

L'approche MACBETH

Jean-Claude VANSNICK

Centre de Recherche Warocqué
Université de Mons-Hainaut

Courriel : Jean-Claude.Vansnick@umh.ac.be

Janvier 2006

1. Introduction

MACBETH est une approche pratique d'aide à la prise de décision destinée à évaluer des options compte tenu de critères multiples.

Sa conception remonte au début des années 1990 et est le fruit de la collaboration des professeurs

Carlos Bana e Costa (Université Technique de Lisbonne)

et

Jean-Claude Vansnick (Université de Mons-Hainaut).

Comme toute évaluation multicritère reposant sur des bases solides nécessite l'obtention d'informations cardinales (concernant l'attractivité de certains éléments), leur première tâche fut de concevoir une procédure permettant d'aider le(s) décideur(s) à fournir, de façon fiable, ce type d'information.

La procédure développée nécessite seulement des jugements qualitatifs (concernant les différences d'attractivité entre éléments) et repose sur l'introduction de sept catégories sémantiques (de différence d'attractivité).

Ceci est à l'origine du nom de l'approche : **MACBETH**
(**M**esurer l'**A**ttractivité par une **T**ec**H**nique d'**E**valuation **B**asée sur des **C**atégories)

MEASURING
ATRACTIVENESS BY A
CATEGORICAL
BASED
EVALUATION
TEC
HNIQUE

Peu après sa création, l'équipe MACBETH a été rejointe par Jean-Marie De Corte (Université de Mons-Hainaut), ce qui a conduit à la création d'un premier logiciel permettant de tester, lors d'applications réelles, la méthodologie proposée.

Suite aux réactions favorables, il fut décidé de développer un logiciel plus ambitieux, le logiciel **M-MACBETH** (le premier M faisant référence à Multicritère).

Celui-ci peut être téléchargé à partir du site www.M-MACBETH.com

L'approche MACBETH a été appliquée avec succès dans de très nombreux problèmes de décision réels.

Par exemple

- lors de la comparaison des offres suite à l'un des plus importants appels d'offres (en termes financiers) lancés en Europe (construction du métro de Porto)
- pour élaborer une vision stratégique du développement à moyen terme d'un pays (Puerto Rico 2025).

L'équipe MACBETH se compose actuellement d'une dizaine de personnes

2. Procédure MACBETH d'obtention d'une information cardinale

Étant donné que

- 1°) pour obtenir une information cardinale concernant l'attractivité d'éléments, il faut nécessairement poser des questions concernant les différences d'attractivité entre ces éléments
- 2°) afin d'obtenir une information fiable, il faut veiller à ne poser que des questions simples

il fut décidé, pour concevoir une procédure visant à aider le(s) décideur(s) à fournir, de façon fiable, une information cardinale concernant l'attractivité des éléments d'un ensemble \mathcal{E} , d'adopter les principes suivants :

- ✦ Poser au(x) décideur(s) des questions ne faisant intervenir dans leur formulation que deux éléments (c'est-à-dire le nombre minimum d'éléments nécessaires pour pouvoir parler de différence d'attractivité)
- ✦ Ne demander que des réponses qualitatives
- ✦ Tester, lors de chaque nouvelle réponse, la consistance de l'ensemble des jugements émis et, s'il y a inconsistance, en rechercher l'origine et les possibilités d'en sortir afin de pouvoir en discuter avec le(s) décideur(s).

2.1. Mode de questionnement

Soit \mathcal{E} un ensemble d'éléments
à propos desquels il convient d'obtenir,
auprès d'une personne ou d'un groupe de personnes J,
une information cardinale concernant leur attractivité.

2.1. Mode de questionnement

Soit \mathcal{E} un ensemble d'éléments
à propos desquels il convient d'obtenir,
auprès d'une personne ou d'un groupe de personnes J,
une information cardinale concernant leur attractivité.

Le mode de questionnement MACBETH consiste
à considérer les éléments de \mathcal{E} deux à deux
et, lorsque J préfère un élément X à un élément Y,
à lui demander en quels termes il parlerait de la
différence d'attractivité qu'il ressent entre X et Y.

Pour l'aider à répondre à cette question, on lui propose de choisir parmi six catégories sémantiques de différence d'attractivité :

| |
|-------------------|
| extrême |
| tr. forte |
| forte |
| modérée |
| faible |
| tr. faible |

J peut choisir une seule catégorie ou plusieurs catégories successives (ce qui est très utile en cas d'hésitation ou de divergence d'opinion au sein du groupe).

MEASURING
ATRACTIVENESS BY A
CATEGORICAL
BASED
EVALUATION
TEC
HNIQUE

Exemple

Soit $\mathcal{E} = \{ A, B, C, D \}$

A ? B : A préféré à B - diff. d'att. faible à modérée

A ? C : C préféré à A - diff. d'att. très faible

A ? D : A préféré à D - diff. d'att. modérée

B ? C : C préféré à B - diff. d'att. forte

etc

2.2. Consistance / inconsistance

On dit que les jugements obtenus
sont **consistants**
quand ils sont compatibles avec une information cardinale
c'est-à-dire
lorsqu'il est possible,
sans les modifier mais seulement en les précisant,
de les prolonger en une information cardinale.

Dans le cas contraire, on dit qu'ils sont **inconsistants**.

Graphiquement, les jugements obtenus sont consistants lorsqu'il est possible de positionner les éléments de \mathcal{E} sur un axe vertical de sorte que :

1°) lorsque X est indifférent à Y, les positions de X et Y coïncident,

2°) lorsque X est préféré à Y, X est positionné au dessus de Y,

3°) lorsqu'il résulte des jugements obtenus que

la différence d'attractivité entre X et Y est plus grande
que la différence d'attractivité entre W et Z,
alors,

la distance entre les positions de X et de Y est plus grande
que la distance entre les positions de W et de Z.

Mathématiquement, les jugements obtenus sont consistants lorsqu'il est possible d'associer à chaque élément X de \mathcal{E} un nombre $n(X)$ de telle sorte que :

1°) lorsque X est indifférent à Y, alors $n(X) = n(Y)$,

2°) lorsque X est préféré à Y, alors $n(X) > n(Y)$,

3°) lorsqu'il résulte des jugements obtenus que

la différence d'attractivité entre X et Y est plus grande
que la différence d'attractivité entre W et Z,
alors,

$$n(X) - n(Y) > n(W) - n(Z) .$$

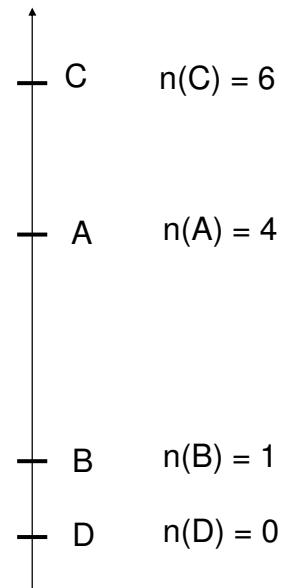
Les jugements émis dans le cas de l'exemple
sont consistants

A préf. à B - diff. d'att. faible à modérée
(Diff. = 3)

C préf. à A - diff. d'att. très faible
(Diff. = 2)

A préf. à D - diff. d'att. modérée
(Diff. = 4)

C préf. à B - diff. d'att. forte
(Diff. = 5)

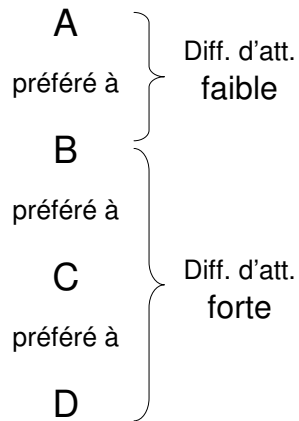


Lorsque les jugements sont inconsistants,
il est impossible, sans les modifier, de les prolonger
en une information cardinale.

Comme le but est d'arriver à une information cardinale,
il convient donc,
dès qu'apparaît une inconsistance
dans l'ensemble des jugements émis,
d'arrêter le processus d'acquisition d'information
et de régler le problème d'inconsistance.

Exemple d'inconsistance

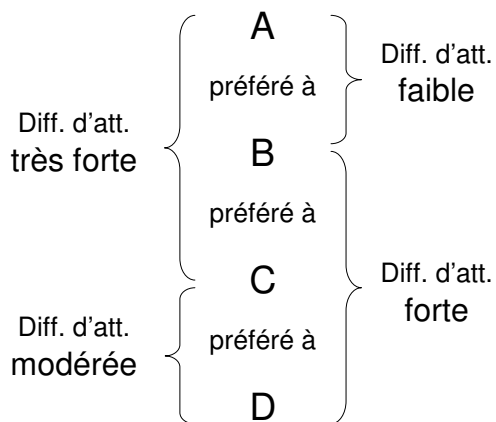
Soit $\mathcal{E} = \{ A, B, C, D \}$



A
B
C
D

Exemple d'inconsistance

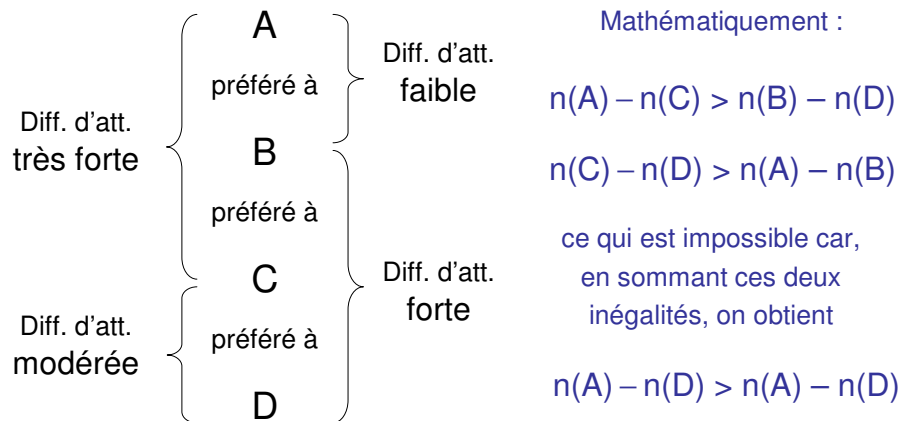
Soit $\mathcal{E} = \{ A, B, C, D \}$



Il est impossible de positionner C

Exemple d'inconsistance

Soit $\mathcal{E} = \{ A, B, C, D \}$



A chaque nouveau jugement introduit,
le logiciel M-MACBETH teste la consistance
de l'ensemble des jugements recueillis.

En cas d'inconsistance, celle-ci est signal  e,
son origine est expliqu  e
et des suggestions de modification(s) de jugement(s)
permettant de retrouver la consistance
sont pr  sent  es.

Exemple

Soit à aider une personne J à donner une information cardinale concernant l'attractivité, à ses yeux, des œuvres pour piano seul des cinq compositeurs suivants:

Haydn (1732 – 1809)

Mozart (1756 – 1791)

Beethoven (1770 – 1827)

Schubert (1797 – 1828)

Brahms (1833 – 1897)

Par facilité, nous considérerons ci-dessous que

$$\mathcal{E} = \{ \text{Haydn, Mozart, Beethoven, Schubert, Brahms} \}$$

Supposons que J a déjà rangé ces compositeurs par ordre d'attractivité décroissante et que ce rangement est :

Schubert
Mozart
Haydn
Beethoven
Brahms

| | Schubert | Mozart | Haydn | Beethoven | Brahms |
|-----------|----------|--------|-------|-----------|--------|
| Schubert | I | P | P | P | P |
| Mozart | | I | P | P | P |
| Haydn | | | I | P | P |
| Beethoven | | | | I | P |
| Brahms | | | | | I |

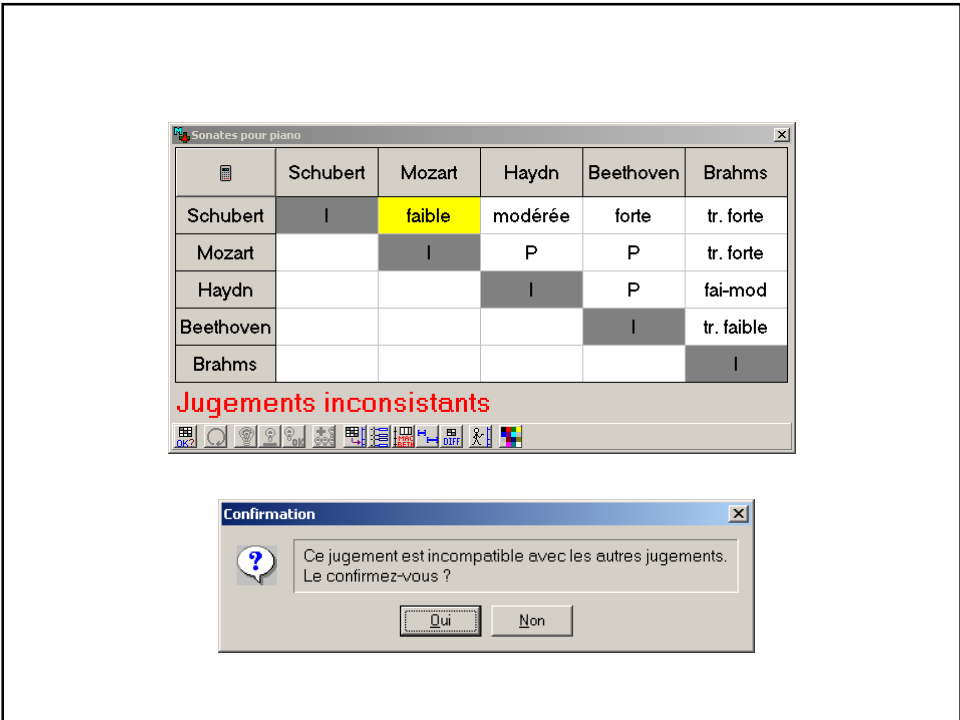
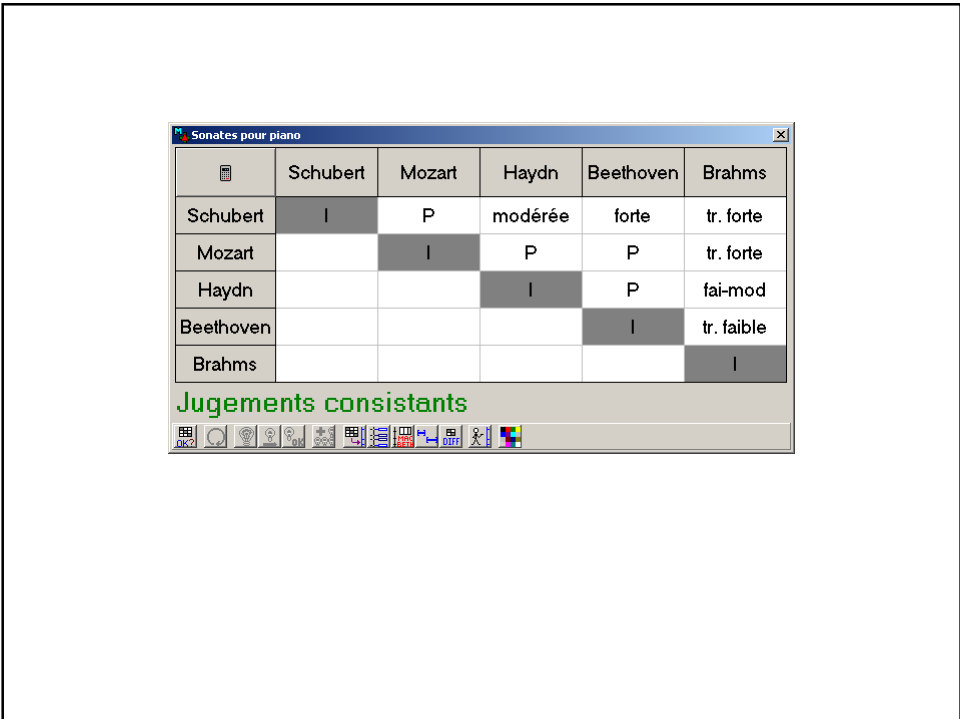
Jugements consistants

| | Schubert | Mozart | Haydn | Beethoven | Brahms |
|-----------|----------|--------|-------|-----------|------------|
| Schubert | I | P | P | P | tr. forte |
| Mozart | | I | P | P | tr. forte |
| Haydn | | | I | P | fai-mod |
| Beethoven | | | | I | tr. faible |
| Brahms | | | | | I |

Jugements consistants

| | Schubert | Mozart | Haydn | Beethoven | Brahms |
|-----------|----------|--------|-------|-----------|------------|
| Schubert | I | P | P | forte | tr. forte |
| Mozart | | I | P | P | tr. forte |
| Haydn | | | I | P | fai-mod |
| Beethoven | | | | I | tr. faible |
| Brahms | | | | | I |

Jugements consistants



| | Schubert | Mozart | Haydn | Beethoven | Brahms |
|-----------|----------|--------|---------|-----------|------------|
| Schubert | I | faible | modérée | forte | tr. forte |
| Mozart | | I | P | P | tr. forte |
| Haydn | | | I | P | fai-mod |
| Beethoven | | | | I | tr. faible |
| Brahms | | | | | I |


Jugements inconsistants

| Problèmes | Diff. | Couples | Couples | Diff. |
|-----------|---------------------|--------------------------------------|--|---------------------|
| 1 | tr. forte faible | Mozart - Brahms Schubert - Mozart | > Schubert - Beethoven > Beethoven - Brahms | forte tr. faible |

Piano : jugements inconsistants

Jugements inconsistants

MACBETH a trouvé **4** possibilité(s),
 requérant **1** changement(s) de catégorie,
 de rendre les jugements consistants.

Utilisez la touche "+" ou ce bouton 
 pour passer d'une suggestion à l'autre.

OK

| | Schubert | Mozart | Haydn | Beethoven | Brahms |
|-----------|----------|----------|---------|-----------|--------------|
| Schubert | I | ↓ faible | modérée | ↑ forte | tr. forte |
| Mozart | | I | P | P | ↓ tr. forte |
| Haydn | | | I | P | fai-mod |
| Beethoven | | | | I | ↑ tr. faible |
| Brahms | | | | | I |

Jugements inconsistants
Suggestion 1 de 4 : 1 modification(s)

| Problèmes | Diff. | Couples | Couples | Diff. |
|-----------|---------------------|---|--|---------------------|
| 1 | tr. forte faible | Mozart - Brahms Schubert - Mozart | > Schubert - Beethoven > Beethoven - Brahms | forte tr. faible |

| | Schubert | Mozart | Haydn | Beethoven | Brahms |
|-----------|----------|----------|---------|-----------|--------------|
| Schubert | I | ↓ faible | modérée | ↑ forte | tr. forte |
| Mozart | | I | P | P | ↓ tr. forte |
| Haydn | | | I | P | fai-mod |
| Beethoven | | | | I | ↑ tr. faible |
| Brahms | | | | | I |

Jugements inconsistants
Suggestion 2 de 4 : 1 modification(s)

| Problèmes | Diff. | Couples | Couples | Diff. |
|-----------|---------------------|--------------------------------------|---|---------------------|
| 1 | tr. forte faible | Mozart - Brahms Schubert - Mozart | > Schubert - Beethoven > Beethoven - Brahms | forte tr. faible |

| Sonates pour piano | Schubert | Mozart | Haydn | Beethoven | Brahms |
|--------------------|----------|----------|-----------|-----------|--------------|
| Schubert | I | ↓ faible | ↑ modérée | ↑ forte | ↓ tr. forte |
| Mozart | | I | P | P | ↓ tr. forte |
| Haydn | | | I | P | fai-mod |
| Beethoven | | | | I | ↑ tr. faible |
| Brahms | | | | | I |

Jugements inconsistants

Suggestion 3 de 4 : 1 modification(s)

| Problèmes | Diff. | Couples | Couples | Diff. |
|-----------|---------------------|-----------------|--|---------------------|
| 1 | tr. forte faible | Mozart - Brahms | ➤ Schubert - Beethoven ➤ Beethoven - Brahms | forte tr. faible |

Modification de jugement :

Diff. d'att. entre Mozart et Brahms forte

| Sonates pour piano | Schubert | Mozart | Haydn | Beethoven | Brahms |
|--------------------|----------|----------|-----------|-----------|--------------|
| Schubert | I | ↓ faible | ↑ modérée | ↑ forte | ↓ tr. forte |
| Mozart | | I | P | P | ↓ tr. forte |
| Haydn | | | I | P | fai-mod |
| Beethoven | | | | I | ↑ tr. faible |
| Brahms | | | | | I |

Jugements inconsistants

Suggestion 4 de 4 : 1 modification(s)

| Problèmes | Diff. | Couples | Couples | Diff. |
|-----------|---------------------|-----------------|--|---------------------|
| 1 | tr. forte faible | Mozart - Brahms | ➤ Schubert - Beethoven ➤ Beethoven - Brahms | forte tr. faible |

| | Schubert | Mozart | Haydn | Beethoven | Brahms |
|-----------|----------|--------|---------|-----------|------------|
| Schubert | I | faible | modérée | forte | tr. forte |
| Mozart | | I | P | P | forte |
| Haydn | | | I | P | fai-mod |
| Beethoven | | | | I | tr. faible |
| Brahms | | | | | I |

Jugements consistants

| | Schubert | Mozart | Haydn | Beethoven | Brahms |
|-----------|----------|--------|---------|-----------|------------|
| Schubert | I | faible | modérée | forte | tr. forte |
| Mozart | | I | faible | modérée | forte |
| Haydn | | | I | fai-mod | fai-mod |
| Beethoven | | | | I | tr. faible |
| Brahms | | | | | I |

Jugements consistants

2.3. Échelle MACBETH

Lorsque les jugements sont consistants, une première échelle numérique $n(\bullet)$ (échelle **MACBETH**) satisfaisant les conditions suivantes

1°) lorsque X est indifférent à Y , alors $n(X) = n(Y)$

2°) lorsque X est préféré à Y , alors $n(X) > n(Y)$

3°) lorsqu'il résulte des jugements obtenus que

[la différence d'attractivité entre X et Y est plus grande
que la différence d'attractivité entre W et Z],

alors, $n(X) - n(Y) > n(W) - n(Z)$.

peut, à la demande, être fournie par le logiciel.

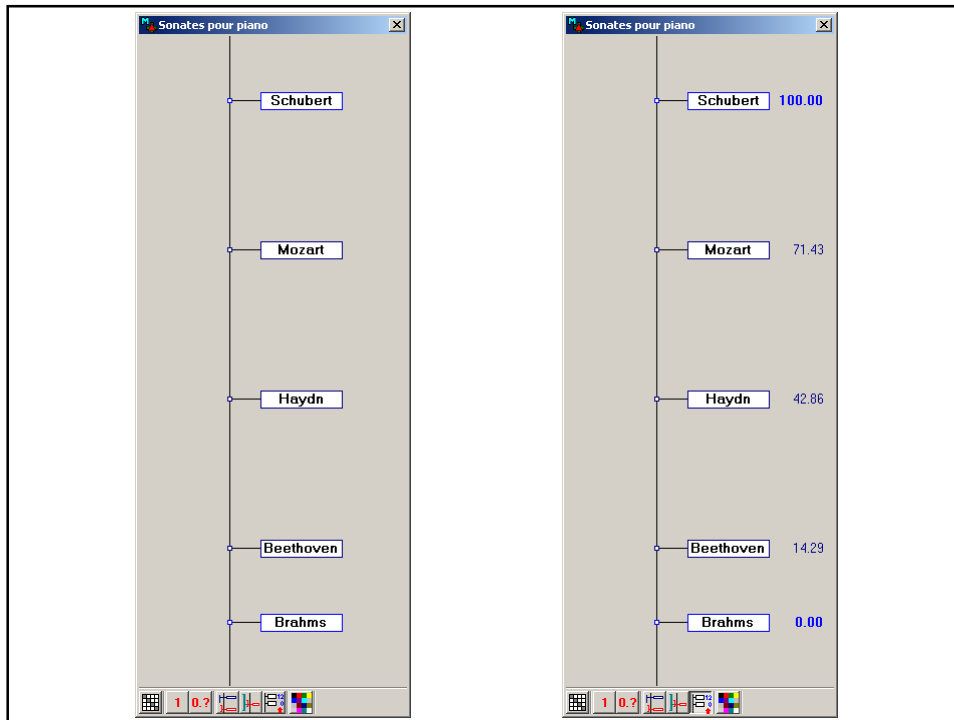
| | Schubert | Mozart | Haydn | Beethoven | Brahms |
|-----------|----------|--------|---------|-----------|------------|
| Schubert | nulle | faible | modérée | forte | tr. forte |
| Mozart | | nulle | faible | modérée | forte |
| Haydn | | | nulle | fai-mod | fai-mod |
| Beethoven | | | | nulle | tr. faible |
| Brahms | | | | | nulle |

Jugements consistants

| | Schubert | Mozart | Haydn | Beethoven | Brahms | Echelle courante |
|-----------|----------|--------|---------|-----------|------------|------------------|
| Schubert | nulle | faible | modérée | forte | tr. forte | 100.00 |
| Mozart | | nulle | faible | modérée | forte | 71.43 |
| Haydn | | | nulle | fai-mod | fai-mod | 42.86 |
| Beethoven | | | | nulle | tr. faible | 14.29 |
| Brahms | | | | | nulle | 0.00 |

Jugements consistants

Cette échelle numérique peut aussi être présentée graphiquement sous la forme d'un positionnement des éléments sur un axe vertical



2.4. Discussion autour de l'échelle MACBETH

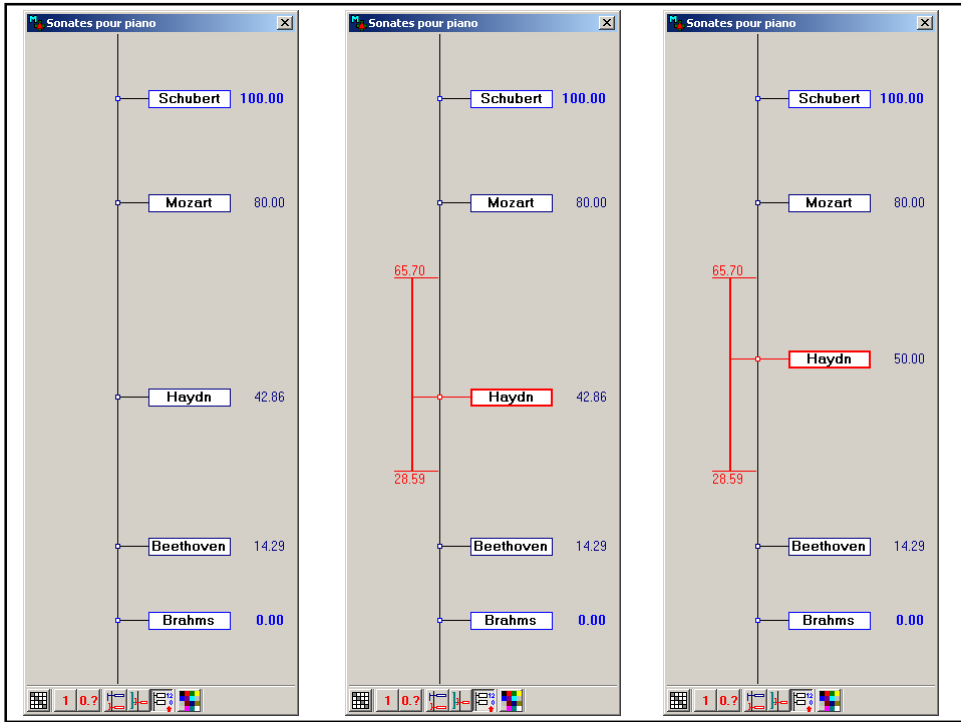
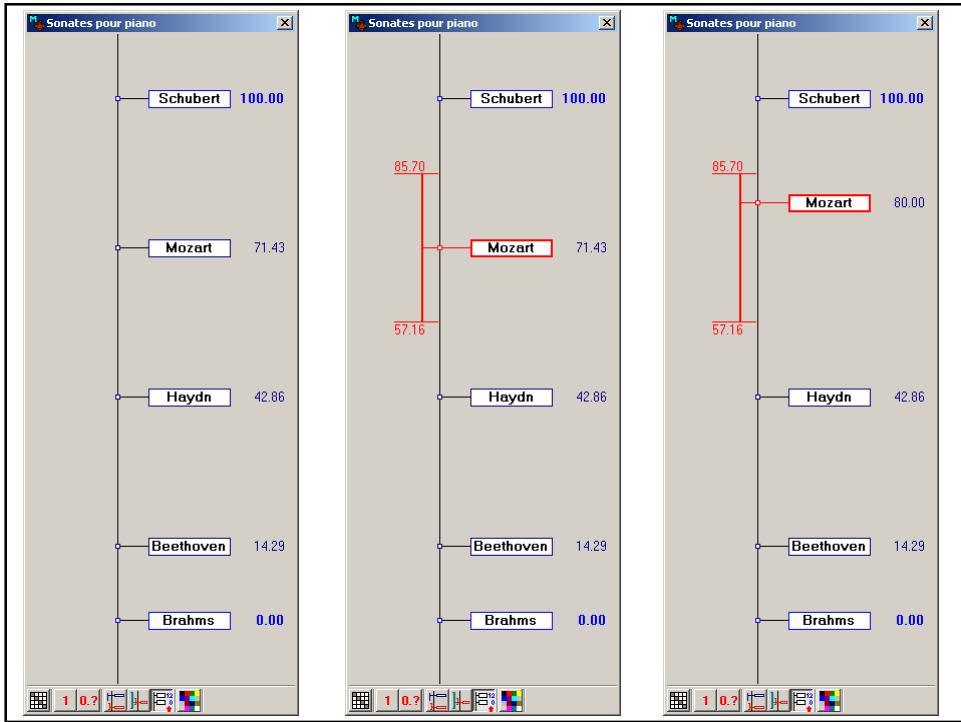
Le(s) décideur(s) est (sont) invité(s) à examiner l'échelle proposée sous forme graphique et à vérifier si la condition suivante est satisfaite.

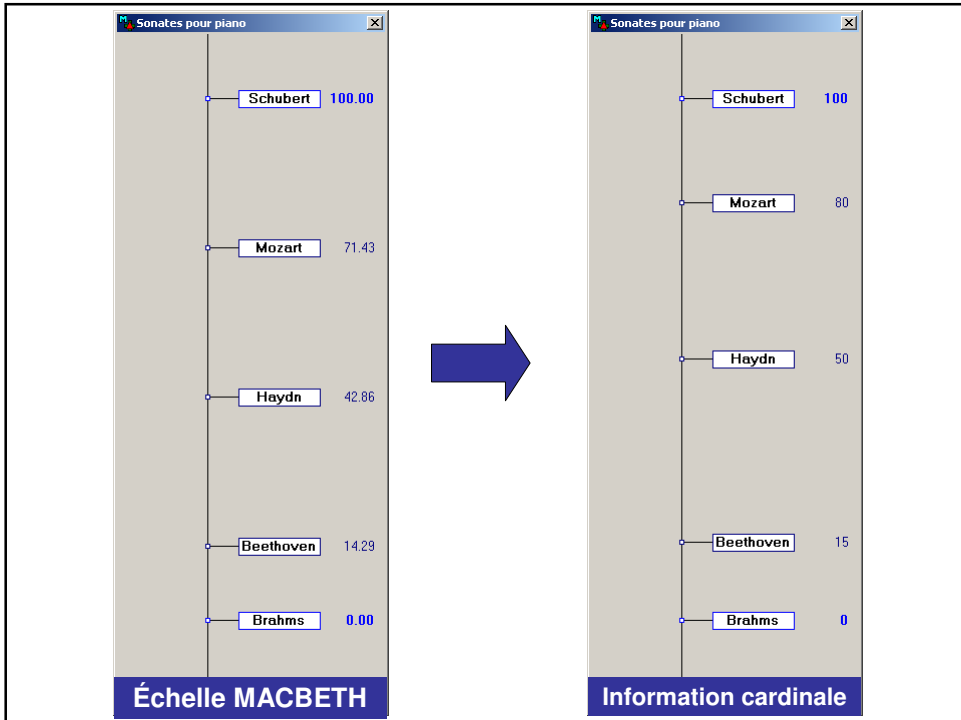
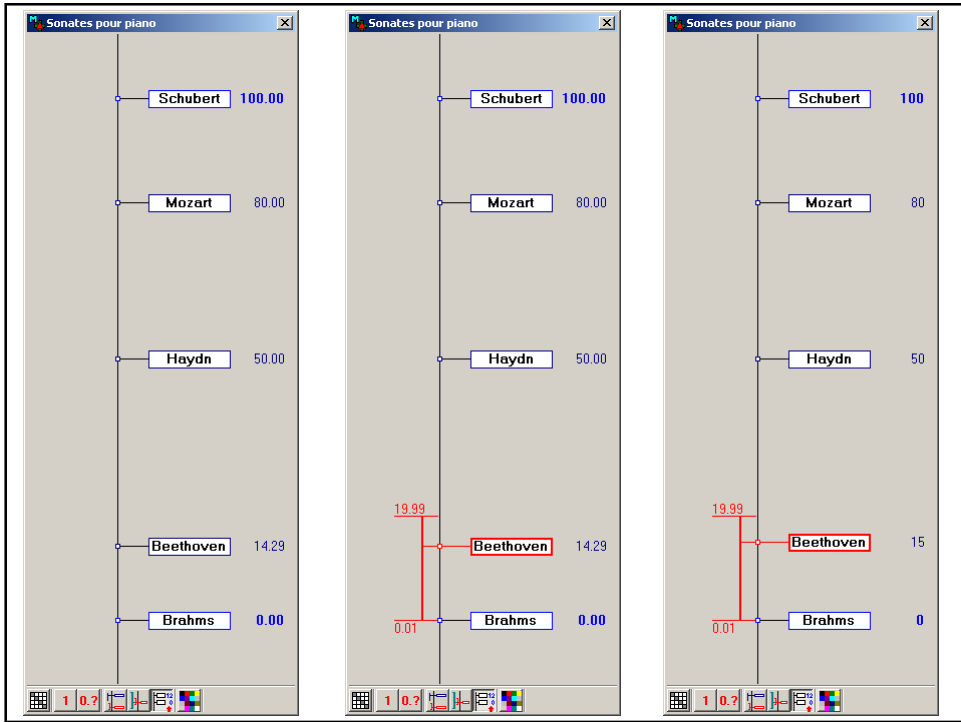
Condition de cardinalité

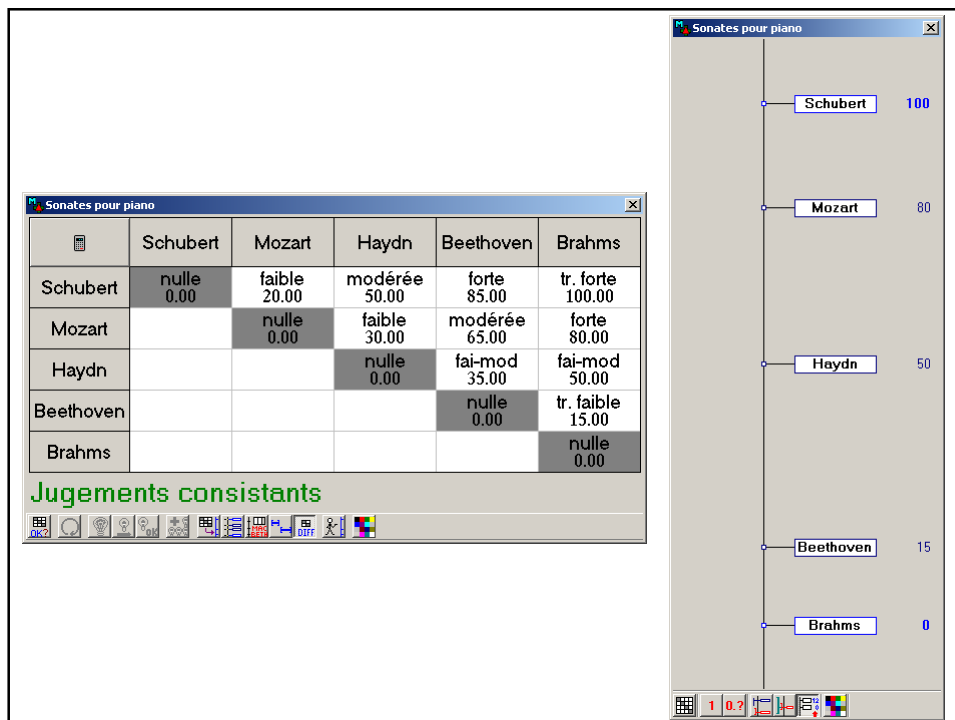
Les distances relatives
qui apparaissent entre les éléments
traduisent bien les différences d'attractivité relatives
ressenties entre ces éléments.

Si **oui**, l'échelle **MACBETH** est considérée comme fournissant une information cardinale concernant l'attractivité, aux yeux du (des) décideur(s), des éléments considérés.

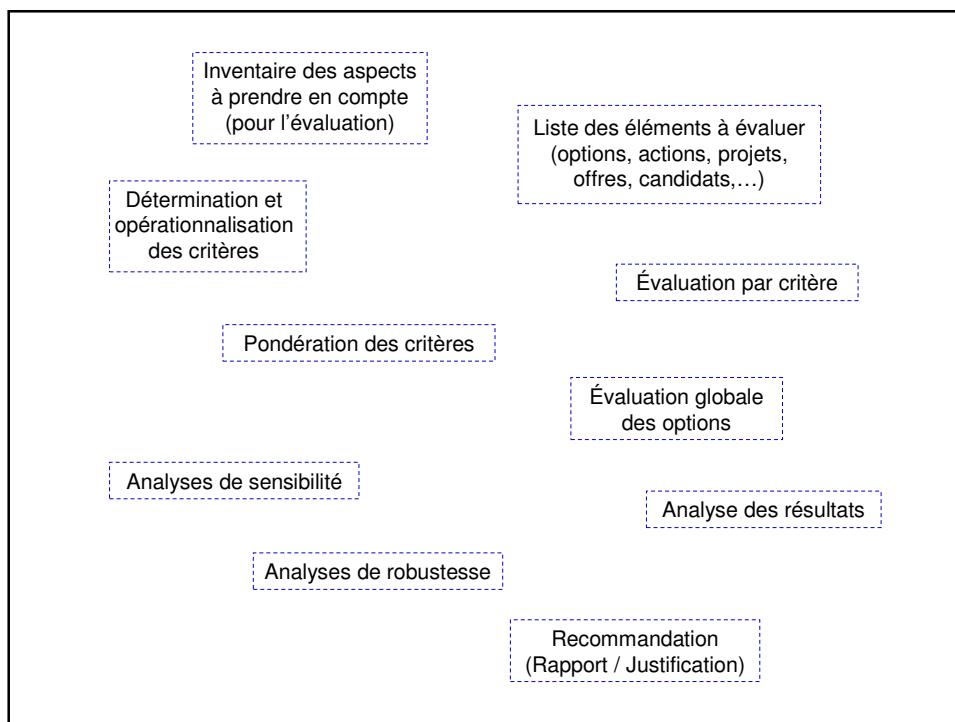
Si **non**, le(s) décideur(s) est (sont) invité(s) à modifier le positionnement des éléments (en bougeant avec la souris leur position) de façon à ce que la condition de cardinalité soit remplie.





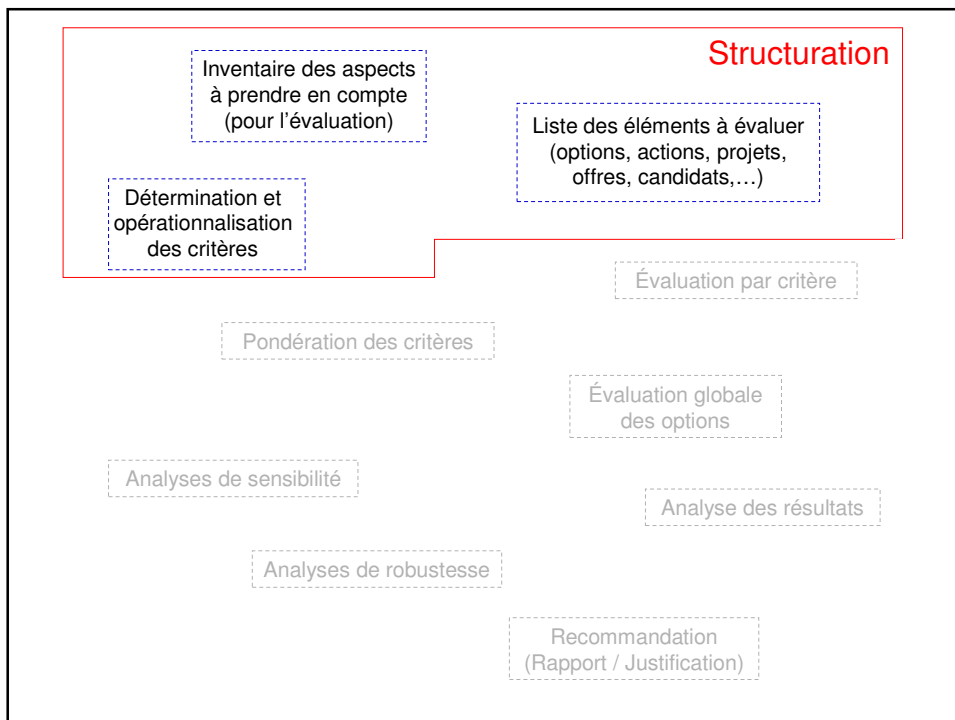
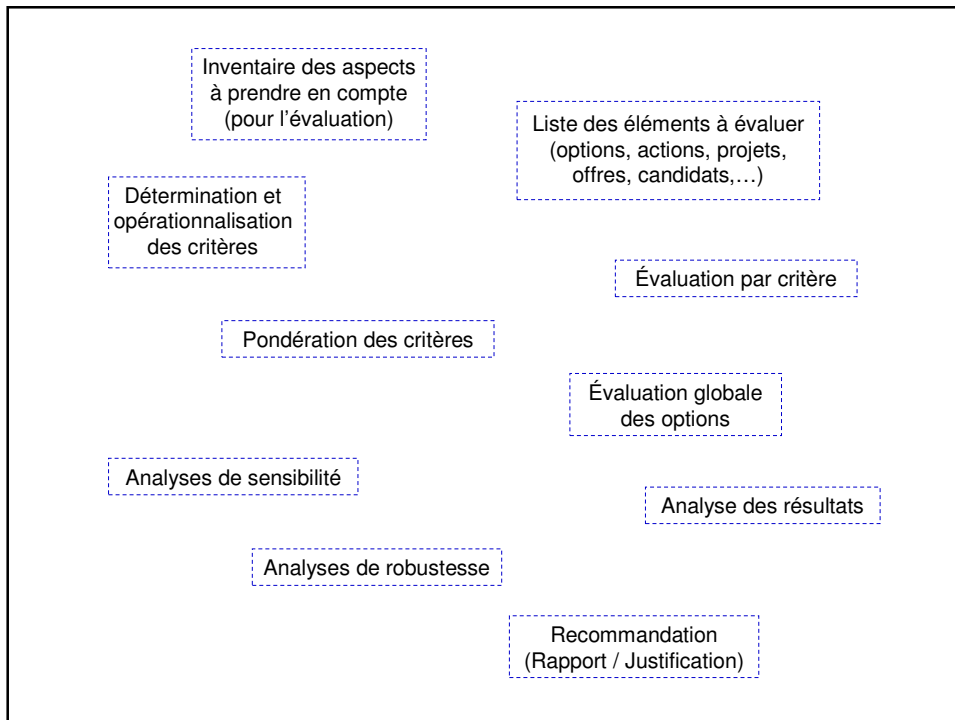


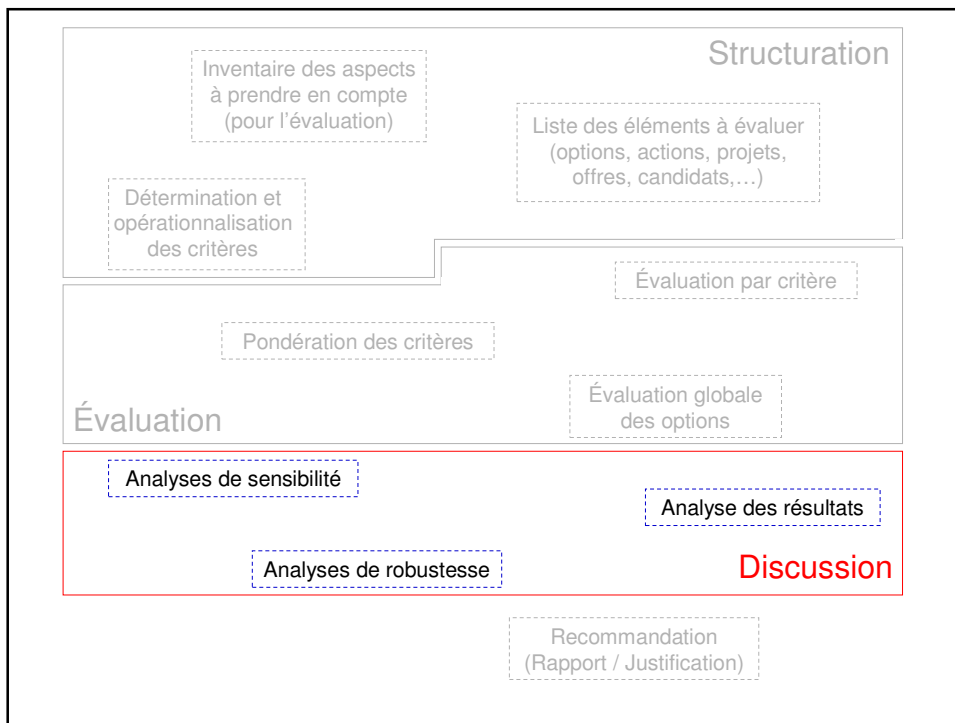
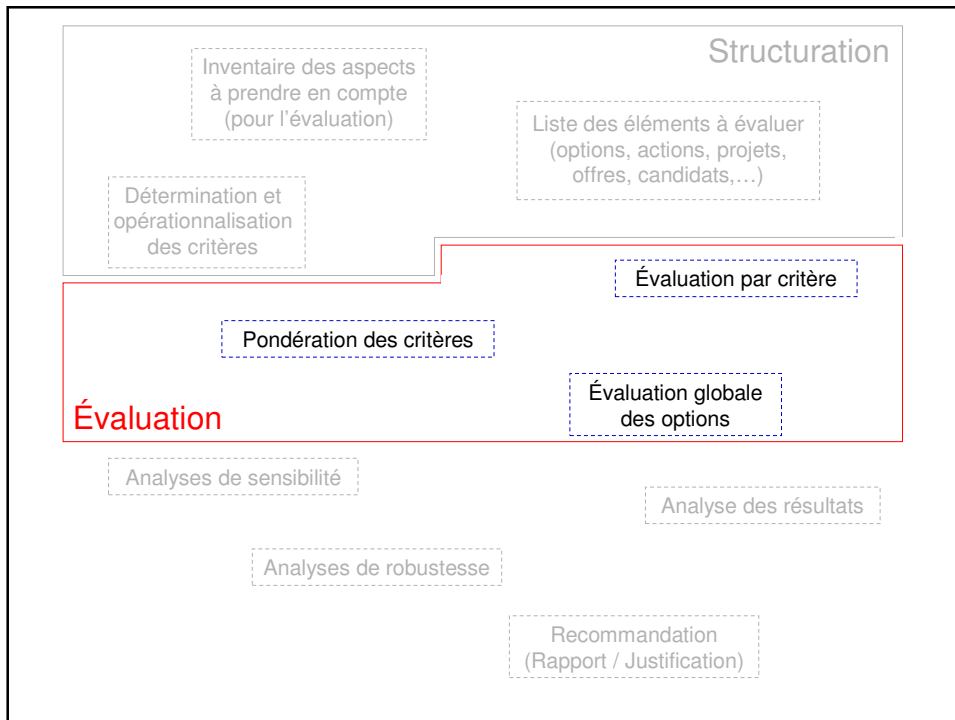
3. Les grandes étapes d'un processus MACBETH d'évaluation multicritère

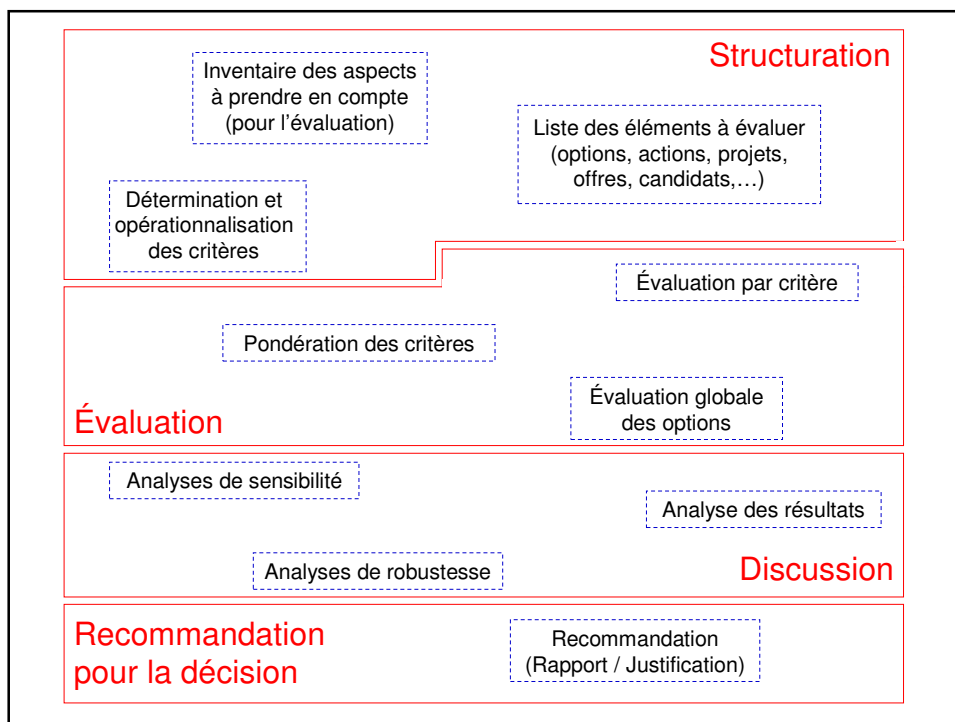
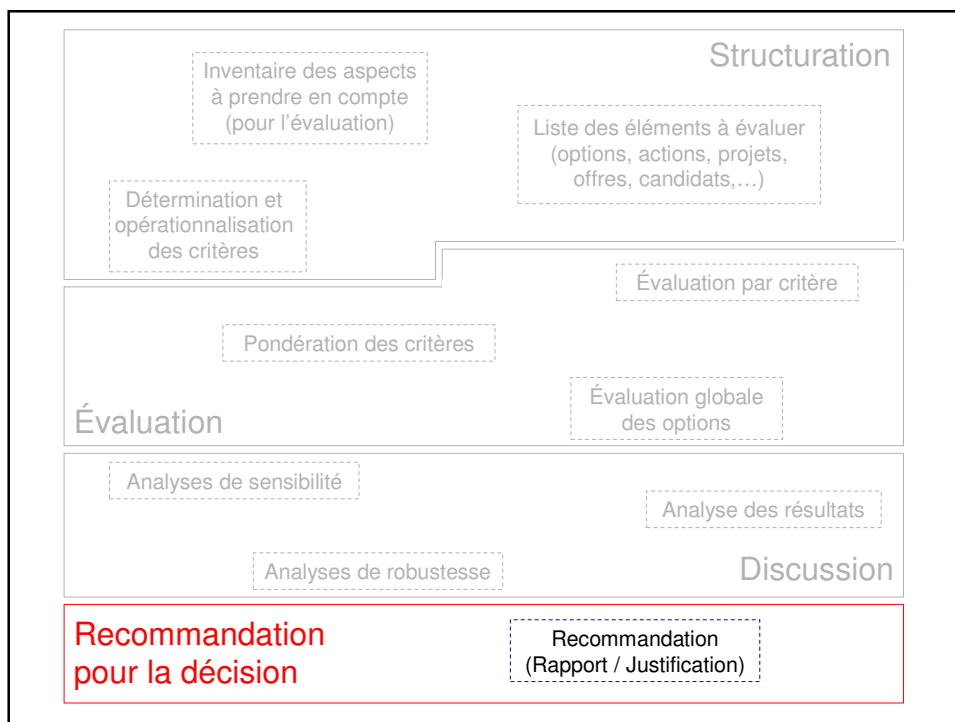


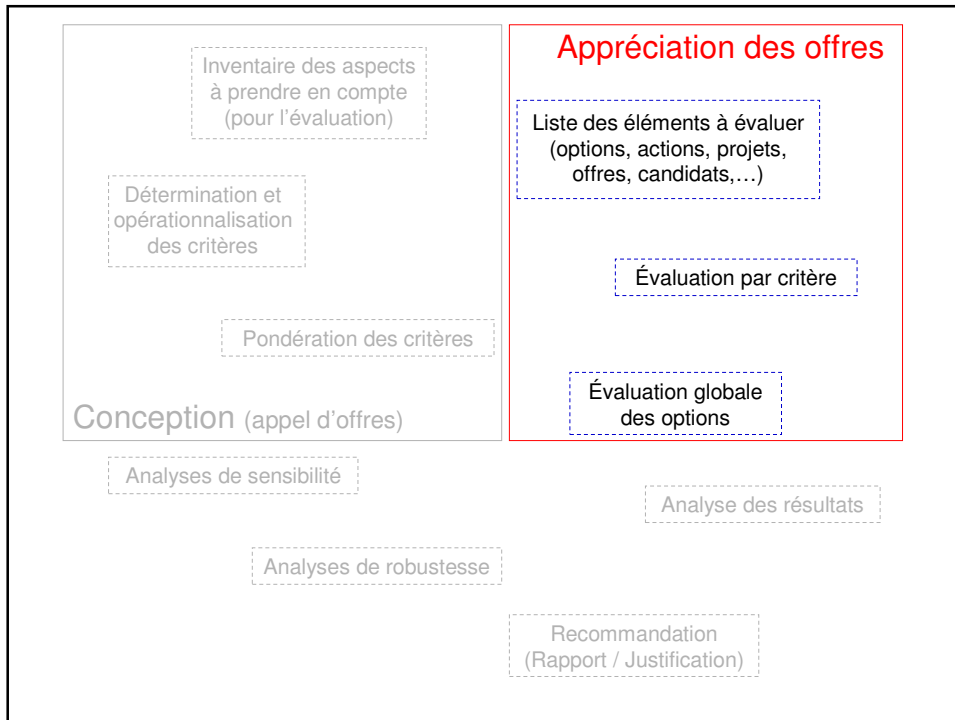
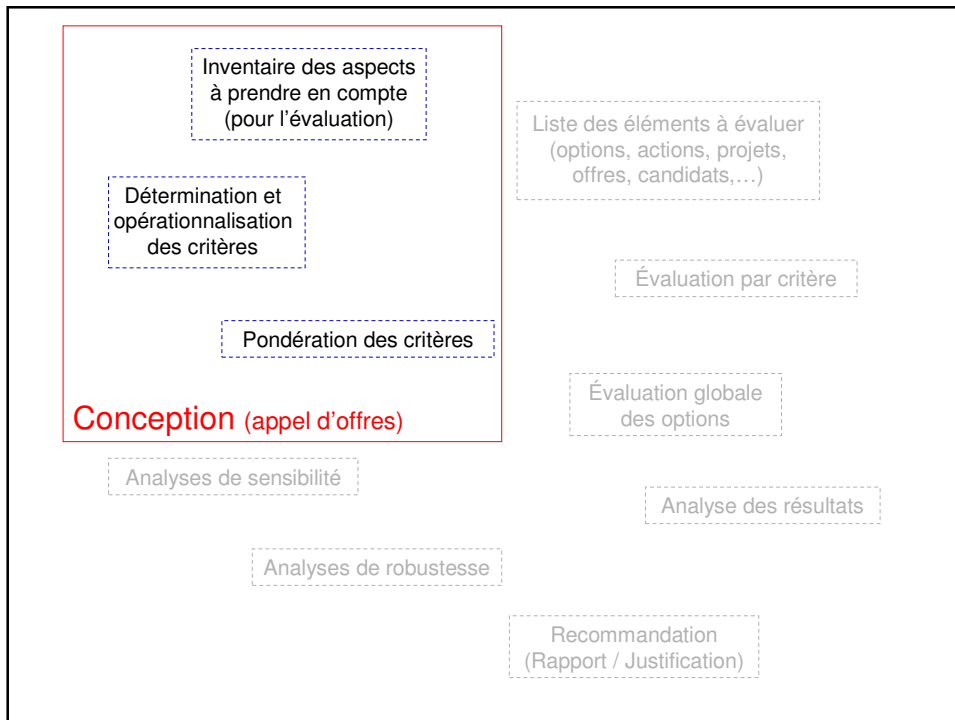
Remarque

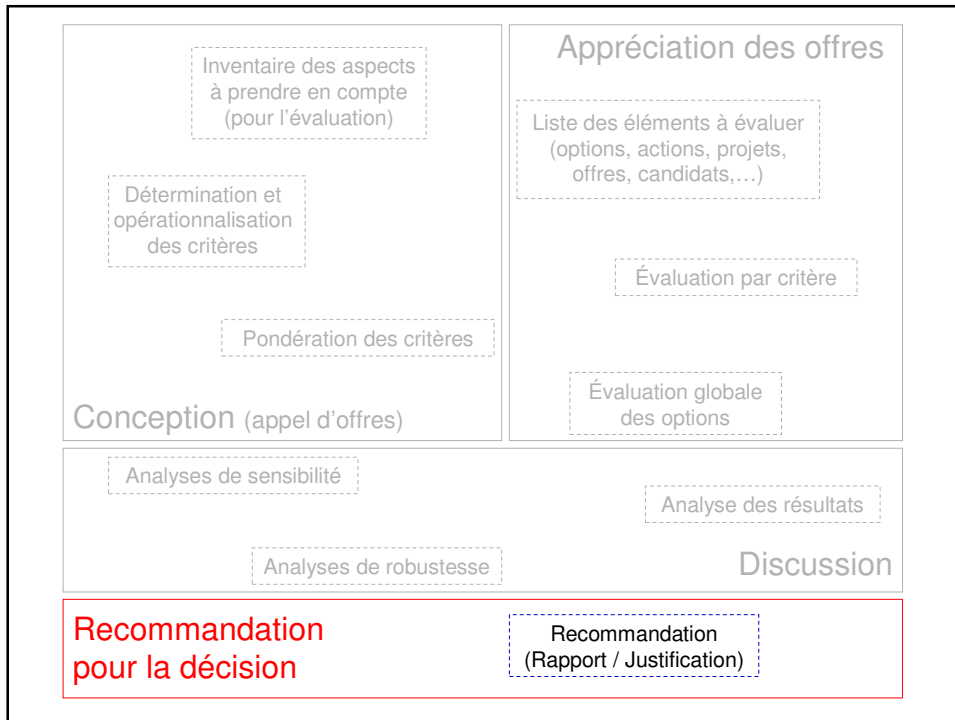
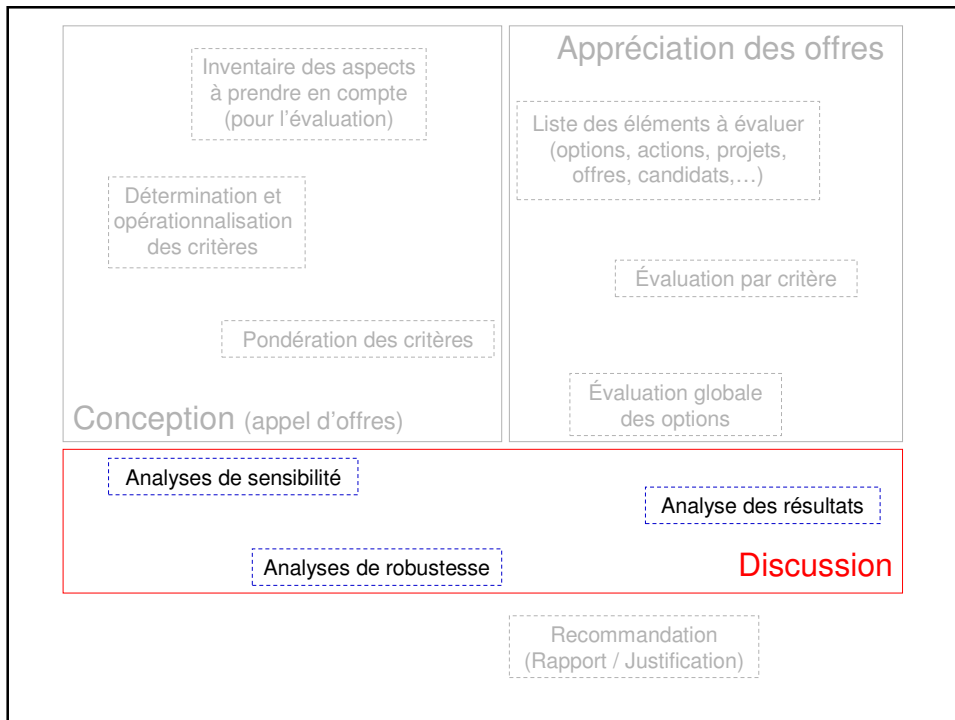
En pratique, la pertinence de chacune de ces étapes et l'ordre dans lequel elles se présentent peuvent varier en fonction des spécificités du contexte décisionnel.

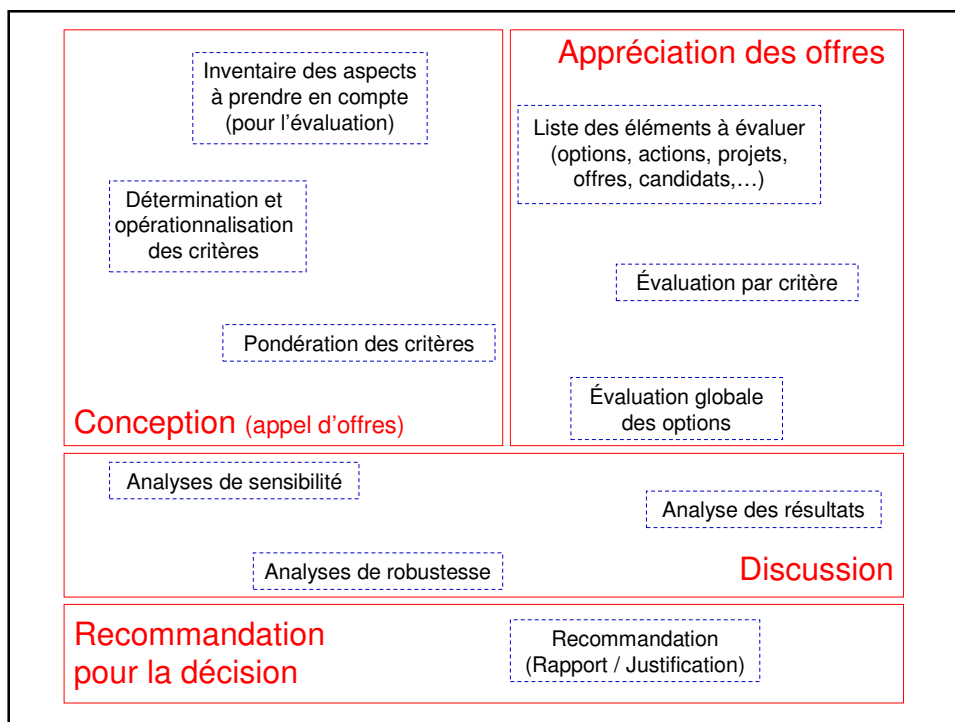




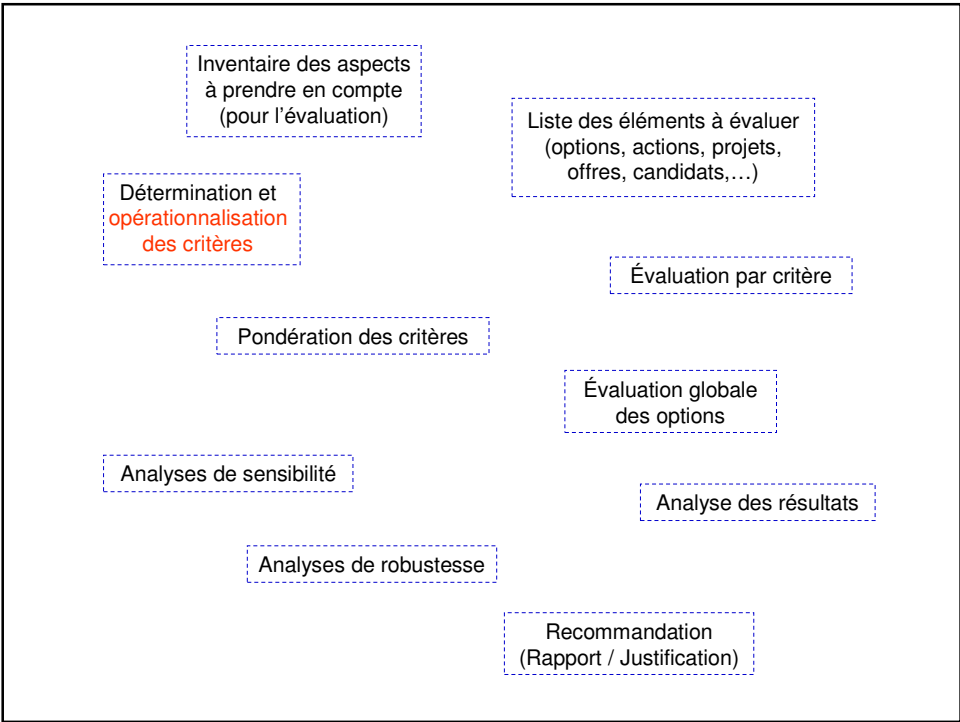
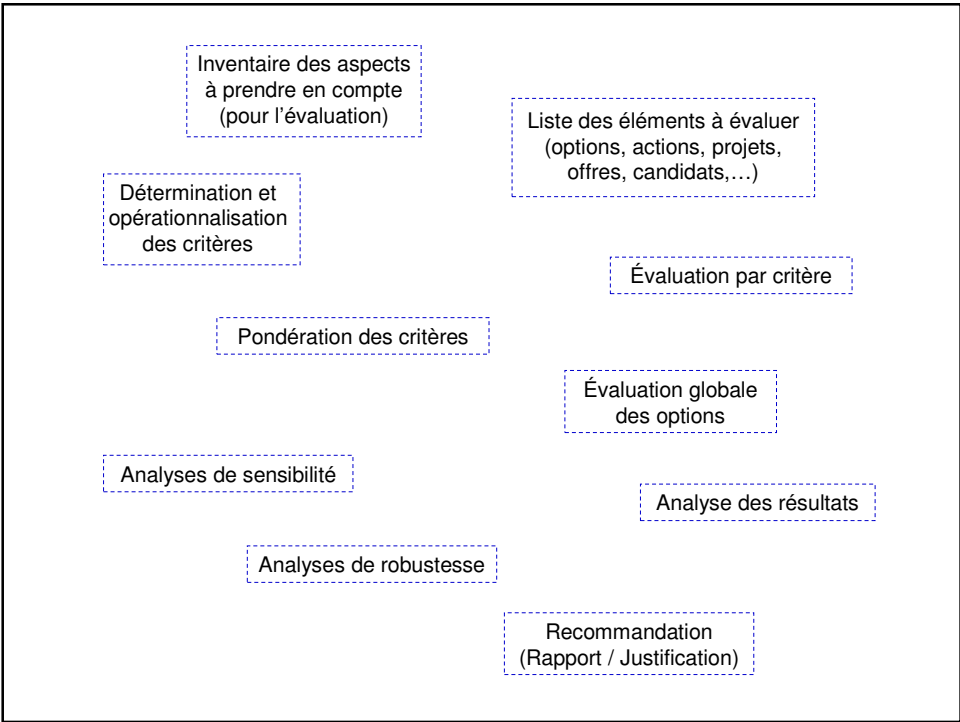








4. Opérationnalisation des critères



La phase d'opérationnalisation des critères peut se décomposer en deux parties dont la première est essentielle et doit absolument être réalisée tandis que la seconde doit ou non être réalisée en fonction du contexte.

La phase d'opérationnalisation des critères peut se décomposer en deux parties dont la première est essentielle et doit absolument être réalisée tandis que la seconde doit ou non être réalisée en fonction du contexte.

- ★ La première partie consiste en la spécification, pour chaque critère, de deux références.

La phase d'opérationnalisation des critères peut se décomposer en deux parties dont la première est essentielle et doit absolument être réalisée tandis que la seconde doit ou non être réalisée en fonction du contexte.

- ★ La première partie consiste en la spécification, pour chaque critère, de deux références.
- ★ La seconde partie consiste à associer un descripteur à chaque critère sur lequel le(s) décideur(s) n'est (ne sont) pas en mesure d'évaluer directement les options.

**Spécification de deux références
pour chaque critère**

Dans l'approche **MACBETH**,
on demande au(x) décideur(s) de spécifier clairement,
pour chaque critère Cr_i ,
deux niveaux de performance N_i^+ et N_i^-
(avec N_i^+ plus attractif que N_i^-).

Bien que cela ne soit pas obligatoire, il est hautement souhaitable
que ces niveaux correspondent respectivement
à un niveau que le(s) décideur(s) juge(nt) bon d'atteindre
sur le critère considéré (niveau **bon_i**)
et
à un niveau que le(s) décideur(s) désire(nt) au moins voir atteint
sur le critère considéré (niveau **neutre_i**).

En effet,

- ♦ L'effort requis pour définir de façon concrète un niveau **neutre_i** et un niveau **bon_i** pour le critère Cr_i permet d'accroître considérablement la compréhension de ce critère (ou de constater que ce critère doit être modifié car sa signification n'est pas suffisamment claire que pour permettre de comparer des offres).
- ♦ Les niveaux **neutre_i** et **bon_i** permettent de définir trois modalités sémantiques pour l'expression de jugements intrinsèques : très satisfaisant (sur Cr_i), satisfaisant (sur Cr_i) et non satisfaisant (sur Cr_i). Lors de l'évaluation des offres sur Cr_i , il est intéressant, avant de ranger les offres par attractivité décroissante, de placer chaque offre dans la catégorie sémantique de satisfaction qui lui convient..

- ♦ Les références $N_i^+ \equiv \text{Bon}_i$ et $N_i^- \equiv \text{Neutre}_i$ constituent une base particulièrement solide et bien adaptée pour déterminer l'importance relative des Diff.att. (N_i^+, N_i^-) , $i \in \{1, \dots, K\}$.

- ♦ Les références $N_i^+ \equiv \text{Bon}_i$ et $N_i^- \equiv \text{Neutre}_i$ constituent une base particulièrement solide et bien adaptée pour déterminer l'importance relative des Diff.att. (N_i^+, N_i^-) , $i \in \{1, \dots, K\}$.

En effet,

- ♦ Les références $N_i^+ \equiv \text{Bon}_i$ et $N_i^- \equiv \text{Neutre}_i$ constituent une base particulièrement solide et bien adaptée pour déterminer l'importance relative des Diff.att. (N_i^+, N_i^-) , $i \in \{1, \dots, K\}$.

En effet,

- 1) même si les questions concernant l'importance relative des Diff.att. (N_i^+, N_i^-) ne sont jamais faciles, on constate qu'elles sont plus aisées lorsque les niveaux N_i^+ et N_i^- ne se situent pas dans des zones différentes d'attractivité et surtout lorsque $N_i^+ \equiv \text{Bon}_i$ et $N_i^- \equiv \text{Neutre}_i$.

- ♦ Les références $N_i^+ \equiv \text{Bon}_i$ et $N_i^- \equiv \text{Neutre}_i$ constituent une base particulièrement solide et bien adaptée pour déterminer l'importance relative des Diff.att. (N_i^+, N_i^-) , $i \in \{1, \dots, K\}$.

En effet,

- 1) même si les questions concernant l'importance relative des Diff.att. (N_i^+, N_i^-) ne sont jamais faciles, on constate qu'elles sont plus aisées lorsque les niveaux N_i^+ et N_i^- ne se situent pas dans des zones différentes d'attractivité et surtout lorsque $N_i^+ \equiv \text{Bon}_i$ et $N_i^- \equiv \text{Neutre}_i$.
- 2) on observe souvent que les résultats obtenus en comparant l'importance relative des Diff.att. $(\text{Bon}_i, \text{Neutre}_i)$, $i \in \{1, \dots, K\}$, correspondent assez bien à l'idée intuitive que les évaluateurs disent avoir de l'importance relative des critères.

Association d'un descripteur à un critère

Définition

On appelle **descripteur associé à un critère** un ensemble de niveaux de performance (pouvant être atteints sur ce critère) qui peuvent servir de base à la description des impacts que les différentes options (envisagées dans le cadre du problème traité) devraient vraisemblablement avoir sur ce critère si elles étaient mises à exécution.

Exemple 1

Descripteur pouvant être associé au critère « pénibilité lors d'un transport en commun »

- N1 : État confortable compatible avec des activités suivies telles que lecture d'un livre difficile, conversation professionnelle.
- N2 : État rendant possible, mais au prix d'une certaine fatigue, des activités peu exigeantes en confort (lecture d'un journal, conversation banale).
- N3 : État qui, sans être physiquement pénible, ne tolère aucune activité suivie.
- N4 : État ressenti comme physiquement pénible (station debout prolongée, existence de fortes secousses).

Exemple 2

Descripteur pouvant être associé au critère « acceptabilité par le public de la localisation d'un site »

- N1 : No groups are opposed to the facility and at least one group has organized support for the facility.
- N2 : All groups are indifferent or uninterested.
- N3 : One or more groups have organized opposition, although no groups have action-oriented opposition. Other groups may either be neutral or support the facility.
- N4 : Exactly one group has action-oriented opposition. The other groups have organized support, indifference or opposition.
- N5 : Two or more groups have action-oriented opposition.

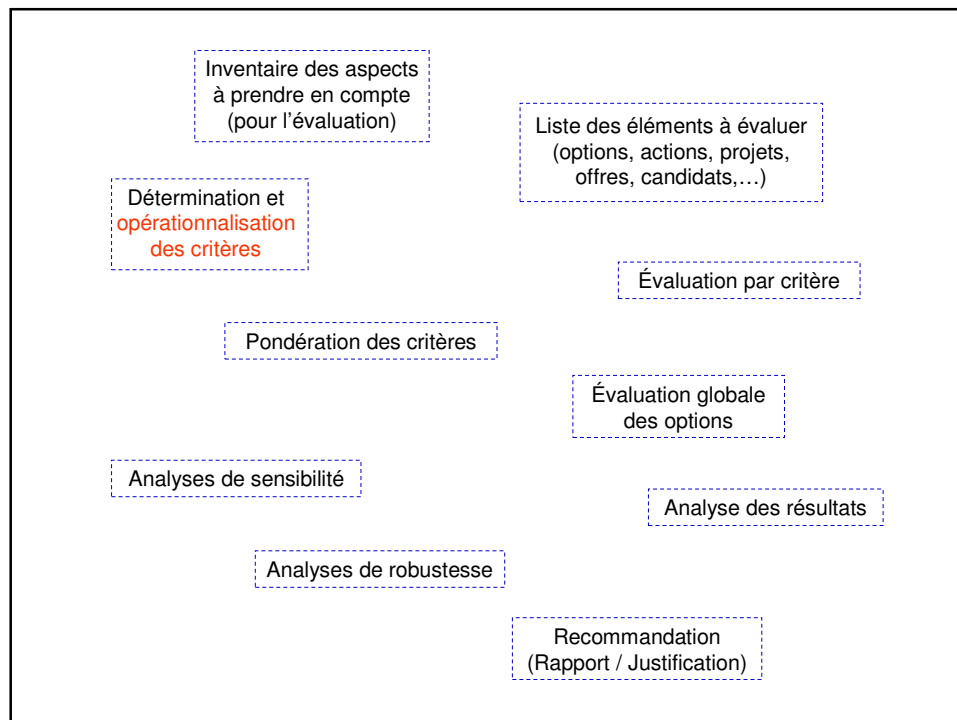
Quand convient-il d'associer un descripteur à un critère ?

Il faut, pour opérationnaliser un critère, lui associer un descripteur lorsque le(s) décideur(s) n'est (ne sont) pas en mesure d'évaluer directement les options, soit par impossibilité matérielle de le faire, soit par manque de compétence par rapport au critère, soit en raison de l'incertitude entourant les niveaux de performance que les options devraient atteindre sur le critère .

Lorsqu'un descripteur est associé au critère \mathbf{Cr}_i , l'information cardinale qui est demandée au(x) décideur(s) concerne l'attractivité des niveaux de performance de ce descripteur ainsi que des niveaux de référence \mathbf{N}_i^+ et \mathbf{N}_i^- (qui, en général, sont deux des niveaux du descripteur)

Une (ou plusieurs) tierce(s) personne(s) doit (doivent) alors être chargée(s) de déterminer l'impact prévisible de chaque option en termes des niveaux du descripteur.

C'est en combinant cette information avec la précédente qu'une information cardinale concernant l'attractivité locale (relativement à Cr_i) des options et des références N_i^+ et N_i^- peut être obtenue (évaluation indirecte des options sur Cr_i).



5. Utilisation dans MACBETH de la procédure d'obtention d'une information cardinale

La procédure d'obtention d'une information cardinale est utilisée dans l'approche **MACBETH** afin d'aider le(s) décideur(s) à fournir :

La procédure d'obtention d'une information cardinale est utilisée dans l'approche **MACBETH** afin d'aider le(s) décideur(s) à fournir :

- ★ pour chaque critère \mathbf{Cr}_i ($i \in \{1, \dots, K\}$), une information cardinale concernant l'attractivité (relativement à \mathbf{Cr}_i) des éléments à évaluer et des niveaux N_i^+ et N_i^-

La procédure d'obtention d'une information cardinale est utilisée dans l'approche **MACBETH** afin d'aider le(s) décideur(s) à fournir :

- ★ pour chaque critère \mathbf{Cr}_i ($i \in \{1, \dots, K\}$), une information cardinale concernant l'attractivité (relativement à \mathbf{Cr}_i) des éléments à évaluer et des niveaux N_i^+ et N_i^-
- ★ une information cardinale concernant l'attractivité globale des $(K+1)$ éléments fictifs

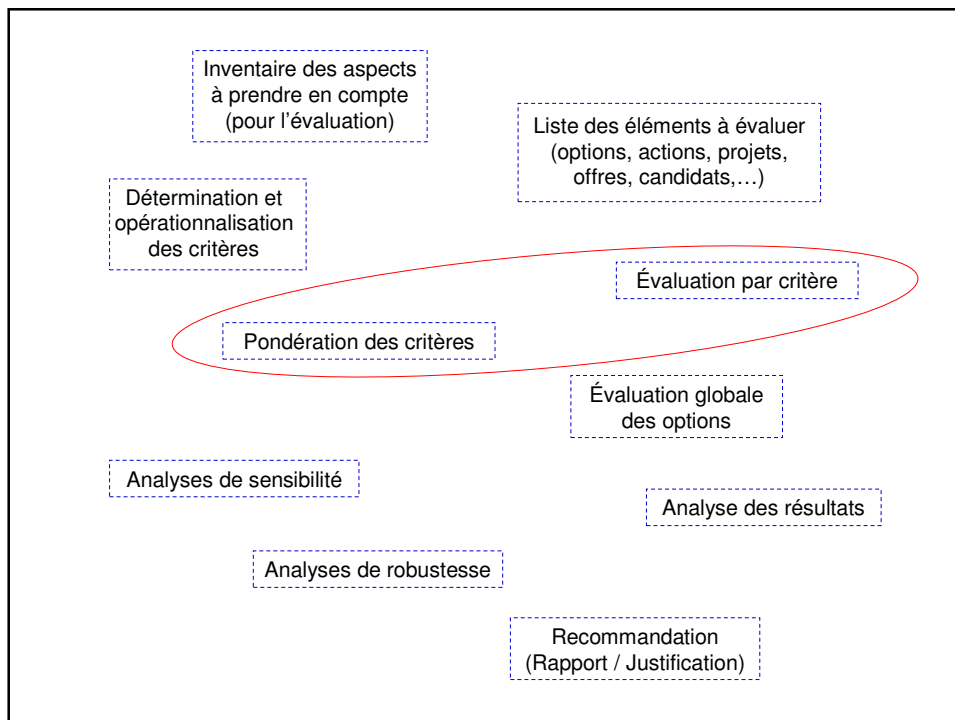
$(N_1^-, N_2^-, \dots, N_K^-)$

$(N_1^+, N_2^-, \dots, N_K^-)$

$(N_1^-, N_2^+, \dots, N_K^-)$

⋮

$(N_1^-, N_2^-, \dots, N_K^+)$



Remarque

Dans le logiciel **M-MACBETH**, les éléments (fictifs)

$(N_1^-, N_2^-, \dots, N_K^-)$

$(N_1^+, N_2^-, \dots, N_K^-)$

$(N_1^-, N_2^+, \dots, N_K^-)$

⋮






$(N_1^-, N_2^-, \dots, N_K^+)$

sont appelés références globales (pour la pondération)

et sont notées comme suit :






Référence globale : [toutes inf]

$(N_1^-, N_2^-, \dots, N_K^-)$

| | | | | | |
|--|--|--|-----|--|--|
| N_1^+ • | N_2^+ • | N_3^+ • | ... | N_{K-1}^+ • | N_K^+ • |
|  N_1^- |  N_2^- |  N_3^- | ... |  N_{K-1}^- |  N_K^- |
| Cr_1 | Cr_2 | Cr_3 | ... | Cr_{K-1} | Cr_K |

Référence globale : [Cr_1]

$(N_1^+, N_2^-, \dots, N_K^-)$

| | | | | | |
|--|--|--|-----|--|--|
| N_1^+  | N_2^+ • | N_3^+ • | ... | N_{K-1}^+ • | N_K^+ • |
| • N_1^- |  N_2^- |  N_3^- | ... |  N_{K-1}^- |  N_K^- |
| Cr_1 | Cr_2 | Cr_3 | ... | Cr_{K-1} | Cr_K |

Référence globale : [Cr₂]

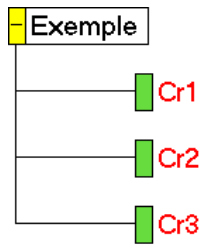
(N₁⁻, N₂⁺, ..., N_K⁻)

| | | | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----|------------------------------------|----------------------------------|
| N ₁ ⁺ • | N ₂ ⁺ ⊙ | N ₃ ⁺ • | ... | N _{K-1} ⁺ • | N _K ⁺ • |
| ⊙ N ₁ ⁻ | ○ N ₂ ⁻ | ⊙ N ₃ ⁻ | ... | ⊙ N _{K-1} ⁻ | ⊙ N _K ⁻ |
| Cr ₁ | Cr ₂ | Cr ₃ | ... | Cr _{K-1} | Cr _K |

Référence globale : [Cr_K]

(N₁⁻, N₂⁻, ..., N_K⁺)

| | | | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----|------------------------------------|----------------------------------|
| N ₁ ⁺ • | N ₂ ⁺ • | N ₃ ⁺ • | ... | N _{K-1} ⁺ • | N _K ⁺ ⊙ |
| ⊙ N ₁ ⁻ | ⊙ N ₂ ⁻ | ⊙ N ₃ ⁻ | ... | ⊙ N _{K-1} ⁻ | ○ N _K ⁻ |
| Cr ₁ | Cr ₂ | Cr ₃ | ... | Cr _{K-1} | Cr _K |



Pondération (Exemple)

| | [Cr1] | [Cr2] | [Cr3] | [toutes inf] |
|----------------|---------|---------|---------|----------------|
| [Cr1] | nulle | ? | ? | positive |
| [Cr2] | ? | nulle | ? | positive |
| [Cr3] | ? | ? | nulle | positive |
| [toutes inf] | | | | nulle |

Jugements consistants

Références pour la pondération

| | Cr1 | Cr2 | Cr3 |
|---------------------|---------|---------|---------|
| Références globales | Bon1 | Bon2 | Bon3 |
| [Cr1] | Neutre1 | Neutre2 | Neutre3 |
| [Cr2] | | | |
| [Cr3] | | | |
| [toutes inf] | | | |

Références pour la pondération

| | Cr1 | Cr2 | Cr3 |
|---------------------|---------|---------|---------|
| Références globales | Bon1 | Bon2 | Bon3 |
| [Cr1] | Neutre1 | Neutre2 | Neutre3 |
| [Cr2] | | | |
| [Cr3] | | | |
| [toutes inf] | | | |

Références pour la pondération

| | Cr1 | Cr2 | Cr3 |
|---------------------|---------|---------|---------|
| Références globales | Bon1 | Bon2 | Bon3 |
| [Cr1] | Neutre1 | Neutre2 | Neutre3 |
| [Cr2] | | | |
| [Cr3] | | | |
| [toutes inf] | | | |

Références pour la pondération

| | Cr1 | Cr2 | Cr3 |
|---------------------|---------|---------|---------|
| Références globales | Bon1 | Bon2 | Bon3 |
| [Cr1] | Neutre1 | Neutre2 | Neutre3 |
| [Cr2] | | | |
| [Cr3] | | | |
| [toutes inf] | | | |

Pondération (Exemple)

| | [Cr1] | [Cr2] | [Cr3] | [toutes inf] |
|----------------|---------|---------|---------|----------------|
| [Cr1] | nulle | ? | ? | positive |
| [Cr2] | ? | nulle | ? | positive |
| [Cr3] | ? | ? | nulle | positive |
| [toutes inf] | | | | nulle |

Jugements consistants

Pondération (Exemple)

| | [Cr2] | [Cr1] | [Cr3] | [toutes inf] |
|----------------|---------|---------|---------|----------------|
| [Cr2] | nulle | ? | ? | positive |
| [Cr1] | ? | nulle | ? | positive |
| [Cr3] | ? | ? | nulle | positive |
| [toutes inf] | | | | nulle |

Jugements consistants

Pondération (Exemple)

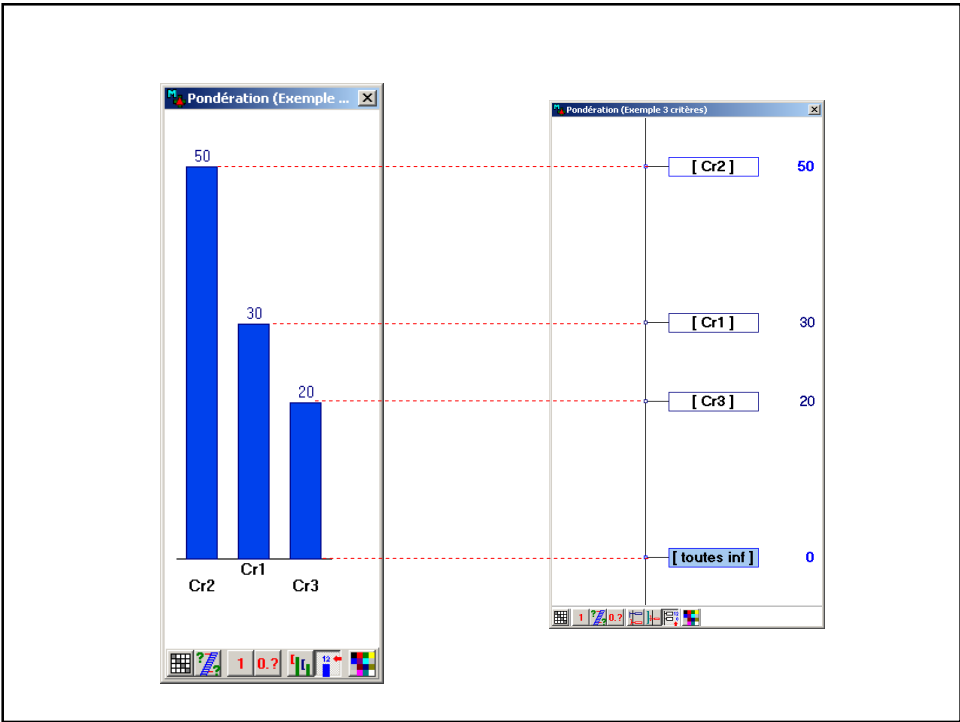
| | [Cr2] | [Cr1] | [Cr3] | [toutes inf] |
|----------------|---------|---------|-----------|----------------|
| [Cr2] | nulle | forte | tr. forte | tr. forte |
| [Cr1] | | nulle | faible | tr. forte |
| [Cr3] | | | nulle | forte |
| [toutes inf] | | | | nulle |

Jugements consistants

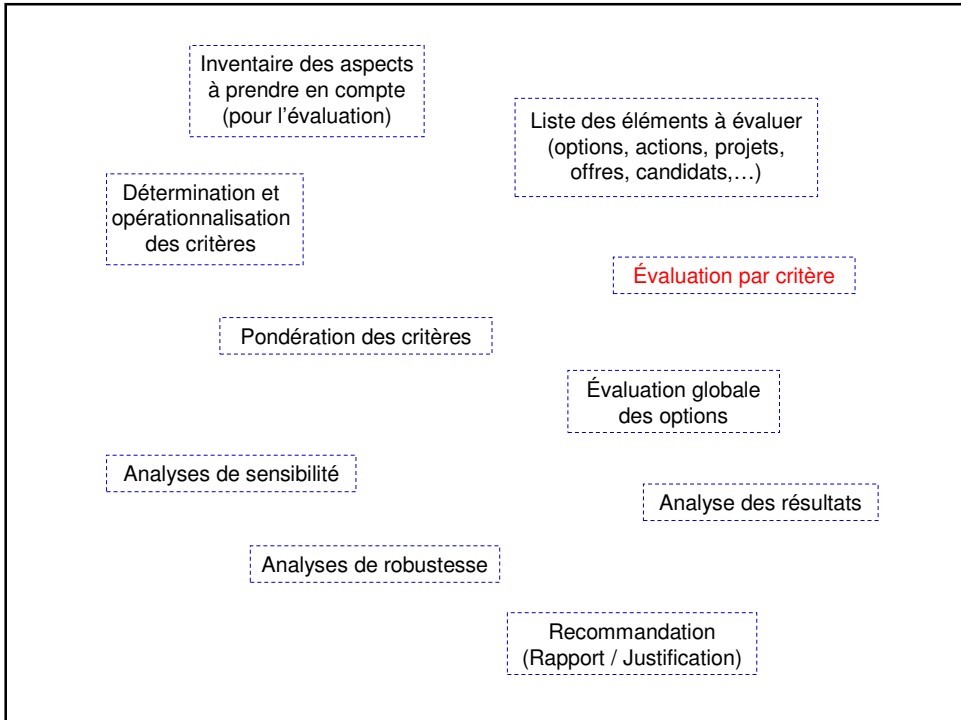
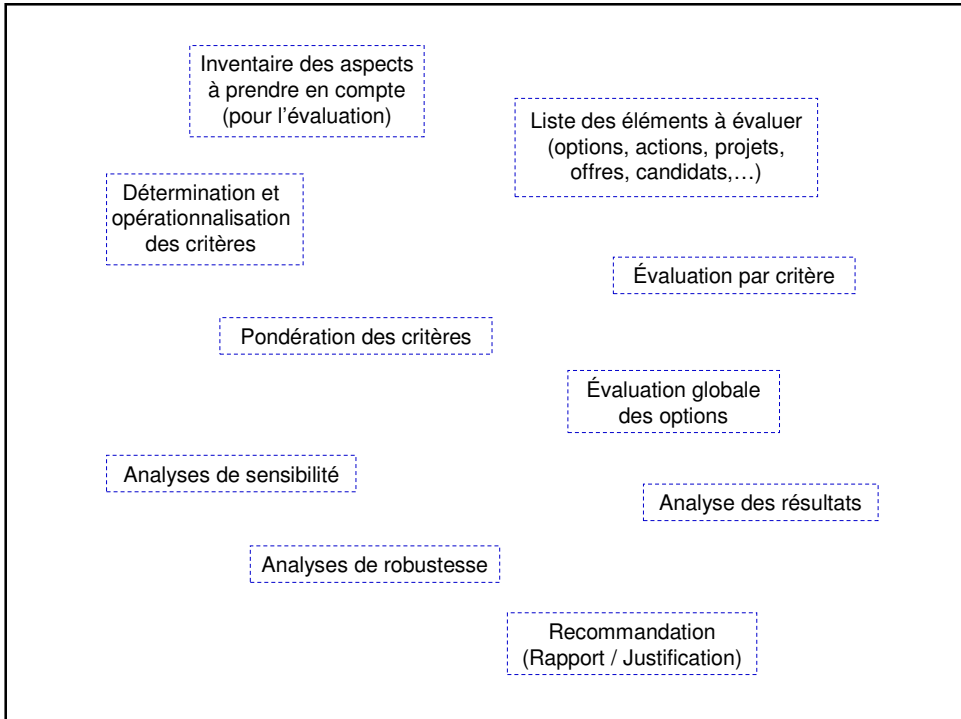
Pondération (Exemple)

| | [Cr2] | [Cr1] | [Cr3] | [toutes inf] | Echelle courante |
|----------------|---------|---------|-----------|----------------|------------------|
| [Cr2] | nulle | forte | tr. forte | tr. forte | 50 |
| [Cr1] | | nulle | faible | tr. forte | 30 |
| [Cr3] | | | nulle | forte | 20 |
| [toutes inf] | | | | nulle | 0 |

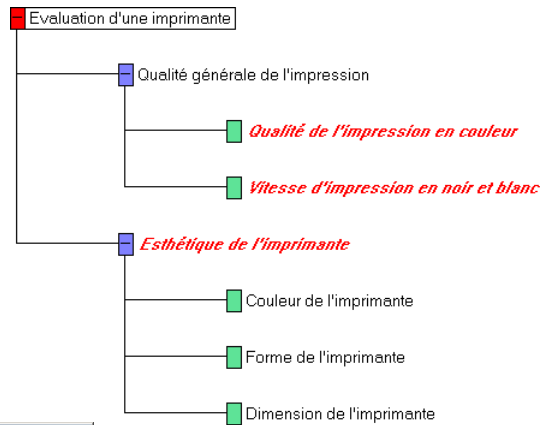
Jugements consistants



6. Évaluation par critère



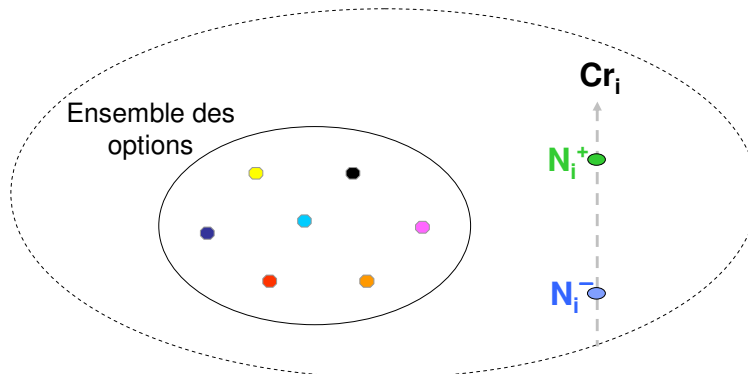
Exemple



| | Nom | Abrégé |
|---|-----------------|--------|
| 1 | PH 96-03 | PH |
| 2 | Espon Planet-2 | Espon |
| 3 | Sister 80-60-80 | Sister |
| 4 | Nomark XPTO | Nomark |
| 5 | Conan F-Colour | Conan |

Ajouter Supprimer Propriétés Profils

On parle d'**évaluation directe** des options relativement à un critère i lorsque les questions au sujet de l'attractivité (relativement au critère i) portent directement sur les options ainsi que sur les références N_i^+ et N_i^-



Exemple d'évaluation directe

Cas du critère : *Esthétique de l'imprimante*

Propriétés de Esthétique de l'imprimante

Nom : Esthétique de l'imprimante Nom abrégé : Esthétique

Commentaires :

Base de comparaison :

- les options
- les options + 2 références
- niveaux qualitatifs de performance :
- niveaux quantitatifs de performance :

critère

Références :

| Nom | Abrégé |
|--|--------|
| Esthétique tout à fait satisfaisante | Bon |
| Esthétique banale (ni satisfaisante, ni insatisfaisante) | Neutre |

Esthétique de l'imprimante

| | Conan | Bon | PH | Nomark | Espon | Neutre | Sister | Echelle courante |
|--------|-------|------------|---------|----------|----------|----------|----------|------------------|
| Conan | nulle | tr. faible | modérée | positive | positive | positive | positive | 115 |
| Bon | | nulle | faible | modérée | positive | positive | positive | 100 |
| PH | | | nulle | faible | forte | positive | positive | 70 |
| Nomark | | | | nulle | modérée | modérée | positive | 40 |
| Espon | | | | | nulle | nulle | faible | 0 |
| Neutre | | | | | | nulle | faible | 0 |
| Sister | | | | | | | nulle | -30 |

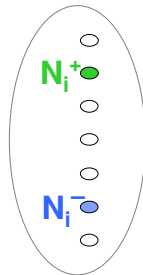
Jugements consistants

Esthétique de l'imprimante

- Conan 115
- Bon 100
- PH 70
- Nomark 40
- Espon = Neutre 0
- Sister -30

Évaluation (locale) des options
(après discussion de l'échelle MACBETH)

On parle d'**évaluation indirecte** des options relativement à un critère i lorsque les questions au sujet de l'attractivité (relativement au critère i) portent sur les éléments d'un descripteur associé au critère i



Descripteur associé au critère i
= ensemble de niveaux de performance relatifs à Cr_i

L'évaluation des options est alors obtenue indirectement par l'intermédiaire des impacts prévisibles (performances) de ces options en termes des niveaux du descripteur.

Exemple d'évaluation indirecte (avec descripteur qualitatif)

Cas du critère : *Qualité de l'impression en couleur*

Propriétés de Qualité de l'impression en couleur

Nom : Qualité de l'impression en couleur Nom abrégé : Imp. couleur

Commentaires :

Base de comparaison :

- les options
- les options + 2 références
- niveaux qualitatifs de performance :
- niveaux quantitatifs de performance :

critère

Niveaux de performance :

| - | + | Niveau qualitatif | Abrégé |
|---|---|---|-----------|
| 1 | | Les photos imprimées semblent provenir d'un laboratoire photo | Extra |
| 2 | | Bon rendu des couleurs; peut servir à imprimer des photos | Bon |
| 3 | | Couleurs plaisantes malgré de légères bavures | Plaisant |
| 4 | | Rendu des couleurs acceptable pour du dessin mais pas pour des photos | Neutre |
| 5 | | Qualité des couleurs juste suffisante pour agrémenter un texte | Déficient |

Qualité de l'impression en couleur

| | Extra | Bon | Plaisant | Neutre | Déficient | Echelle courante |
|-----------|-------|--------|----------|-----------|-----------|------------------|
| Extra | nulle | faible | forte | tr. forte | extrême | 140 |
| Bon | | nulle | fai-mod | positive | extrême | 100 |
| Plaisant | | | nulle | modérée | tr. forte | 55 |
| Neutre | | | | nulle | forte | 0 |
| Déficient | | | | | nulle | -80 |

Jugements consistants

Table de performances

| Options | Imp. couleur |
|---------|--------------|
| PH | Bon |
| Espon | Neutre |
| Sister | Bon |
| Nomark | Plaisant |
| Conan | Plaisant |

| Options | Imp. couleur |
|---------|--------------|
| PH | 100.00 |
| Espon | 0.00 |
| Sister | 100.00 |
| Nomark | 55.00 |
| Conan | 55.00 |

Évaluation (locale) des options

Qualité de l'impression en couleur

| | |
|-----------|-----|
| Extra | 140 |
| Bon | 100 |
| Plaisant | 55 |
| Neutre | 0 |
| Déficient | -80 |

Exemple d'évaluation indirecte (avec descripteur quantitatif)

Cas du critère : *Vitesse d'impression en noir et blanc*

Propriétés de Vitesse d'impression en noir et blanc

Nom : Vitesse d'impression en noir et blanc

Nom abrégé : Vit. impression

Commentaires :

Base de comparaison :

- les options
- les options + 2 références
- niveaux qualitatifs de performance :
- niveaux quantitatifs de performance :

critère

Niveaux de performance :

| - | + | Niveau quantitatif | Abrégé |
|---|---|--------------------|------------|
| | | 11 | 11 |
| | | 10 | Bon : 10 |
| | | 9 | 9 |
| | | 8 | 8 |
| | | 7 | Neutre : 7 |
| | | 6 | 6 |

Indicateur : Nb. pgs imp. / min. en noir et blanc

Abrégé : Nb. pgs / min

Unité :

| | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | Echelle courante |
|----|-------|------------|----------|----------|----------|----------|------------------|
| 11 | nulle | tr. faible | faible | positive | positive | positive | 115 |
| 10 | | nulle | tfai-fai | modérée | positive | positive | 100 |
| 9 | | | nulle | faible | modérée | positive | 80 |
| 8 | | | | nulle | modérée | forte | 50 |
| 7 | | | | | nulle | mod-fort | 0 |
| 6 | | | | | | nulle | -70 |

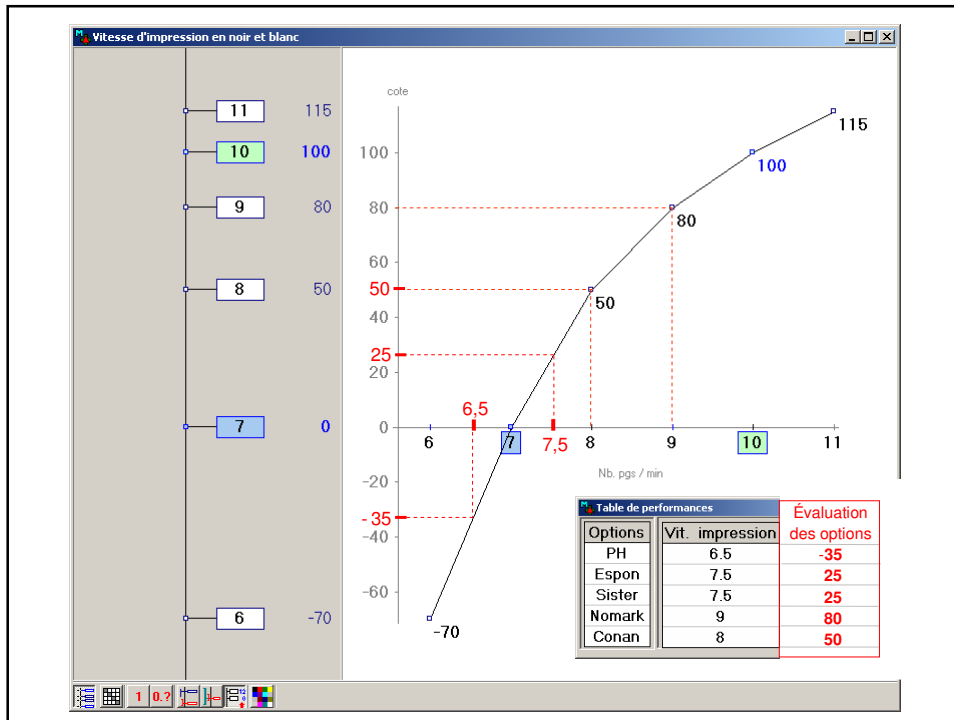
Jugements consistants

| Options | Vit. impression |
|---------|-----------------|
| PH | 6.5 |
| Espon | 7.5 |
| Sister | 7.5 |
| Nomark | 9 |
| Conan | 8 |

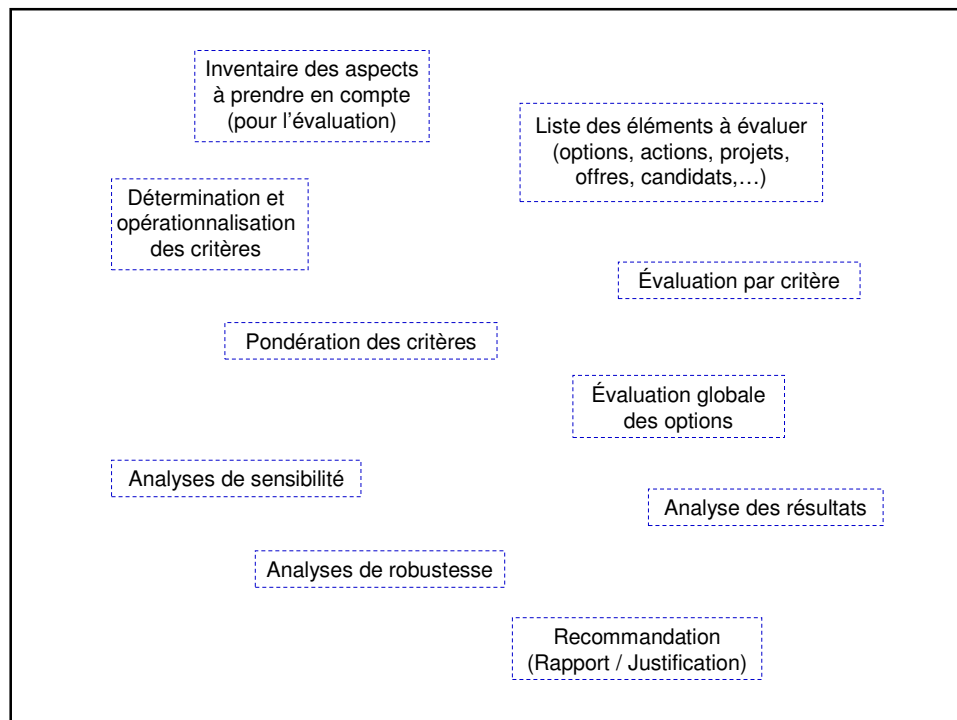


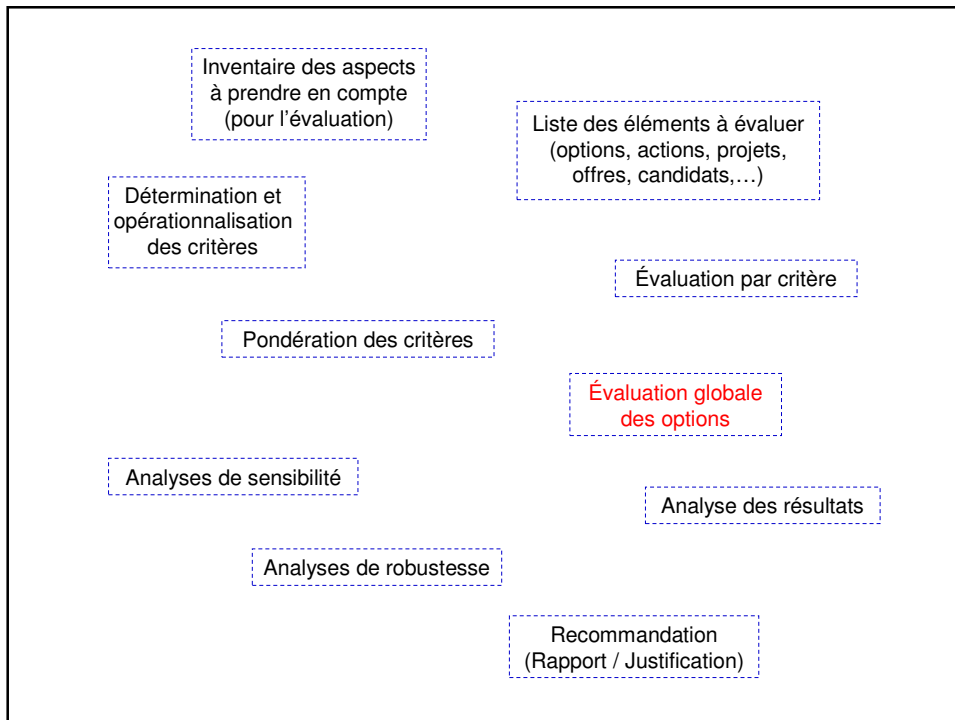
| Options | Vit. impression |
|---------|-----------------|
| PH | -35.00 |
| Espon | 25.00 |
| Sister | 25.00 |
| Nomark | 80.00 |
| Conan | 50.00 |

Évaluation (locale) des options

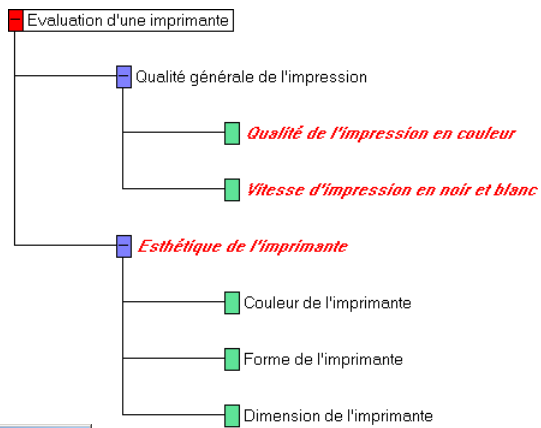


7. Évaluation globale des offres





Exemple de l'imprimante (suite)



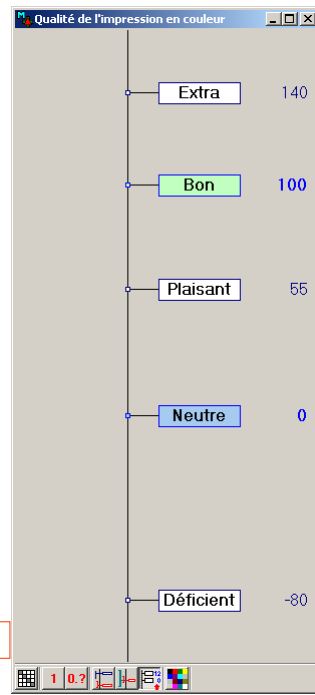
| - + | Nom | Abrégé |
|-----|-----------------|--------|
| 1 | PH 96-03 | PH |
| 2 | Espon Planet-2 | Espon |
| 3 | Sister 80-60-80 | Sister |
| 4 | Nomark XPTO | Nomark |
| 5 | Conan F-Colour | Conan |

Ajouter Supprimer Propriétés Profils

Critère
« Qualité de l'impression couleur »

| | Extra | Bon | Plaisant | Neutre | Déficient | Echelle courante |
|-----------|-------|--------|----------|-----------|-----------|------------------|
| Extra | nulle | faible | forte | tr. forte | extrême | 140 |
| Bon | | nulle | fai-mod | positive | extrême | 100 |
| Plaisant | | | nulle | modérée | tr. forte | 55 |
| Neutre | | | | nulle | forte | 0 |
| Déficient | | | | | nulle | -80 |

Jugements consistants



| Options | Imp. couleur |
|---------|--------------|
| PH | Bon |
| Espon | Neutre |
| Sister | Bon |
| Nomark | Plaisant |
| Conan | Plaisant |

| Options | Imp. couleur |
|---------|--------------|
| PH | 100.00 |
| Espon | 0.00 |
| Sister | 100.00 |
| Nomark | 55.00 |
| Conan | 55.00 |

Évaluation (locale) des options

Critère
« Vitesse de l'impression en noir et blanc »

| | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | Echelle courante |
|----|-------|------------|----------|----------|----------|----------|------------------|
| 11 | nulle | tr. faible | faible | positive | positive | positive | 115 |
| 10 | | nulle | tfai-fai | modérée | positive | positive | 100 |
| 9 | | | nulle | faible | modérée | positive | 80 |
| 8 | | | | nulle | modérée | forte | 50 |
| 7 | | | | | nulle | mod-fort | 0 |
| 6 | | | | | | nulle | -70 |

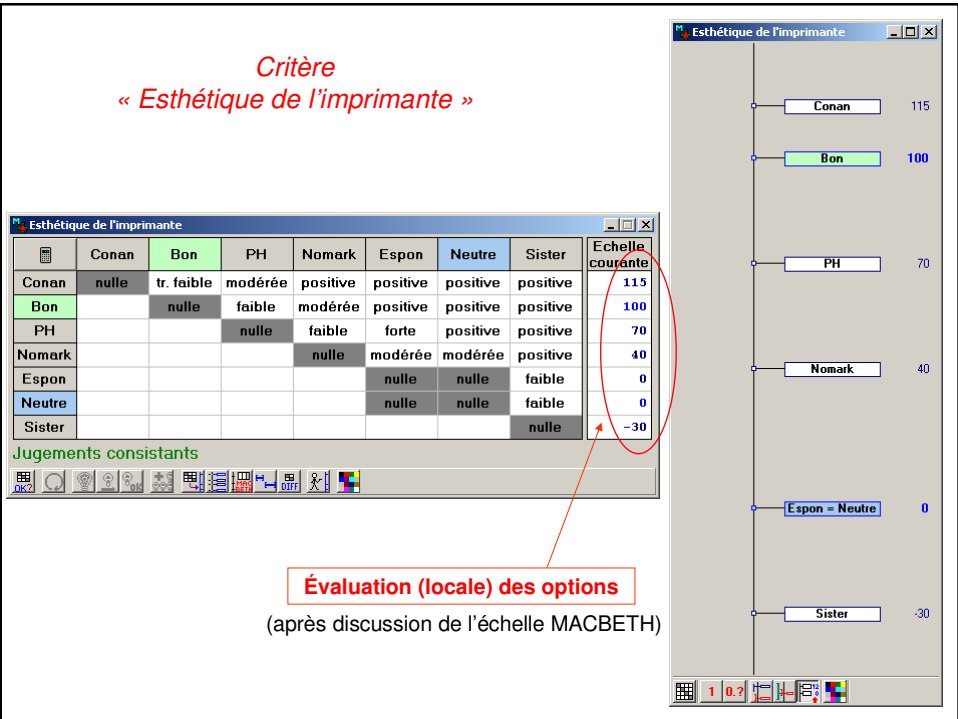
Jugements consistants

| Options | Vit. impression |
|---------|-----------------|
| PH | 6.5 |
| Espon | 7.5 |
| Sister | 7.5 |
| Nomark | 9 |
| Conan | 8 |

| Options | Vit. impression |
|---------|-----------------|
| PH | -35.00 |
| Espon | 25.00 |
| Sister | 25.00 |
| Nomark | 80.00 |
| Conan | 50.00 |

Évaluation (locale) des options

Critère
« Esthétique de l'imprimante »



| Options | Global | Imp. coul. | Vit. imp. | Esthét. |
|----------------|--------|------------|-----------|---------|
| PH | ? | 100.00 | -35.00 | 70.00 |
| Espon | ? | 0.00 | 25.00 | 0.00 |
| Sister | ? | 100.00 | 25.00 | -30.00 |
| Nomark | ? | 55.00 | 80.00 | 40.00 |
| Conan | ? | 55.00 | 50.00 | 115.00 |
| [toutes sup] | ? | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [Neutre] | ? | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Poids : | | ? | ? | ? |

Pondération (Evaluation d'une imprimante)

| | [Imp. coul.] | [Esthét.] | [Vit. imp.] | [Neutre] |
|----------------|----------------|-------------|---------------|------------|
| [Imp. coul.] | nulle | ? | ? | positive |
| [Esthét.] | ? | nulle | ? | positive |
| [Vit. imp.] | ? | ? | nulle | positive |
| [Neutre] | | | | nulle |

Jugements consistants

Pondération (Evaluation d'une imprimante)

| | [Imp. coul.] | [Esthét.] | [Vit. imp.] | [Neutre] |
|----------------|----------------|-------------|---------------|------------|
| [Imp. coul.] | nulle | faible | forte | tr. forte |
| [Esthét.] | | nulle | modérée | forte |
| [Vit. imp.] | | | nulle | modérée |
| [Neutre] | | | | nulle |

Jugements consistants

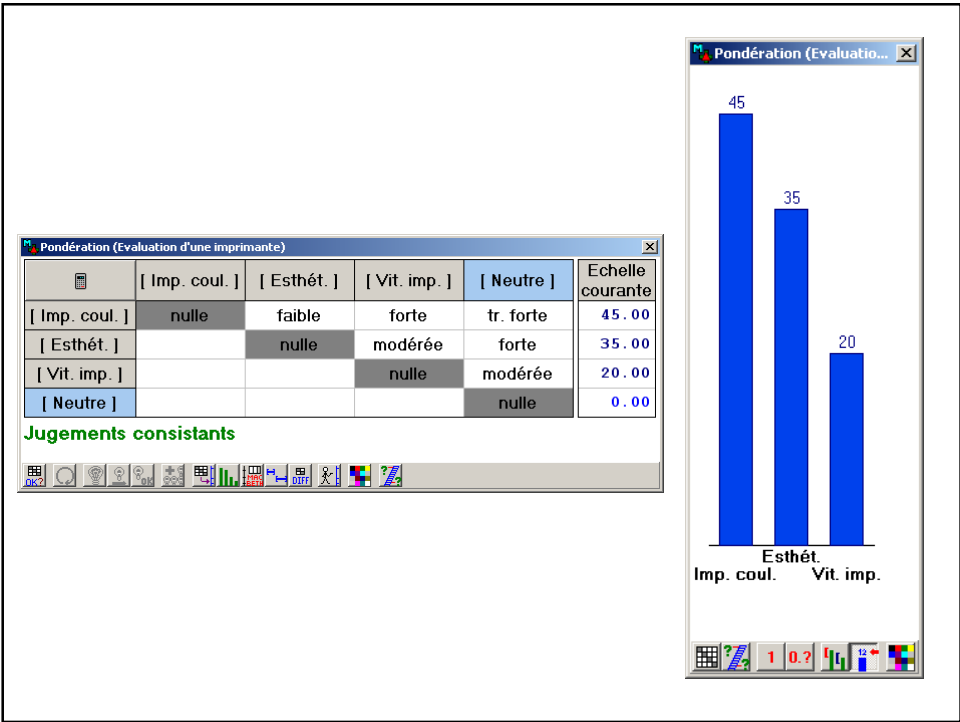
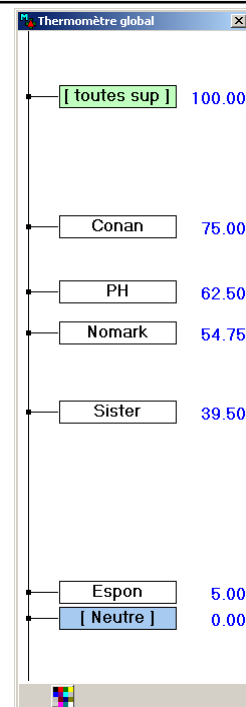


Table des cotes

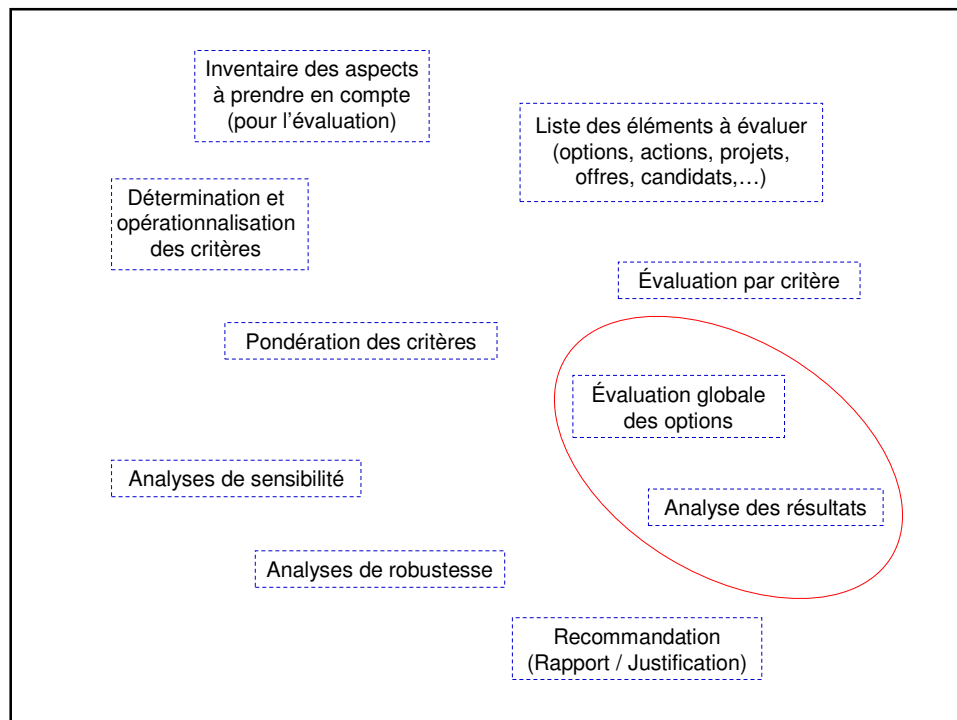
| Options | Global | Imp. coul. | Vit. imp. | Esthét. |
|----------------|--------|------------|-----------|---------|
| PH | 62.50 | 100.00 | -35.00 | 70.00 |
| Espon | 5.00 | 0.00 | 25.00 | 0.00 |
| Sister | 39.50 | 100.00 | 25.00 | -30.00 |
| Nomark | 54.75 | 55.00 | 80.00 | 40.00 |
| Conan | 75.00 | 55.00 | 50.00 | 115.00 |
| [toutes sup] | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| [Neutre] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Poids : | | 0.4500 | 0.2000 | 0.3500 |

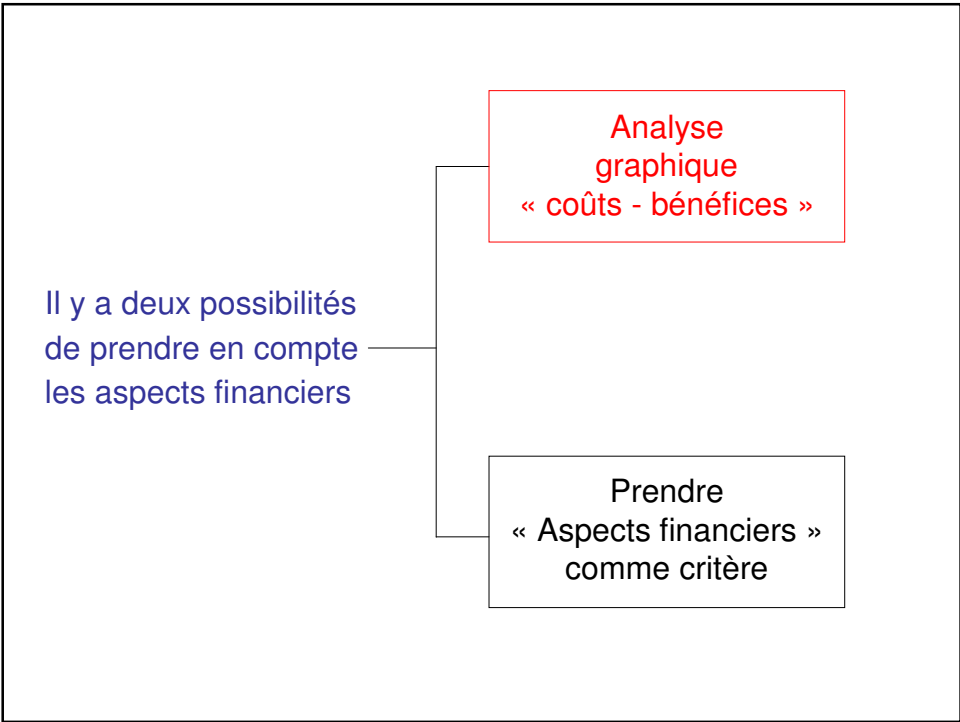
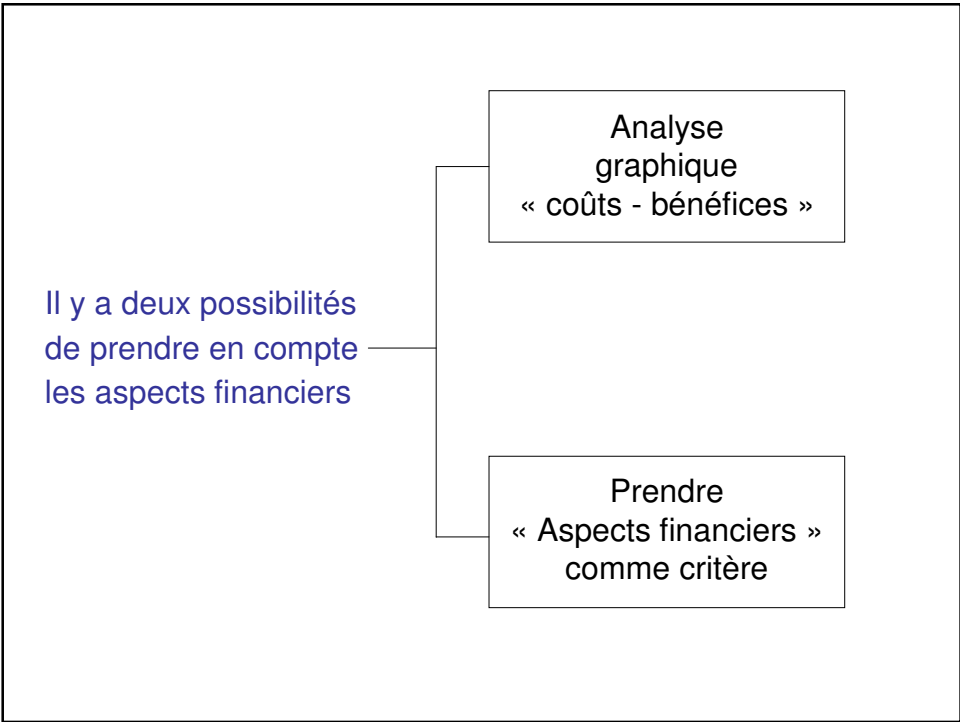
| Options | Global | Imp. coul. | Vit. imp. | Esthét. |
|----------------|--------|------------|-----------|---------|
| [toutes sup] | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Conan | 75.00 | 55.00 | 50.00 | 115.00 |
| PH | 62.50 | 100.00 | -35.00 | 70.00 |
| Nomark | 54.75 | 55.00 | 80.00 | 40.00 |
| Sister | 39.50 | 100.00 | 25.00 | -30.00 |
| Espon | 5.00 | 0.00 | 25.00 | 0.00 |
| [Neutre] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Poids : | | 0.4500 | 0.2000 | 0.3500 |

| Options | Global | Imp. coul. | Vit. imp. | Esthét. |
|----------------|--------|------------|-----------|---------|
| [toutes sup] | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Conan | 75.00 | 55.00 | 50.00 | 115.00 |
| PH | 62.50 | 100.00 | -35.00 | 70.00 |
| Nomark | 54.75 | 55.00 | 80.00 | 40.00 |
| Sister | 39.50 | 100.00 | 25.00 | -30.00 |
| Espon | 5.00 | 0.00 | 25.00 | 0.00 |
| [Neutre] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Poids : | | 0.4500 | 0.2000 | 0.3500 |

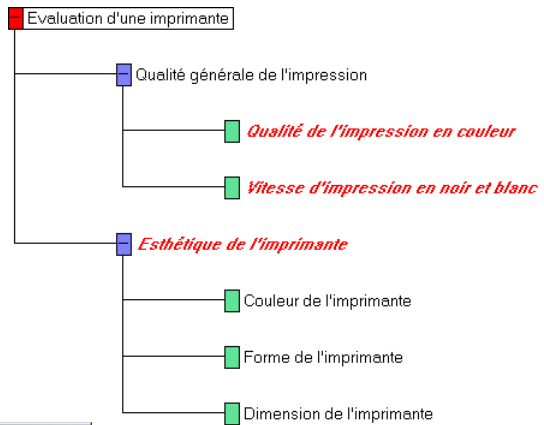


8. Prise en compte des aspects financiers





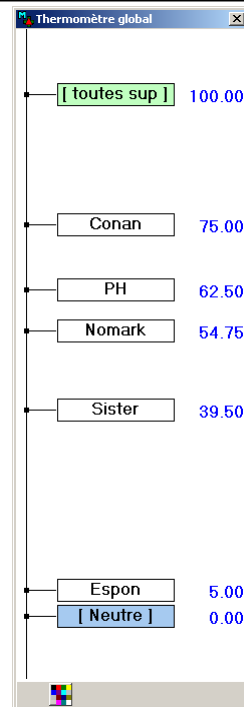
Exemple de l'imprimante (suite)



| - + | Nom | Abrégé |
|-----|-----------------|--------|
| 1 | PH 96-03 | PH |
| 2 | Espon Planet-2 | Espon |
| 3 | Sister 80-60-80 | Sister |
| 4 | Nomark XPTO | Nomark |
| 5 | Conan F-Colour | Conan |

Ajouter Supprimer Propriétés Profils

| Options | Global | Imp. coul. | Vit. imp. | Esthét. |
|----------------|--------|------------|-----------|---------|
| [toutes sup] | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Conan | 75.00 | 55.00 | 50.00 | 115.00 |
| PH | 62.50 | 100.00 | -35.00 | 70.00 |
| Nomark | 54.75 | 55.00 | 80.00 | 40.00 |
| Sister | 39.50 | 100.00 | 25.00 | -30.00 |
| Espon | 5.00 | 0.00 | 25.00 | 0.00 |
| [Neutre] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Poids : | | 0.4500 | 0.2000 | 0.3500 |

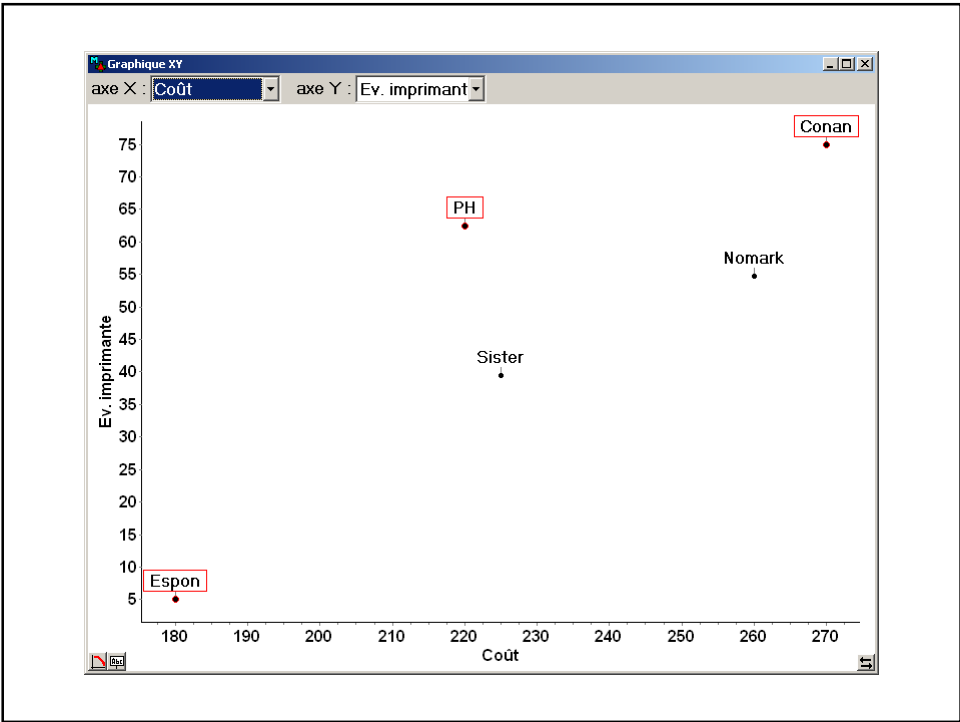
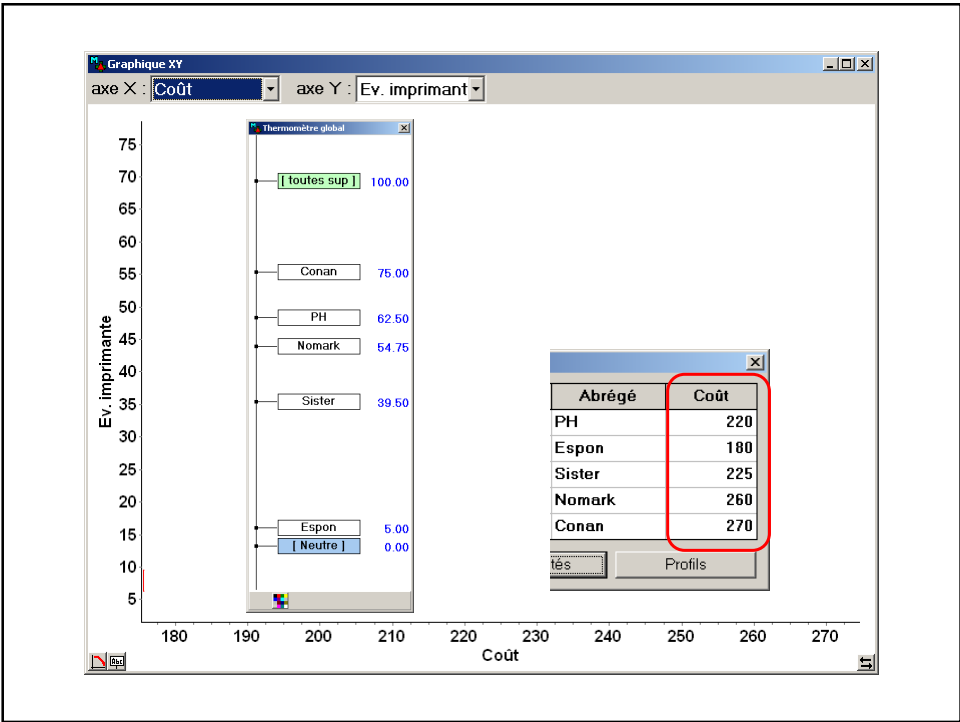


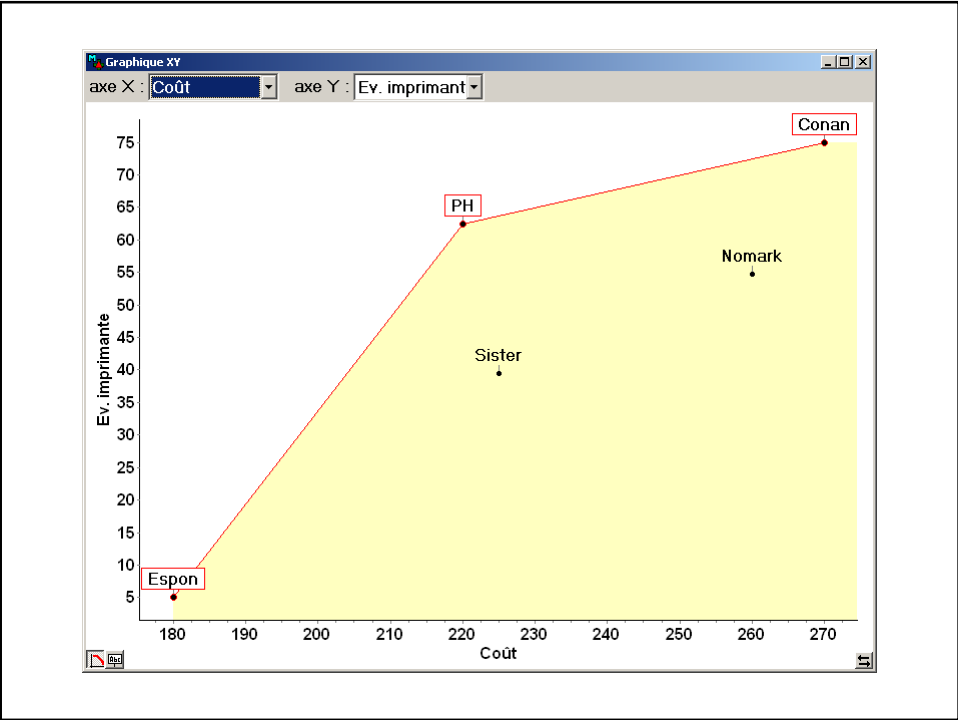
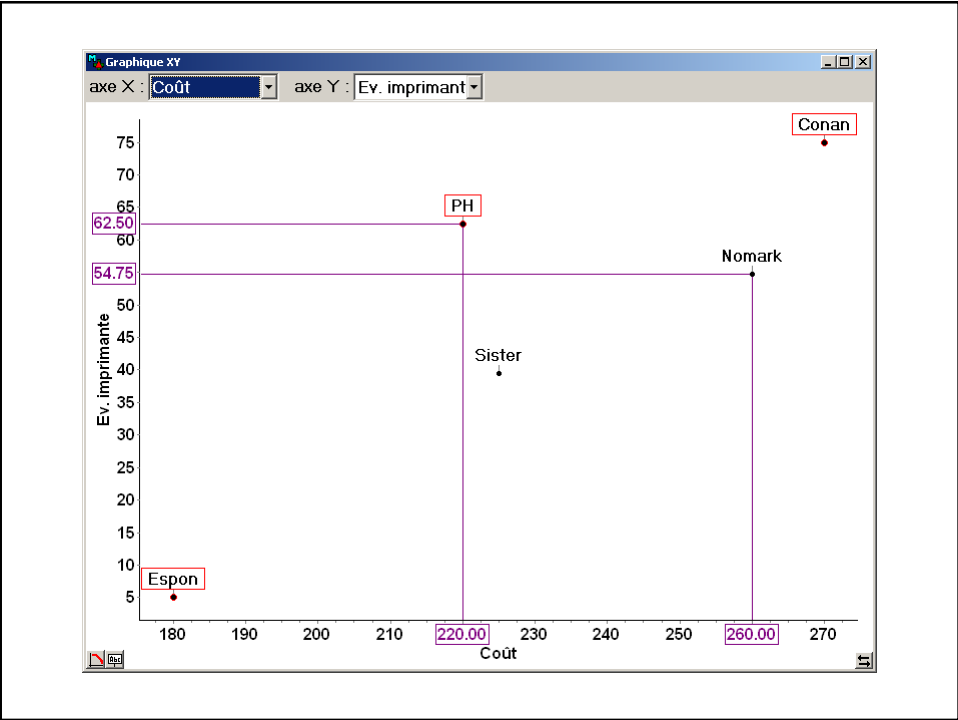
| - | + | Nom | Abrégé |
|---|---|-----------------|--------|
| 1 | | PH 96-03 | PH |
| 2 | | Espon Planet-2 | Espon |
| 3 | | Sister 80-60-80 | Sister |
| 4 | | Nomark XPTO | Nomark |
| 5 | | Conan F-Colour | Conan |

Ajouter Supprimer Propriétés Profils

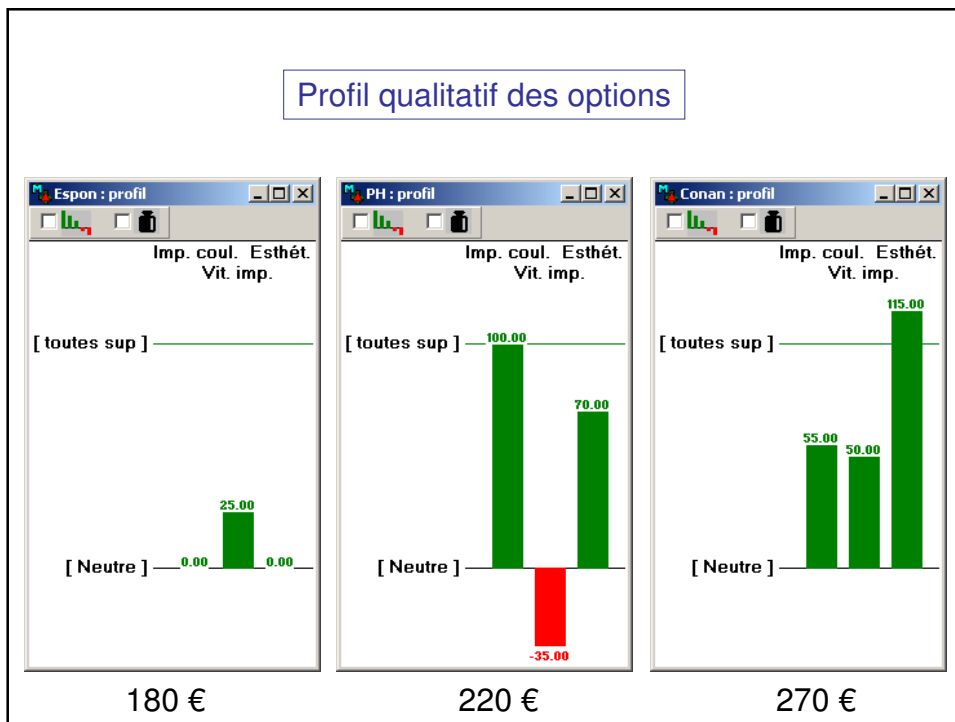
| - | + | Nom | Abrégé | Coût |
|---|---|-----------------|--------|------|
| 1 | | PH 96-03 | PH | 220 |
| 2 | | Espon Planet-2 | Espon | 180 |
| 3 | | Sister 80-60-80 | Sister | 225 |
| 4 | | Nomark XPTO | Nomark | 260 |
| 5 | | Conan F-Colour | Conan | 270 |

Ajouter Supprimer Propriétés Profils

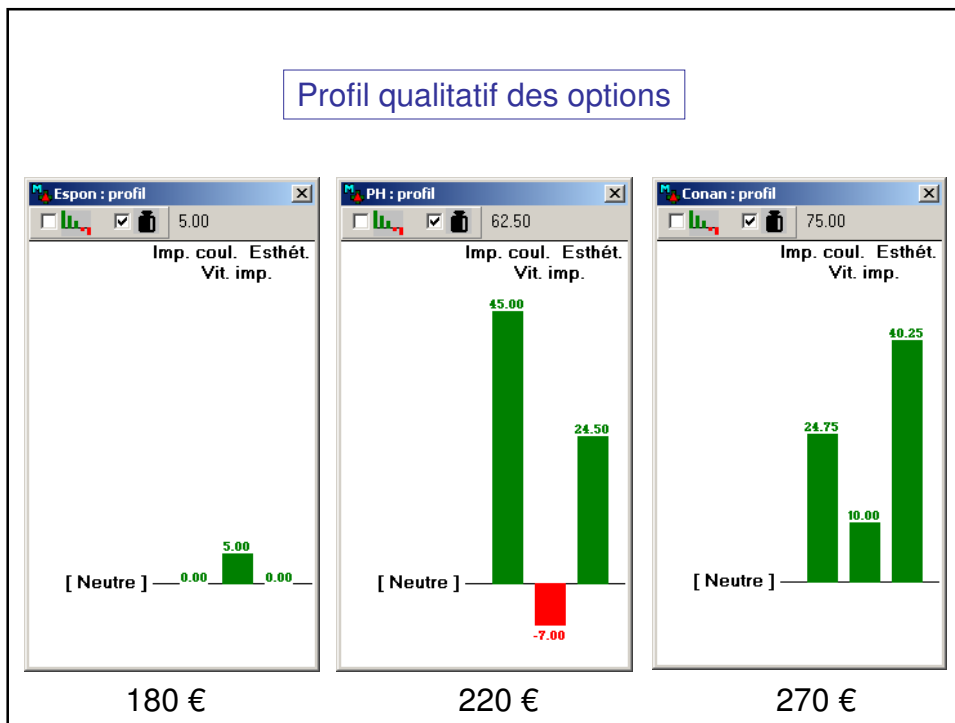


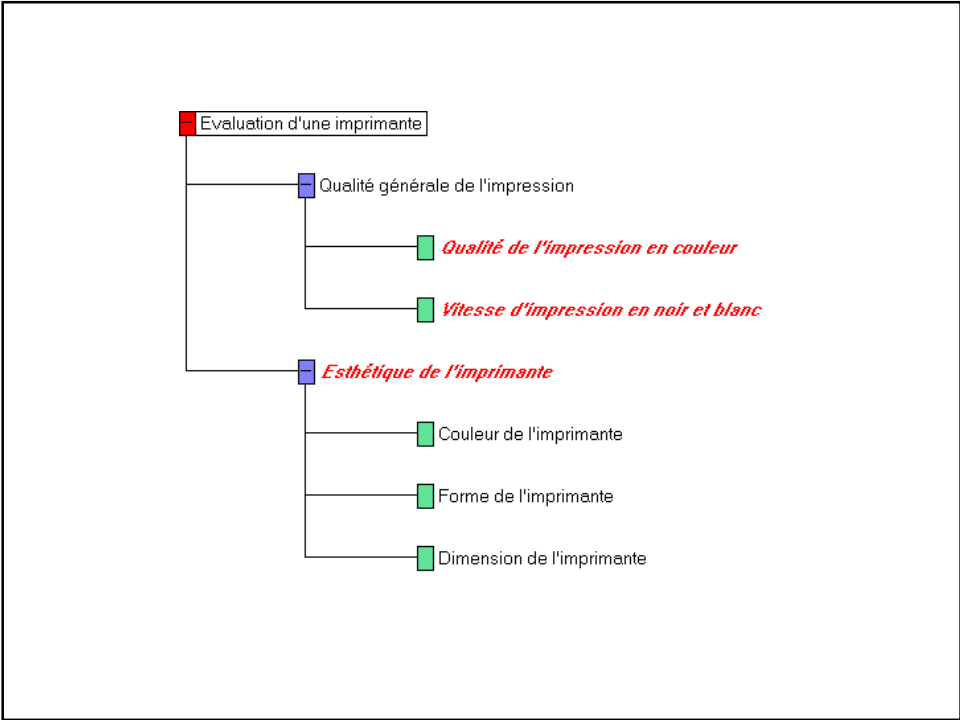
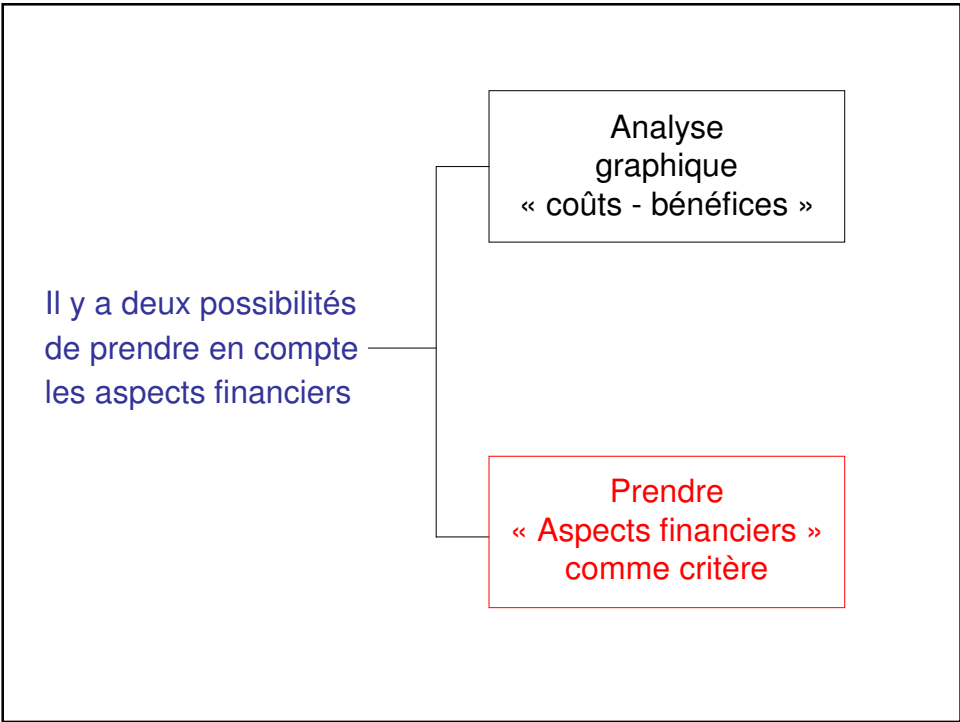


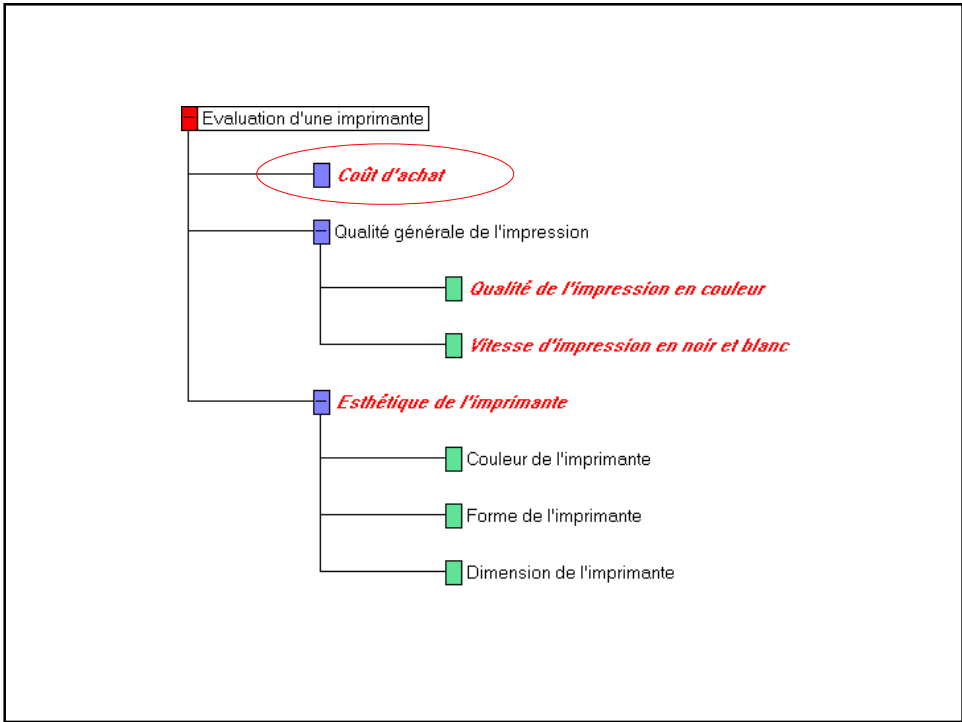
Profil qualitatif des options



Profil qualitatif des options







Propriétés de Coût d'achat

Nom : Coût d'achat Nom abrégé : Coût

Commentaires :

Base de comparaison :

- les options
- les options + 2 références
- niveaux qualitatifs de performance :
- niveaux quantitatifs de performance :

critère

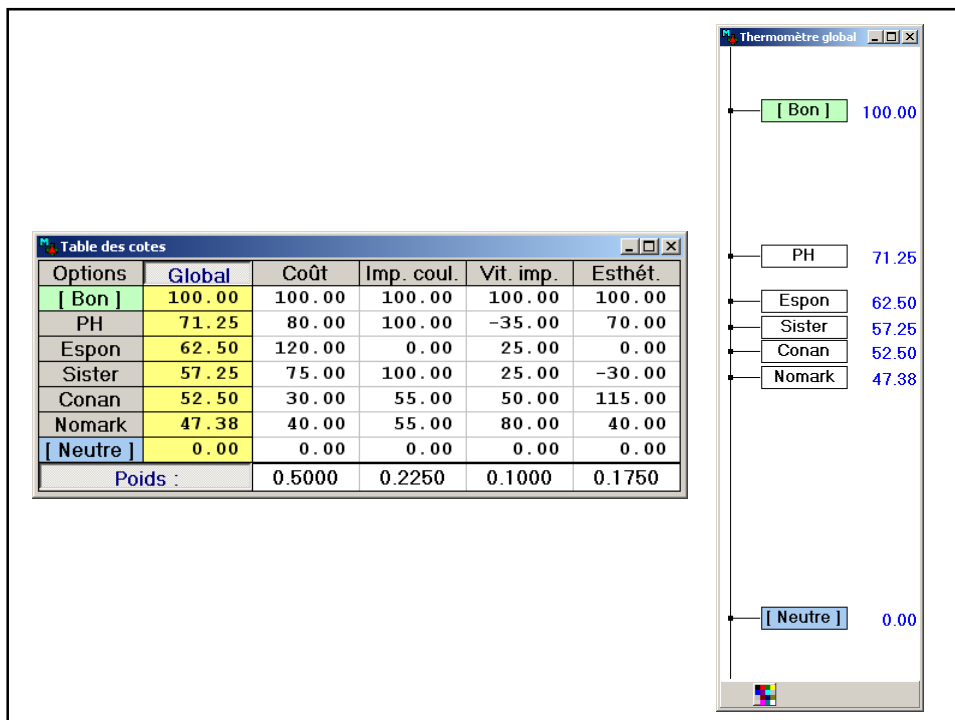
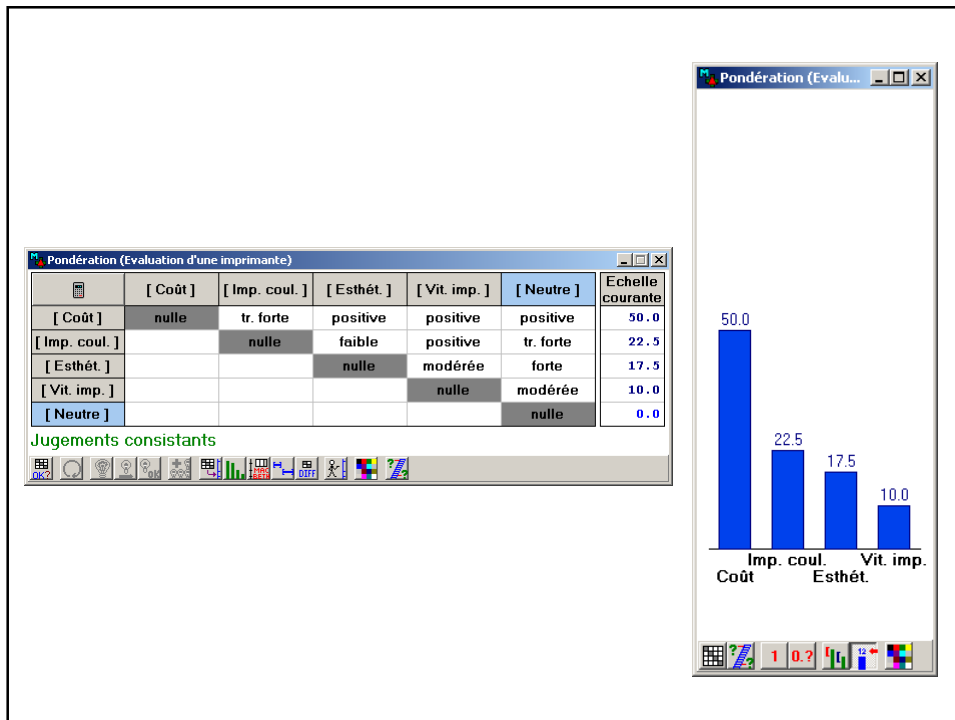
Niveaux de performance :

| - | + | Niveau quantitatif | Abrégé |
|---|---|--------------------|--------|
| 1 | | 200 | bon |
| 2 | | 300 | neutre |

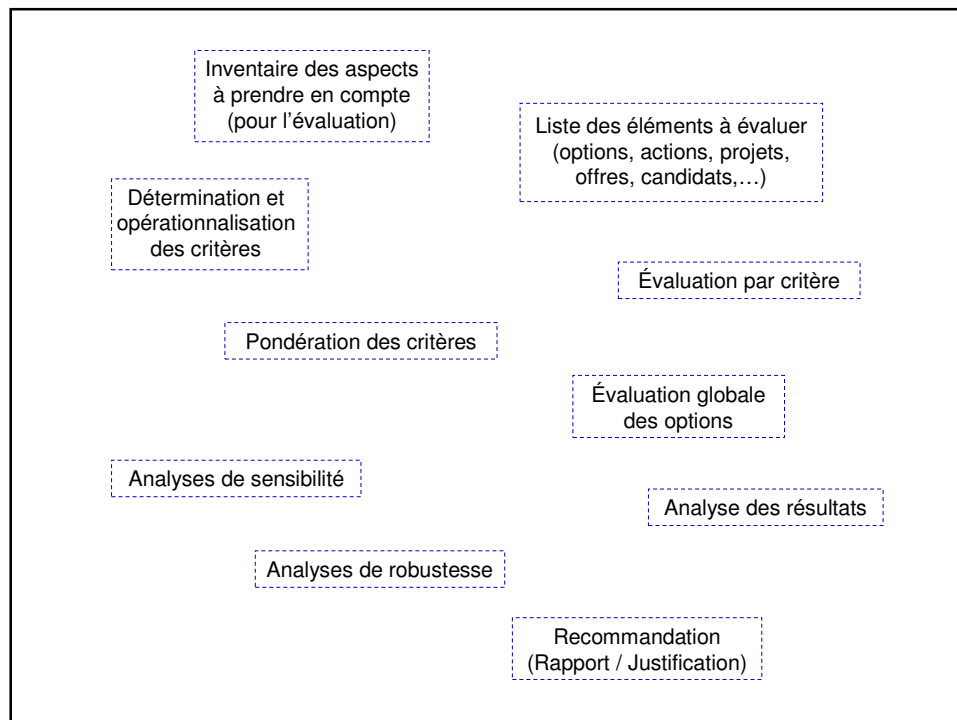
Indicateur : Coût d'achat
Abrégé : Coût Unité : €

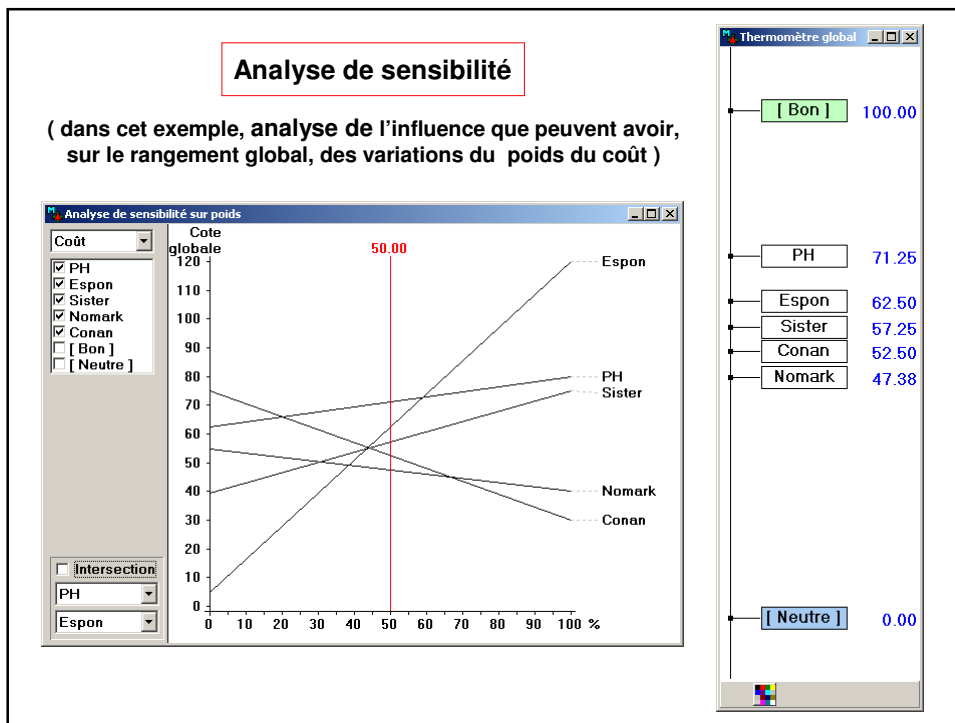
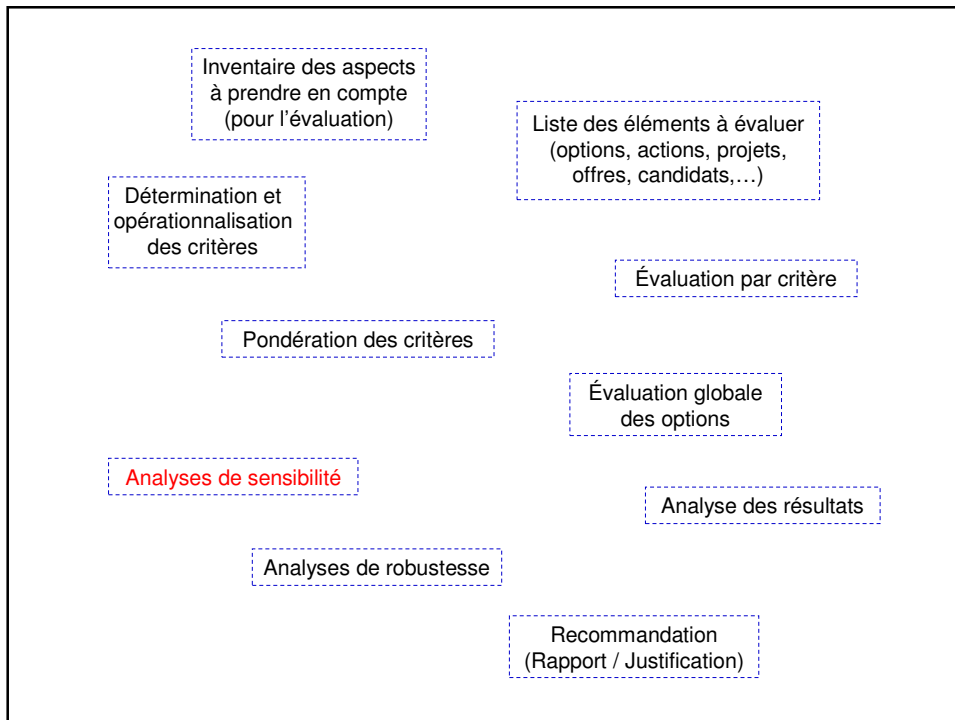
Table de performances

| Options | Coût | Imp. coul. | Vit. imp. |
|---------|------|------------|-----------|
| PH | 220 | Bon | 6.5 |
| Espon | 180 | Neutre | 7.5 |
| Sister | 225 | Bon | 7.5 |
| Nomark | 260 | Plaisant | 9 |
| Conan | 270 | Plaisant | 8 |



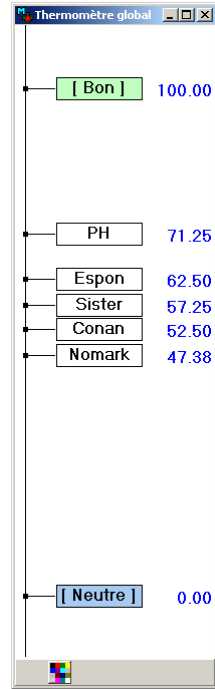
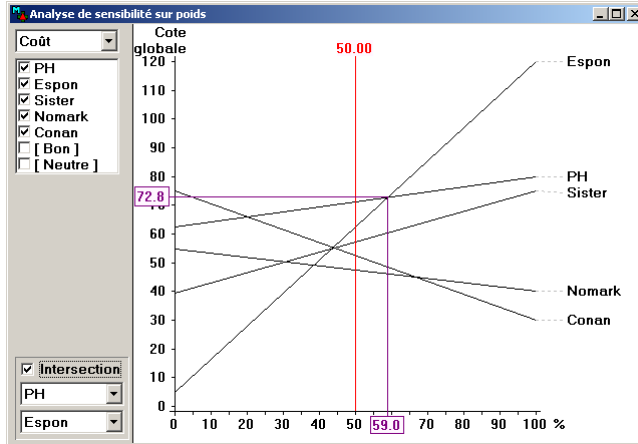
9. Analyse de sensibilité



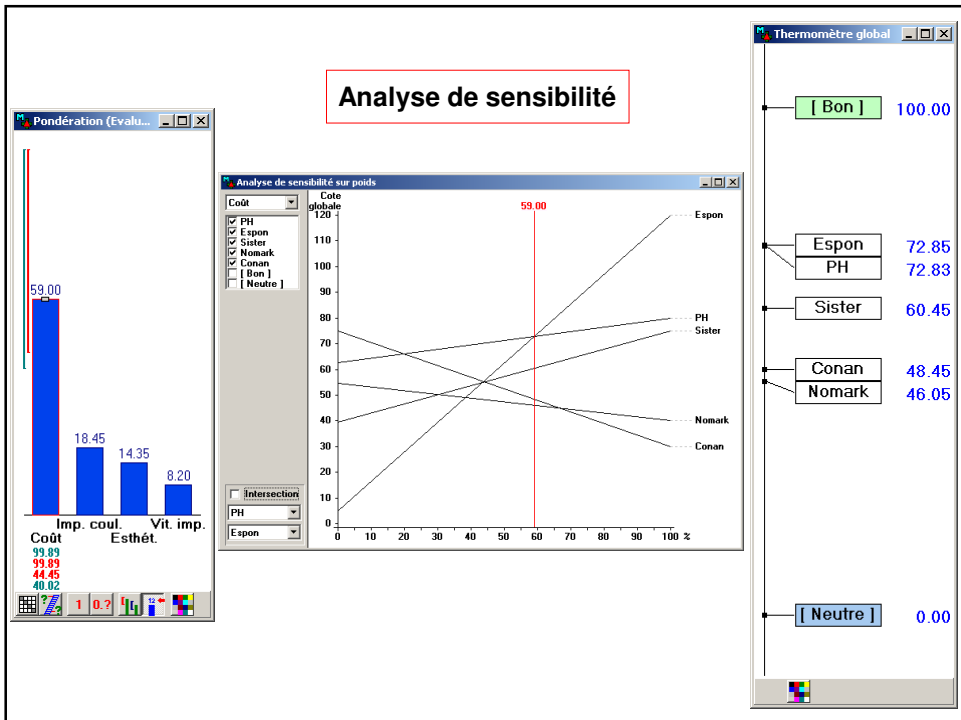


Analyse de sensibilité

(dans cet exemple, analyse de l'influence que peuvent avoir, sur le rangement global, des variations du poids du coût)

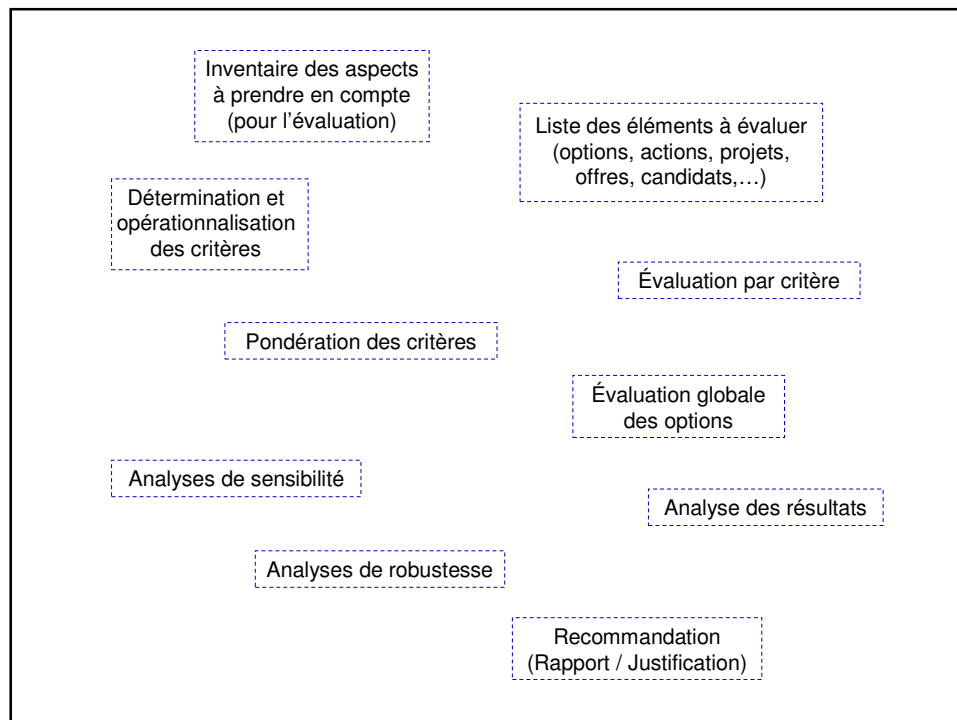


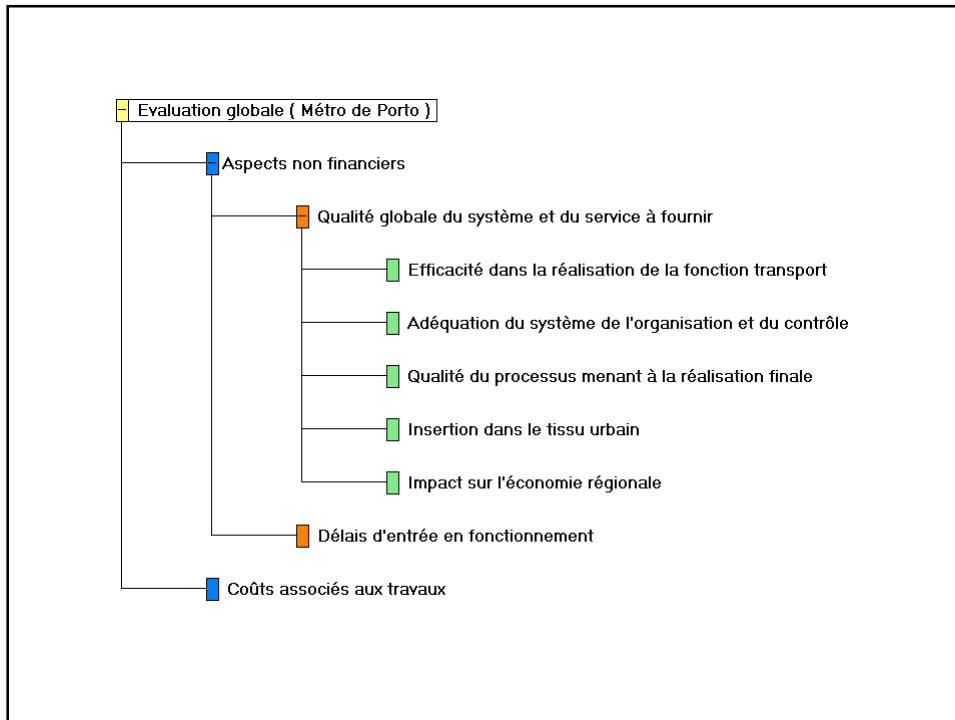
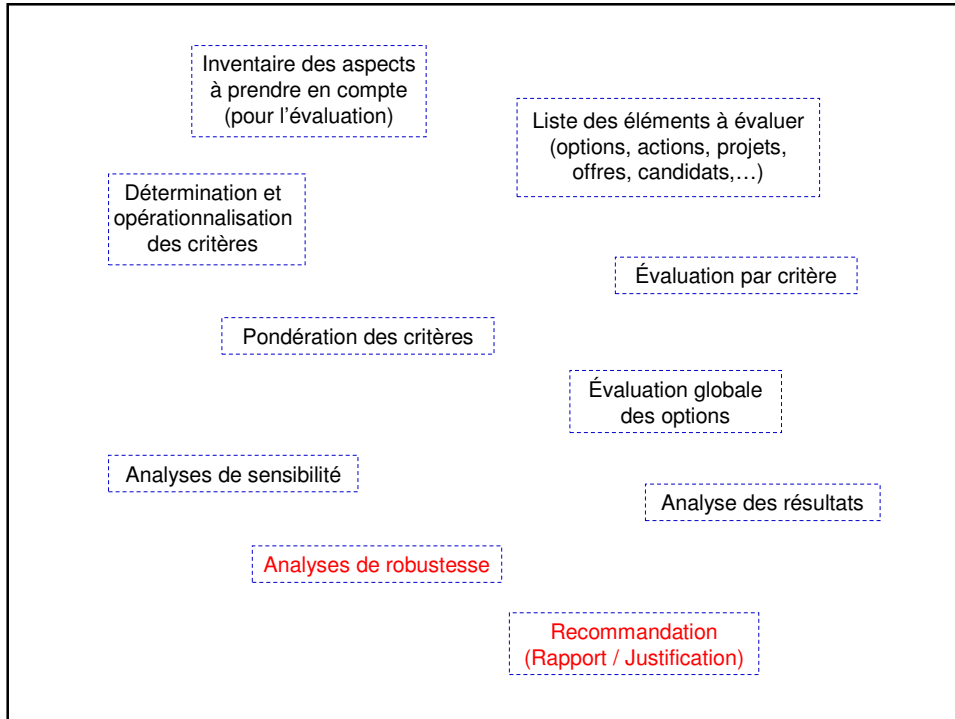
Analyse de sensibilité

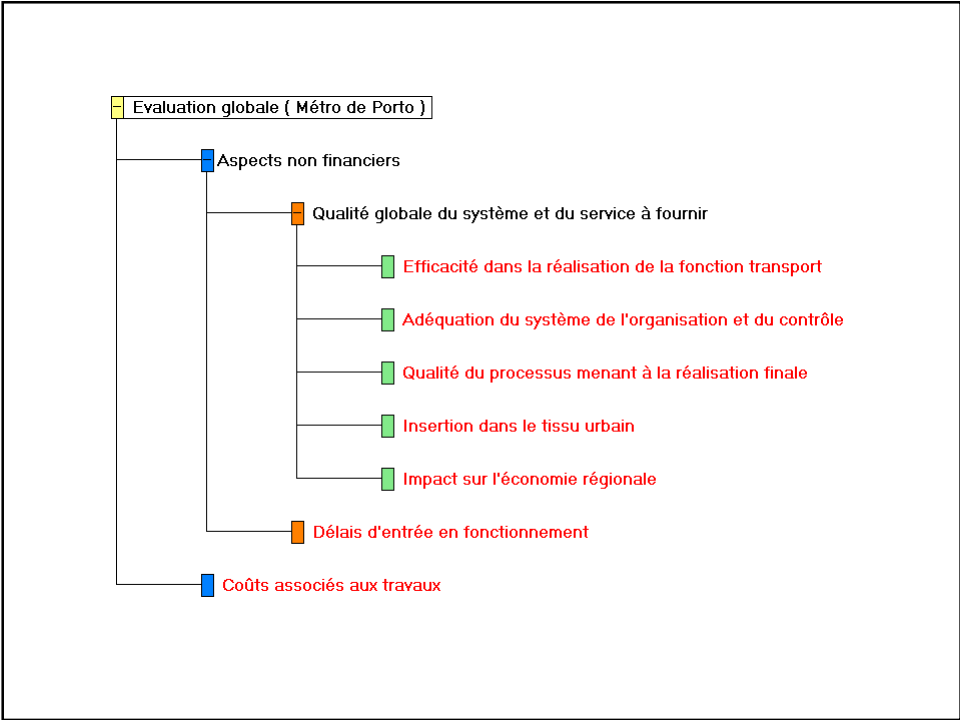


10. Exemple d'application

Analyse de robustesse et recommandation





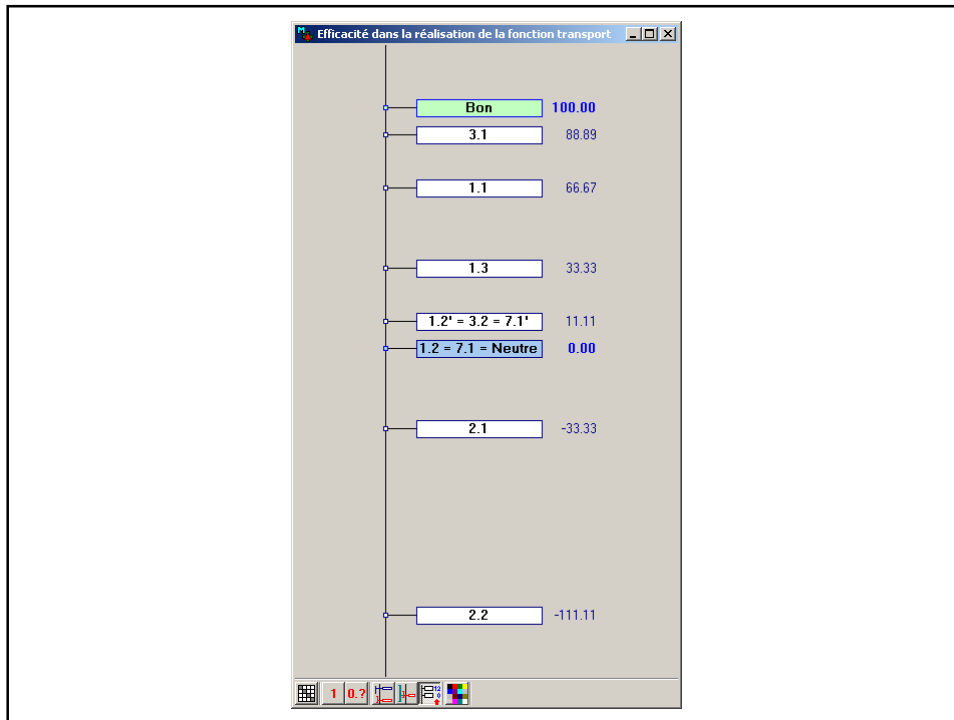


| - + | Nom | Abrégé |
|-----|--------------------------|--------|
| 1 | Première proposition G1 | 1.1 |
| 2 | Deuxième proposition G1 | 1.2 |
| 3 | Troisième proposition G1 | 1.2' |
| 4 | Quatrième proposition G1 | 1.3 |
| 5 | Première proposition G2 | 2.1 |
| 6 | Deuxième proposition G2 | 2.2 |
| 7 | Première proposition G3 | 3.1 |
| 8 | Deuxième proposition G3 | 3.2 |
| 9 | Première proposition G7 | 7.1 |
| 10 | Deuxième proposition G7 | 7.1' |

Efficacité dans la réalisation de la fonction transport

| | Bon | 3.1 | 1.1 | 1.3 | 1.2' | 3.2 | 7.1' | Neutre | 1.2 | 7.1 | 2.1 | 2.2 | Echelle courante |
|--------|-------|------------|--------|---------|---------|---------|---------|------------|------------|------------|-----------|-----------|------------------|
| Bon | nulle | tr. faible | faible | modérée | forte | forte | forte | forte | forte | forte | tr. forte | extrême | 100.00 |
| 3.1 | | nulle | faible | modérée | forte | forte | forte | forte | forte | forte | tr. forte | extrême | 88.89 |
| 1.1 | | | nulle | faible | modérée | modérée | modérée | modérée | modérée | modérée | forte | tr. forte | 66.67 |
| 1.3 | | | | nulle | faible | faible | faible | faible | faible | faible | modérée | tr. forte | 33.33 |
| 1.2' | | | | | nulle | nulle | nulle | tr. faible | tr. faible | tr. faible | modérée | tr. forte | 11.11 |
| 3.2 | | | | | | nulle | nulle | tr. faible | tr. faible | tr. faible | modérée | tr. forte | 11.11 |
| 7.1' | | | | | | | nulle | tr. faible | tr. faible | tr. faible | modérée | tr. forte | 11.11 |
| Neutre | | | | | | | | nulle | nulle | nulle | faible | forte | 0.00 |
| 1.2 | | | | | | | | nulle | nulle | nulle | faible | forte | 0.00 |
| 7.1 | | | | | | | | nulle | nulle | nulle | faible | forte | 0.00 |
| 2.1 | | | | | | | | | | | nulle | forte | -33.33 |
| 2.2 | | | | | | | | | | | | nulle | -111.11 |

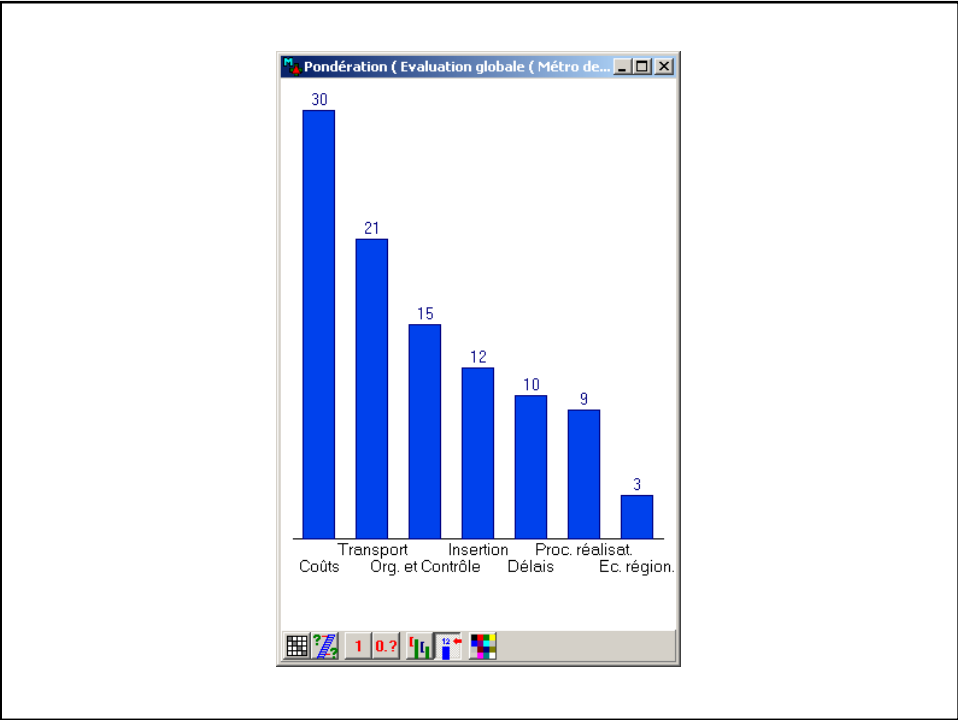
Jugements consistants



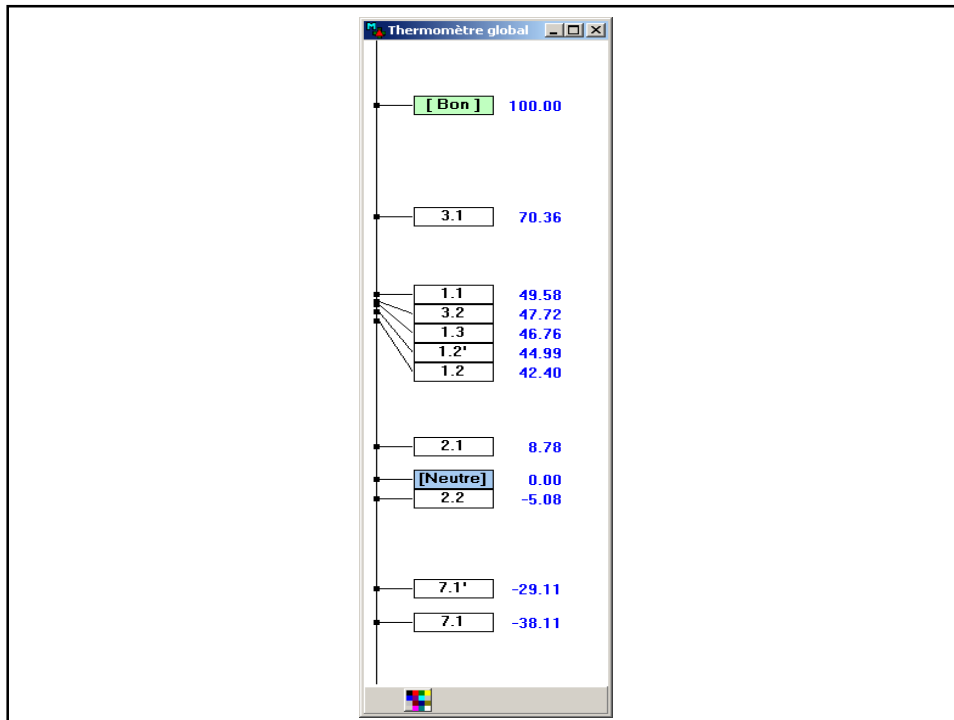
Pondération (Evaluation globale (Métro de Porto))

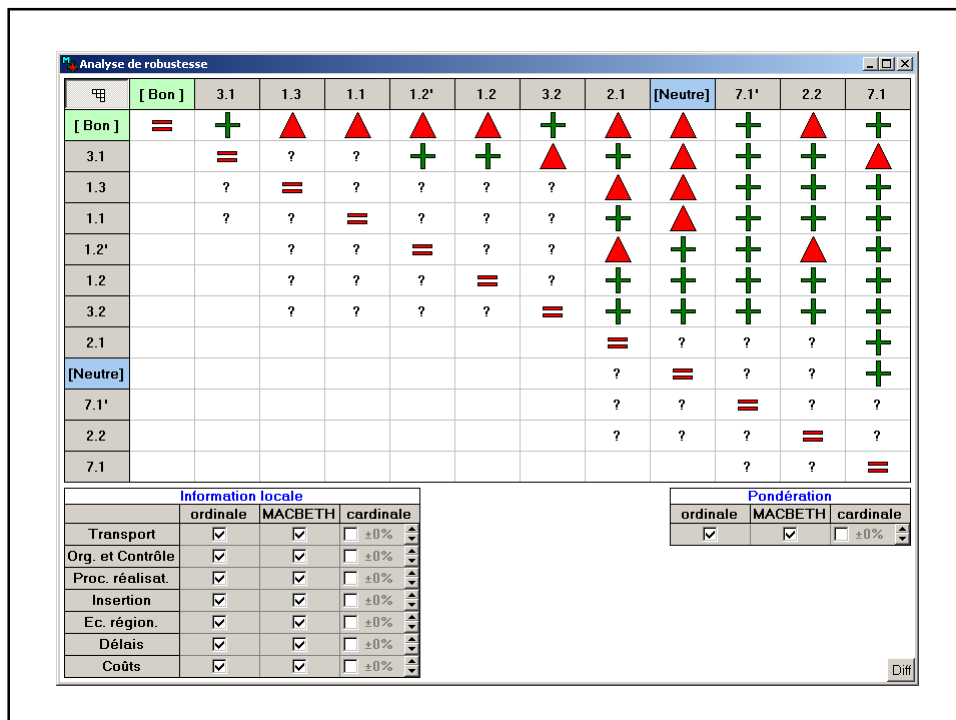
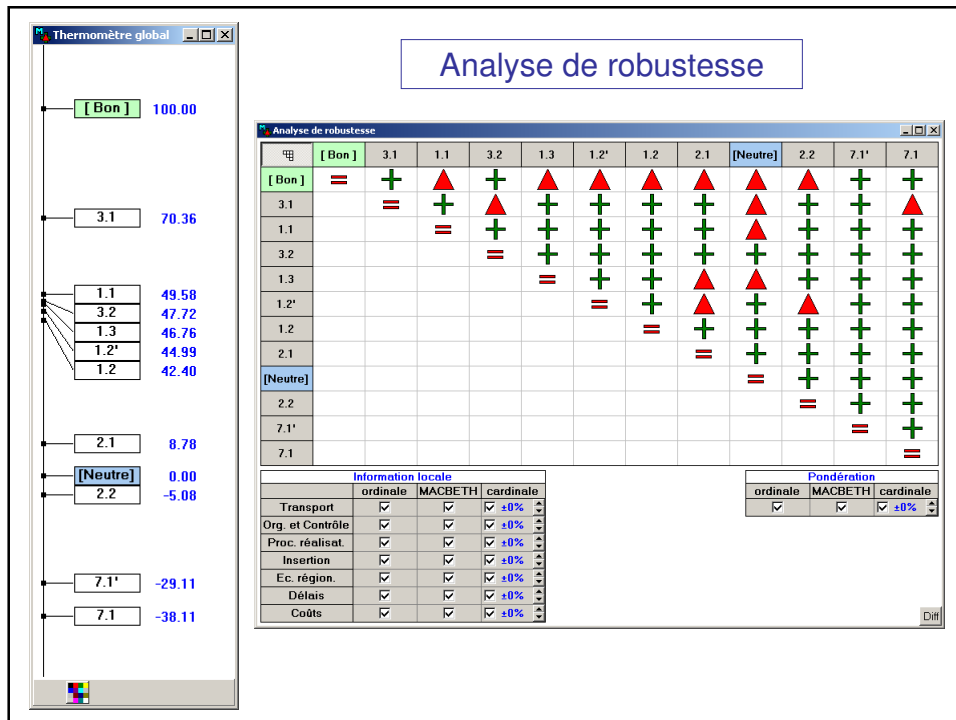
| | [Coûts] | [Transport] | [Org. et Contrôle] | [Insertion] | [Délais] | [Proc. réalisat.] | [Ec. région.] | [Neutre] | Echelle courante |
|--------------------|---------|-------------|--------------------|-------------|------------|-------------------|---------------|-----------|------------------|
| [Coûts] | nulle | forte | tr. forte | tr. forte | tr. forte | extrême | extrême | extrême | 30.00 |
| [Transport] | | nulle | modérée | forte | forte | forte | tr. forte | extrême | 21.00 |
| [Org. et Contrôle] | | | nulle | faible | modérée | modérée | forte | tr. forte | 15.00 |
| [Insertion] | | | | nulle | tr. faible | faible | forte | forte | 12.00 |
| [Délais] | | | | | nulle | tr. faible | modérée | forte | 10.00 |
| [Proc. réalisat.] | | | | | | nulle | modérée | forte | 9.00 |
| [Ec. région.] | | | | | | | nulle | faible | 3.00 |
| [Neutre] | | | | | | | | nulle | 0.00 |

Jugements consistants



| Options | Globel | Transport | Org. et Contrôle | Proc. réalisat. | Insertion | Ec. région. | Délais | Coûts |
|----------|--------|-----------|------------------|-----------------|-----------|-------------|--------|---------|
| [Bon] | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 3.1 | 70.36 | 88.89 | 15.38 | 100.00 | 118.18 | 140.00 | 70.00 | 50.00 |
| 1.1 | 49.58 | 66.67 | 84.62 | 72.73 | 63.64 | 90.00 | 60.00 | 0.00 |
| 3.2 | 47.72 | 11.11 | 15.38 | 100.00 | 118.18 | -70.00 | 70.00 | 50.00 |
| 1.3 | 46.76 | 33.33 | 84.62 | 63.64 | 63.64 | 90.00 | 60.00 | 16.67 |
| 1.2' | 44.99 | 11.11 | 69.23 | -18.18 | 90.91 | 100.00 | 100.00 | 33.33 |
| 1.2 | 42.40 | 0.00 | 26.92 | -18.18 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 50.00 |
| 2.1 | 8.78 | -33.33 | 53.85 | -27.27 | 45.45 | -10.00 | 0.00 | 16.67 |
| [Neutre] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.2 | -5.08 | -111.11 | 38.46 | -36.36 | 45.45 | 10.00 | 0.00 | 33.33 |
| 7.1' | -29.11 | 11.11 | 69.23 | 9.09 | -54.55 | 130.00 | 0.00 | -133.33 |
| 7.1 | -38.11 | 0.00 | -23.08 | 9.09 | -36.36 | 130.00 | 0.00 | -116.67 |
| Poids : | | 0.2100 | 0.1500 | 0.0900 | 0.1200 | 0.0300 | 0.1000 | 0.3000 |





| Table des cotes | | | | | | | | |
|-----------------|--------|-----------|------------------|-----------------|-----------|-------------|--------|---------|
| Options | Global | Transport | Org. et Contrôle | Proc. réalisat. | Insertion | Ec. région. | Délais | Coûts |
| [Bon] | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 3.1 | 70.36 | 88.89 | 15.38 | 100.00 | 118.18 | 140.00 | 70.00 | 50.00 |
| 1.1 | 49.58 | 66.67 | 84.62 | 72.73 | 63.64 | 90.00 | 60.00 | 0.00 |
| 3.2 | 47.72 | 11.11 | 15.38 | 100.00 | 118.18 | -70.00 | 70.00 | 50.00 |
| 1.3 | 46.76 | 33.33 | 84.62 | 63.64 | 63.64 | 90.00 | 60.00 | 16.67 |
| 1.2' | 44.99 | 11.11 | 69.23 | -18.18 | 90.91 | 100.00 | 100.00 | 33.33 |
| 1.2 | 42.40 | 0.00 | 26.92 | -18.18 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 50.00 |
| 2.1 | 8.78 | -33.33 | 53.85 | -27.27 | 45.45 | -10.00 | 0.00 | 16.67 |
| [Neutre] | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2.2 | -5.08 | -111.11 | 38.46 | -36.36 | 45.45 | 10.00 | 0.00 | 33.33 |
| 7.1' | -29.11 | 11.11 | 69.23 | 9.09 | -54.55 | 130.00 | 0.00 | -133.33 |
| 7.1 | -38.11 | 0.00 | -23.08 | 9.09 | -36.36 | 130.00 | 0.00 | -116.67 |
| Poids : | | 0.2100 | 0.1500 | 0.0900 | 0.1200 | 0.0300 | 0.1000 | 0.3000 |

