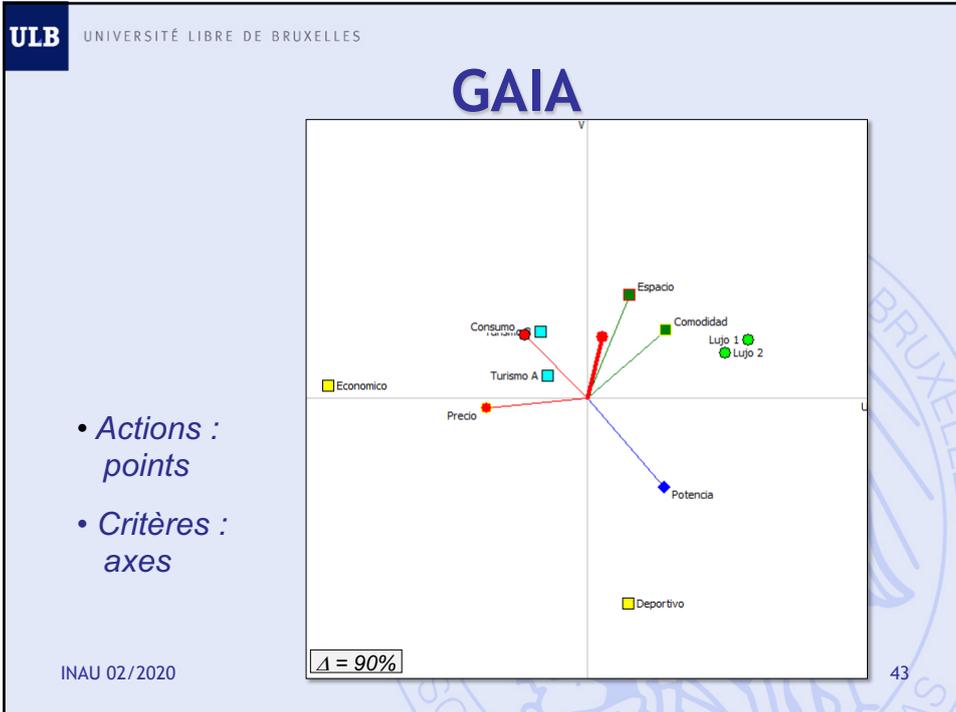
- Mettre en évidence les conflits entre critères.
- Identifier les compromis possibles.
- Aider à fixer les priorités.



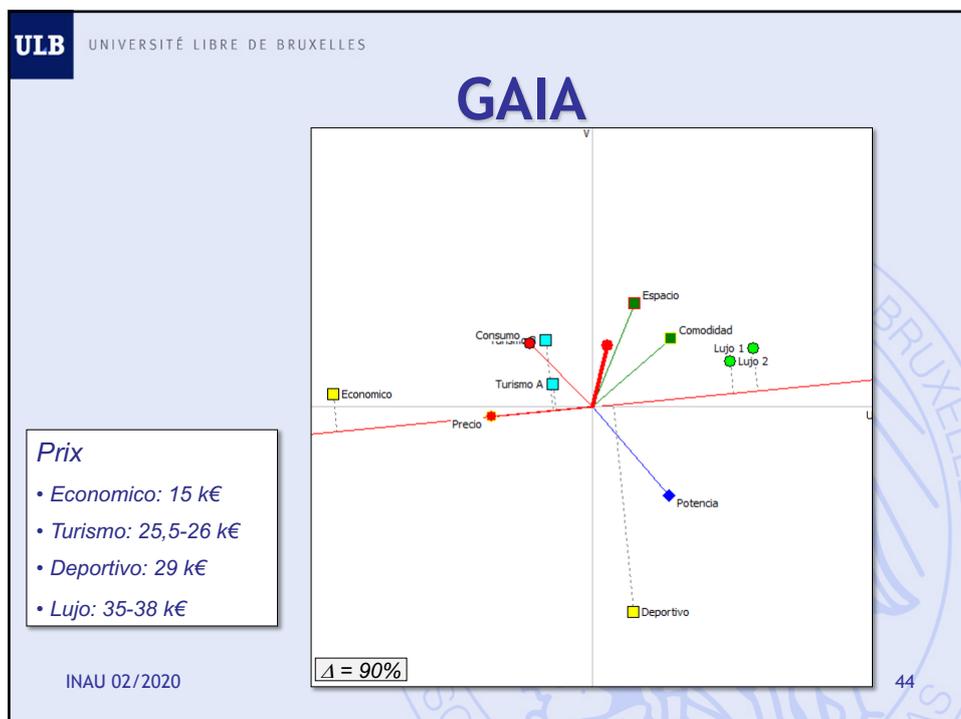
INAU 02/2020

42

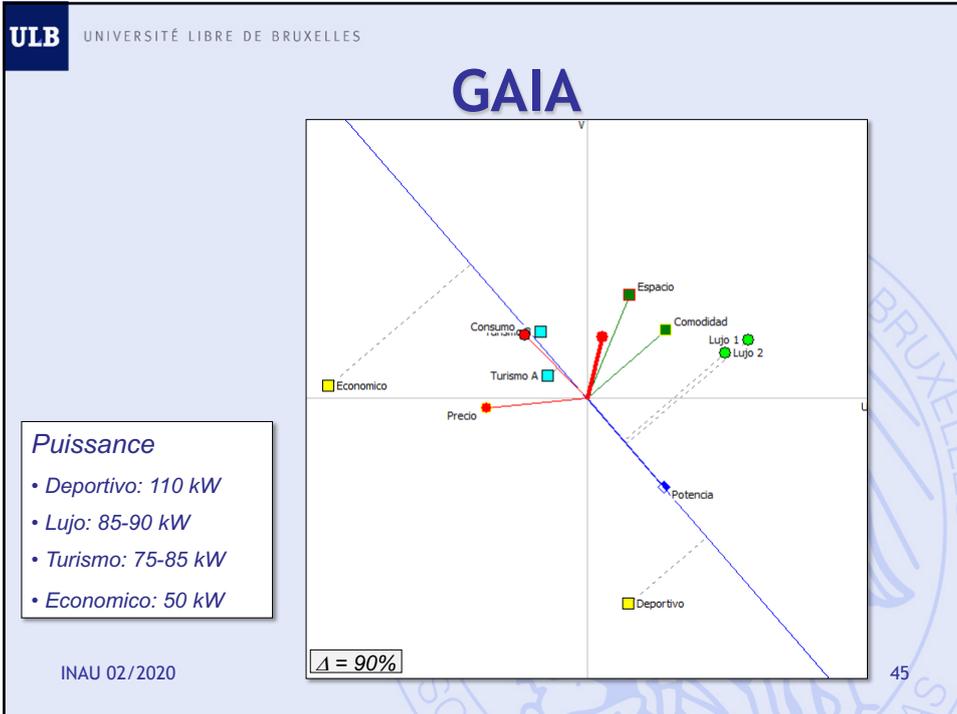
42



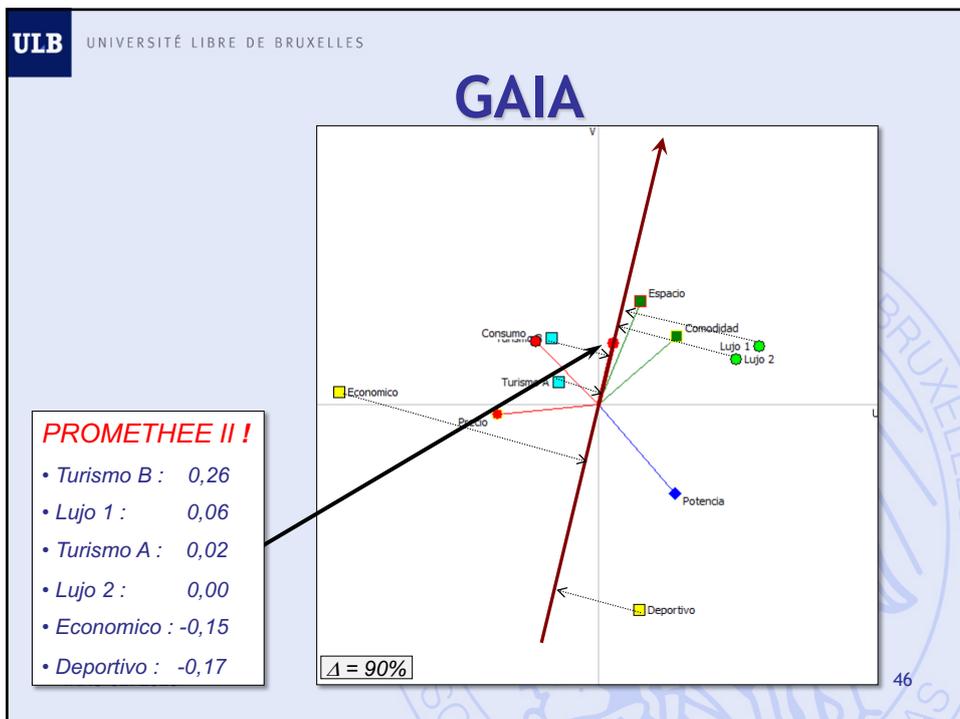
43



44

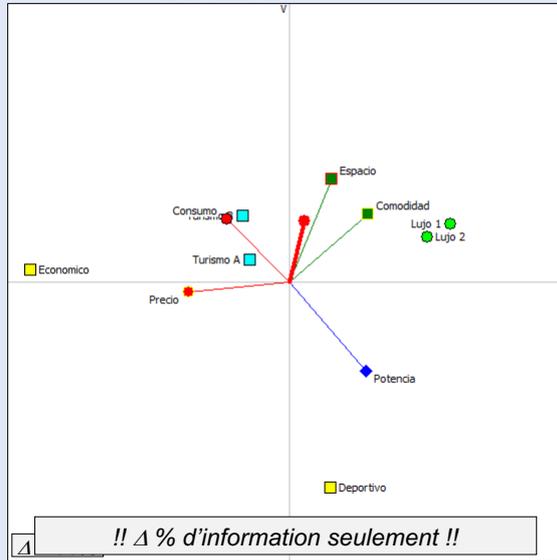


45



46

# GAIA



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

INAU 02/2020

47

47

## 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.

INAU 02/2020

48

48

## 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

	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.

## 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.

INAU 02/2020

51

51

## Exemple

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

INAU 02/2020

52

52

## 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.

INAU 02/2020

53

53

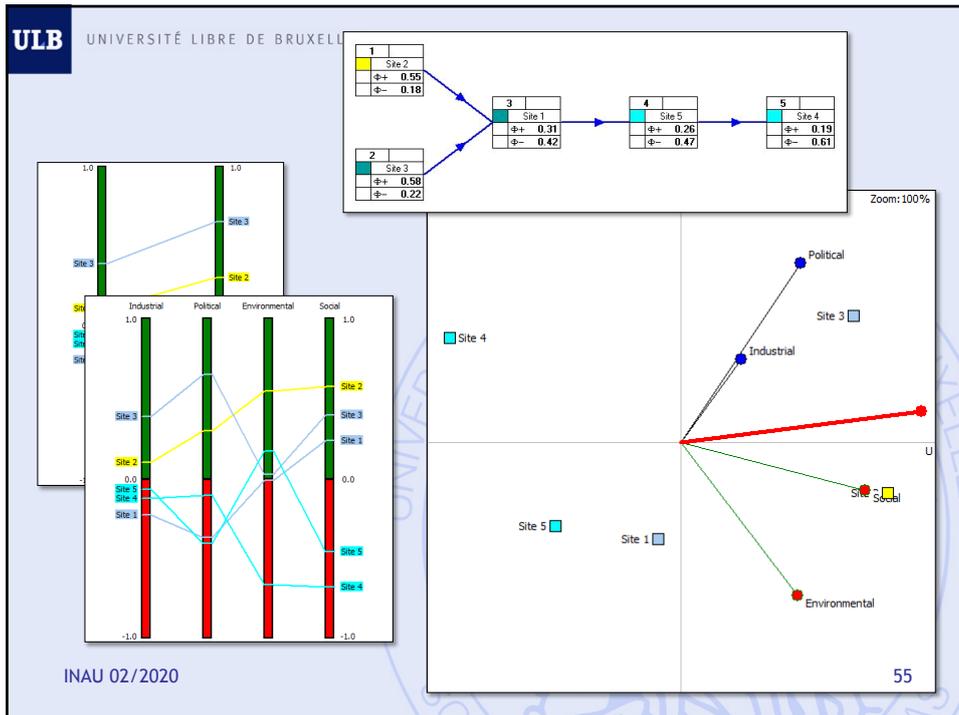
## Modèle Multi-scénarios

- 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

INAU 02/2020

54

54



55

ULB UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES

## Pour utiliser PROMETHEE

- Définir les actions :
  - Tracé, douar, commune, produit, projet, ...
- Définir les critères :
  - Quantitatifs,
  - Qualitatifs (choix de l'échelle).
- Evaluer (tableau).
- Pour chaque critère :
  - Choisir un type de fonction de préférence.
  - Fixer les seuils correspondants.
- Pondérer les critères.

INAU 02/2020

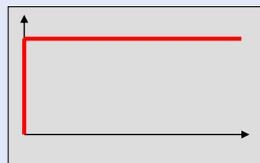
56

56

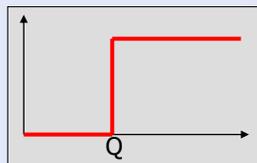
## Critères qualitatifs & quantitatifs

- Critères quantitatifs :
  - Echelle numérique naturelle.
- Critères qualitatifs :
  - Echelle qualitative ordinaire (ex: échelles de Likert).
  - Maximum 9 niveaux ( $7 \pm 2$ ) 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).

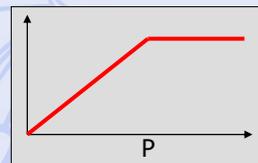
## Fonctions de préférence (disponibles dans **Visual PROMETHEE**)



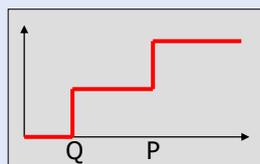
Usuelle



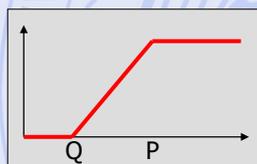
En « U »



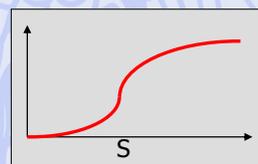
En « V »



A paliers



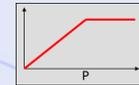
Linéaire



Gaussienne

## Fonctions de préférence

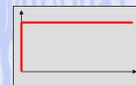
- Critères quantitatifs « continus » (ex. coût, prix, distance):
  - En « V » (pas de seuil d'indifférence),
  - Linéaire.
- Critères qualitatifs ou quantitatifs « discrets » (ex. « très bon à très mauvais », nombre d'hôpitaux):
  - Usuelle (pas de seuils),
  - A paliers.



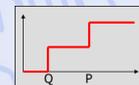
« V » shape



Linear



Usual



Level

INAU 02/2020

59

59

## En conclusion...

- Tout d'abord... الف شكر
- Continuez...
- Consultez et téléchargez :
  - <http://www.promethee-gaia.net>
- Rejoignez le groupe LinkedIn "PROMETHEE decision aid methods"
- Participez :
  - PROMETHEE Days 2020 à l'INAU !
  - <http://www.prometheedays.com>

INAU 02/2020

60

60