



HAL
open science

Formalisation possibiliste du dilemme volonté /capacité à faire

Pierre Couturier, Abdelhak Imoussaten, Jacky Montmain

► **To cite this version:**

Pierre Couturier, Abdelhak Imoussaten, Jacky Montmain. Formalisation possibiliste du dilemme volonté /capacité à faire. LFA 2019 - 28ème Rencontres Francophones sur la Logique Floue et ses Applications, Nov 2019, Alès, France. hal-02294273

HAL Id: hal-02294273

<https://hal.science/hal-02294273>

Submitted on 23 Sep 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Formalisation possibiliste du dilemme volonté /capacité à faire

Possibilistic formalization of the dilemma desire/ability to do

P. Couturier

A. Imoussaten

J. Montmain

LGI2P, IMT Mines Ales, Univ Montpellier

6 Avenue de Clavières, 30319 Alès Cedex France. Firstname.Name@mines-ales.fr

Résumé :

S'il y a bien une prise de conscience de la coexistence des deux référentiels *Volonté de faire* et *Capacité à faire*, peu de travaux s'intéressent à la satisfaction des performances dans un espace multicritère tout en intégrant dans le modèle de décision des estimations de faisabilité. Aussi proposons nous des méthodes outillées pour aider le décideur à réaliser un compromis entre volonté à faire et capacité à faire dans un contexte d'incertitude tel que celui de la conception préliminaire. A cet effet, des modèles possibilistes des performances attendues et aussi de la capacité à les atteindre sont définis. A l'instar de l'estimation de la satisfaction des performances agrégées de plusieurs critères, la difficulté de réalisation de celles-ci est aussi calculée par une l'intégrale de Choquet. Ainsi il doit être possible de satisfaire au mieux les clients en cohérence avec les ressources d'ingénierie mobilisables.

Mots-clés :

Conception de systèmes complexes, évaluations imprécises, décision multicritère, théorie des possibilités, intégrale de Choquet.

Abstract:

If there is an awareness of the coexistence of the two stakes *Will or desire to do* and *Capacity to do*, few works address the problem of performance satisfaction in a multi-criteria space while integrating into the decision model feasibility considerations. Hereafter, we propose methods that can help the decision makers to find a compromise between willingness to do and ability to do in the uncertainty context, for instance, of the preliminary design stage. For this purpose, possibilistic models of the expected performance and also of the ability are defined. The difficulty of realization is calculated in a same way as the estimation of the satisfaction of performance using Choquet integral. Thus it may be possible to satisfy the customers while considering the available engineering resources.

Keywords:

Design of complex system, imprecise assessment, multiple-criteria decision analysis, possibility theory, Choquet integral.

1 Introduction

Les décisions prises dans les premières phases de conception ou d'amélioration d'un produit technique innovant engagent de l'ordre de quatre-vingt pour cent des frais de développement futurs de ce produit [1]. Ces décisions doivent être prises alors que les besoins ne sont pas tous connus et que les performances que pourra atteindre le futur produit relèvent encore d'hypothèses voire de spéculations. Il faut, de plus, tenir compte des limitations et de l'incertitude des moyens et ressources mobilisables. Dans ce contexte, aider les décideurs à choisir entre alternatives de conception s'avère être un enjeu crucial.

1.1 Dilemme volonté/capacité à faire

La problématique de l'aide à la décision pendant les premières phases de conception soulève quelques questions :

- Comment estimer la performance alors que celle-ci repose sur des critères d'appréciation divers et parfois même antagonistes et que sa nature multidimensionnelle la rend subjective ?
- Comment modéliser, analyser et exploiter la connaissance disponible qui est de nature imparfaite (incertaine ou imprécise) et qui complexifie la prévision des conséquences des décisions ?

- Comment tenir compte des interactions opérationnelles (par exemple entre exigences de robustesse et de flexibilité), physiques (par exemple entre exigences de grande vitesse et de faible consommation), ou préférentielles (par exemple souhait d'un véhicule spacieux, économique et sûr) ?
- Comment satisfaire au mieux les clients tout en tenant compte des réalités opérationnelles des équipes de conception et donc de leur capacité effective à atteindre les objectifs ?

Alors que l'analyse de la faisabilité économique statue si, oui ou non (décision de 'go' ou 'no go'), les objectifs du projet peuvent être atteints dans le temps imparti compte tenu des coûts à engager, l'analyse de faisabilité technique est moins bien définie. Elle tend à prouver qu'une solution peut être développée compte tenu de la technologie disponible, et des ressources nécessaires [2]. Dans [3], les auteurs distinguent plusieurs acceptions de l'analyse de faisabilité technique : l'analyse des conséquences acceptables ou inacceptables d'alternatives, l'évaluation de la viabilité d'une solution dans des conditions limites, la sélection parmi des idées créatives de solutions satisfaisant les conditions opérationnelles.

Peu de travaux s'intéressent simultanément à la satisfaction des performances dans un espace multicritère tout en intégrant dans le modèle de décision des considérations de faisabilité. Dans [4], une approche multicritère permet d'identifier la coalition de critères à améliorer en priorité en utilisant un indice de 'plus-value' défini initialement dans [5], puis de déterminer le sous-ensemble d'actions le plus efficace pour mener ces améliorations. Ces deux procédures d'identification étant traitées séquentiellement et itérativement, peuvent conduire à des cas de divergence. Les travaux décrits dans [6,7] s'intéressent à la dualité volonté/faisabilité en définissant, à l'instar d'une fonction d'utilité, une fonction de faisabilité et cherchent à maximiser l'utilité d'une alternative sous contrainte de faisabilité. Cependant ces travaux ne modélisent ni

l'incertitude, ni l'imprécision et ne traitent pas des dépendances entre critères.

1.2 Proposition de traitement du dilemme volonté/capacité à agir

Nous proposons de répondre à la problématique de recherche de compromis entre volonté et capacité à faire en conception préliminaire en :

- Formalisant le caractère incertain et imprécis des connaissances disponibles par des distributions de possibilité décrivant d'une part la vraisemblance des valeurs de performances marginales par critère et d'autre part celle des difficultés à atteindre ces performances.
- Modélisant les interactions (sur chacun des aspects volonté et difficulté à faire) par des mesures floues.
- Agrégeant par l'intégrale de Choquet les distributions de possibilité sur les critères selon ces mesures floues. La satisfaction globale du client (au sens classique de l'utilité à maximiser) et la satisfaction du concepteur (au sens de la difficulté à minimiser) sont donc ainsi représentées sous forme de distributions de possibilité.

Pour comparer différentes alternatives, des indicateurs de position et de dispersion d'une distribution sont utilisés. Les alternatives de conception à retenir peuvent être choisies parmi celles qui ne sont pas dominées au sens de Pareto, en minimisant la difficulté et en maximisant la satisfaction.

1.3 Plan de l'article

La section 2 formalise notre proposition en mettant en évidence le traitement parallèle de l'utilité d'une alternative et de sa difficulté à réaliser. La section 3 illustre notre proposition à travers un exemple emprunté à la robotique mobile. Une conclusion et une ouverture sur des perspectives terminent cet article.

2 Formalisation possibiliste du dilemme volonté/capacité à faire

2.1 Modélisation possibiliste

Soit Ω un ensemble de référence et soit z la valeur inconnue d'une variable Z sur Ω . Une distribution de possibilité π_z sur Ω associe à chaque élément ω de Ω , un degré de possibilité $\pi_z(\omega) \in [0,1]$ pour que z prenne la valeur ω . π_z représente ce que sait un agent sur z . Elle reflète les valeurs qui sont plus au moins plausibles pour z :

$\pi_z(\omega) = 0$ signifie que $z = \omega$ est une situation impossible ;

$\pi_z(\omega) = 1$ signifie que $z = \omega$ est une situation totalement possible ;

$\pi_z(\omega) > 0$ signifie que $z = \omega$ est possible à un certain degré ;

$[b, c] = \{\omega : \pi_z(\omega) = 1\}$ est le noyau de π_z ;

$]a, d[= \{\omega : \pi_z(\omega) > 0\}$ est le support de π_z .

Un cas particulier d'une distribution de possibilité est la distribution trapézoïdale (voir Figure 1).

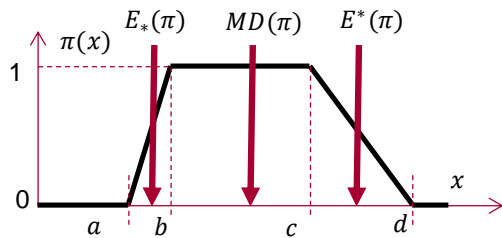


Figure 1 – Exemple d'une distribution trapézoïdale.

Par analogie avec l'espérance mathématique en théorie des probabilités, l'espérance mathématique associée à une distribution de possibilité a été proposée dans [8].

Étant donnée une distribution de possibilité π sur $\Omega \subseteq \mathbb{R}$, deux fonctions de répartition peuvent lui être associées : les fonctions de répartition supérieure F^* et inférieure F_* telles que :

$$F^*(a) = \sup\{\pi(\omega), \omega \leq a\}$$

$$F_*(a) = \inf\{1 - \pi(\omega), \omega > a\}$$

L'espérance mathématique associée à π est alors imprécise et elle est définie par :

$$E(\pi) = [E_*(\pi), E^*(\pi)]$$

$$\text{où } E_*(\pi) = \int_{-\infty}^{+\infty} x d F_*(x) ;$$

$$\text{et } E^*(\pi) = \int_{-\infty}^{+\infty} x d F^*(x).$$

Par analogie avec les distributions de probabilités auxquelles sont associés des moments statistiques dont les plus connus sont la moyenne et la variance, les auteurs dans [9], proposent de résumer les distributions de possibilités par deux indicateurs : l'indicateur de position et l'indicateur d'imprécision moyenne.

L'indicateur de position d'une distribution de possibilité π , noté $MD(\pi)$, est défini comme le milieu de l'intervalle représentant l'espérance mathématique de π :

$$MD(\pi) = \frac{1}{2} \cdot (E_*(\pi) + E^*(\pi))$$

L'indicateur d'imprécision moyenne d'une distribution de possibilité π , noté $\Delta(\pi)$, quantifie la dispersion des évaluations :

$$\Delta(\pi) = E^*(\pi) - E_*(\pi)$$

Sur la Figure 1 sont reportées les bornes de l'intervalle $E(\pi)$ ainsi que l'indicateur de position.

2.2 Utilité multi-attribut

Soit un ensemble d'alternatives A . Supposons que les alternatives de A soient décrites par un ensemble de n attributs, soit $N = \{1, 2, \dots, n\}$. Chaque attribut prend ses valeurs dans un ensemble X_i . Ainsi, l'ensemble A peut être considéré comme un sous-ensemble de $X = \prod_{i \in N} X_i$.

L'idée principale de l'utilité multi-attribut est de représenter les préférences du décideur sur X par une fonction numérique $V : X \rightarrow [0, 1]$, appelée fonction de valeurs. Pour cela, nous supposons que la relation binaire \succsim sur $X \times X$, qui exprime les préférences du décideur, est

complète et aussi transitive. Dans ce cas, nous avons :

$$\forall x, y \in X, x \succcurlyeq y \Leftrightarrow V(x) \geq V(y)$$

Pour simplifier le problème, nous considérons que les conditions, i.e., l'indépendance préférentielle faible des attributs [10], sont réunies pour considérer que V s'écrit comme une composition de fonctions de valeurs marginales u_i définie sur chaque attribut $i \in N$.

Sous cette hypothèse, il convient alors de choisir un opérateur d'agrégation pour calculer la fonction de valeurs globale à partir des fonctions de valeurs marginales en tenant compte ici d'éventuelles dépendances préférentielles sur les attributs ce qui exclut une écriture d'une fonction de valeurs globale sous forme additive des fonctions de valeurs marginales. C'est pourquoi nous retenons l'intégrale floue de Choquet comme opérateur d'agrégation.

Comme les intégrales classiques sont basées sur des mesures, les intégrales floues sont basées sur des mesures floues.

Une mesure floue μ , encore appelée capacité ou mesure non-additive, sur l'ensemble N est une fonction d'ensemble $\mu: 2^N \rightarrow [0,1]$ telle que :

- $\mu(\emptyset) = 0; \mu(N) = 1$ (les contraintes aux extrémités) ;
- $\mu(A) \leq \mu(B)$ pour tout $A \subseteq B$ (la monotonie).

Dans le contexte de l'utilité multi-attribut, $\mu(A)$ représente l'importance, ou le « poids », de la coalition de critères $A \subseteq N$. La monotonie signifie que si on rajoute un critère à une coalition, le « poids » de cette dernière augmente.

Soit : $x = (x_1, \dots, x_n) \in \mathbb{R}^n$

L'intégrale de Choquet de x par rapport à une mesure floue μ est définie par :

$$C_\mu(x) = \sum_{i=1}^n (x_{\sigma(i)} - x_{\sigma(i-1)}) \mu(A_{\sigma(i)})$$

où σ est une permutation sur N

vérifiant : $x_{\sigma(0)} := 0 \leq x_{\sigma(1)} \leq \dots \leq x_{\sigma(n)}$, et

$$A_{\sigma(i)} = \{\sigma(i), \sigma(i+1), \dots, \sigma(n)\}$$

Considérons le cas où des fonctions de valeurs continues $u_i : X_i \rightarrow [0,1]$ sont calculées sur chaque attribut pour représenter les préférences du décideur. Alors $\exists \hat{x}_i \in X_i, u_i(\hat{x}_i) = 1$ signifie que pour $x_i = \hat{x}_i$ la satisfaction du client sur le critère i est totale de plus, il peut exister des résultats « meilleurs » que \hat{x}_i mais dont la valeur de satisfaction reste 1. De l'autre côté, $\exists \check{x}_i \in X_i, u_i(\check{x}_i) = 0$ signifie que pour $x_i = \check{x}_i$ le client n'est pas du tout satisfait de plus, il peut aussi exister des résultats « pires » que \check{x}_i mais dont la valeur de satisfaction reste à 0.

Nous proposons aussi de définir des fonctions de difficultés $d_i : X_i \rightarrow [0,1]$ continues telle que $\exists \bar{x}_i \in X_i, d_i(\bar{x}_i) = 1$ signifie que le résultat \bar{x}_i est réputée totalement difficile à réaliser de plus, il peut exister des résultats « plus difficiles » à réaliser que \bar{x}_i mais dont la valeur de difficulté reste 1. D'un autre côté, $\exists \bar{x}_i \in X_i, d_i(\bar{x}_i) = 0$ signifie que la valeur \bar{x}_i est totalement facile à réaliser de plus, il peut exister des résultats « plus facile » à réaliser que \bar{x}_i mais dont la valeur de difficulté reste 0. Nous supposons de plus qu'il est possible d'écrire la difficulté globale de réalisation comme composition des difficultés marginales d_i .

Des distributions de possibilité continues $\pi_i^a : [0,1] \rightarrow [0,1]$ sont à établir pour représenter d'une part les degrés de possibilité de chaque valeur d'utilité et d'autre part les degrés de possibilité de chaque valeur de difficulté pour une alternative $a \in A$ donnée.

Le principe d'extension de Zadeh peut être utilisé pour calculer l'intégrale de Choquet sur des distributions de possibilité selon :

$$\begin{aligned} & \forall z \in [0,1], \pi_{ag}^a(z) \\ &= \sup_{\substack{(y_1, y_2, \dots, y_n) \in X: \\ z = C_\mu(u_1(y_1), u_2(y_2), \dots, u_n(y_n))}} \min_{i \in N} \pi_i^a(y_i) \end{aligned}$$

Cependant, le calcul direct de l'utilité globale via ces formules peut être extrêmement coûteux. Dans le cas de distributions de possibilités trapézoïdales, [11] propose une méthode plus efficace pour calculer la distribution de possibilité agrégée (une mise en œuvre pratique du calcul est donnée dans [12]).

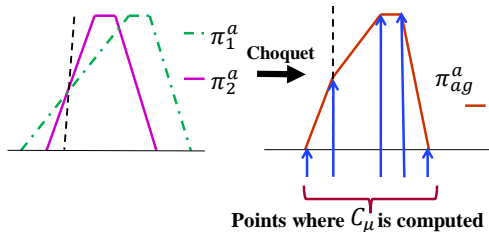


Figure 2 – Calcul de l'utilité globale de distributions de possibilités en utilisant l'intégrale de Choquet.

Elle exploite la linéarité de l'intégrale de Choquet sur chaque simplexe $\varphi_\sigma = \{y \in X: y_{\sigma(1)} \leq y_{\sigma(2)} \leq \dots \leq y_{\sigma(n)}\}$ (où σ est une permutation sur N).

En effet, l'intégrale de Choquet coïncide avec une moyenne pondérée sur φ_σ . Ainsi, l'intégrale de Choquet est calculée seulement aux points des distributions qui induisent un changement d'ordre. Il s'agit des points d'intersection entre les parties ascendantes ou les parties descendantes des distributions de possibilité (Figure 2).

3 Illustration

3.1 Conception d'un robot mobile

L'exemple illustratif est la conception d'un robot mobile autonome capable de remplir le plus rapidement possible la mission suivante : saisir et transporter des charges entre plusieurs unités de stockage réparties sur un terrain d'évolution.

Les alternatives de conception pour construire le robot dépendent, dans cet exemple, du choix entre principes de préhension, de motricité et de perception de l'environnement. Ces choix résumés en Table 1, définissent $3 \times 3 \times 2 = 18$ configurations ou alternatives de conception possibles.

Table 1 – Composants à choisir pour le robot

| Type de préhenseurs | Type de bases roulantes | Type de capteurs |
|---------------------|-------------------------------------|--|
| G1 Fourche | R1 : base à 4 roues dont 2 motrices | S1 : 2 capteurs de couleurs, 1 capteur de luminosité |
| G2 Pince | R2 : 2 roues motrices, 1 roue folle | S2 : 1 capteur de lumière, 1 capteur de couleur |
| G3 Grappin | R3 : avec chenilles | |

Quatre critères sont considérés pour décider de la configuration la plus satisfaisante : 1) le coût en composants, 2) la vitesse moyenne du robot sur une mission, 3) la fiabilité du robot et 4) la maintenabilité du robot. Certaines configurations sont plus difficiles à réaliser que d'autres en fonction des composants choisis, des ressources disponibles et du temps imparti pour les construire.

3.2 Construction des mesures floues

Pour identifier la mesure floue, certaines méthodes ont été proposées dans la littérature, mais sortent du cadre de cet article. Nous utilisons notamment l'extension MACBETH de l'intégrale de Choquet proposée dans [13] qui renvoie les valeurs numériques de la capacité. Ainsi, pour le calcul d'une mesure floue μ utilisée dans l'agrégation des fonctions d'utilités par l'intégrale de Choquet, les experts ont renseigné leurs préférences sur un ensemble d'alternatives binaires présentées dans la Figure 3.

| | Cr1 | Cr2 | Cr3 | Cr4 | |
|--|-----|-----|-----|-----|--------|
| | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | ■ | ■ | ■ | ■ | moyen |
| | ■ | ■ | ■ | ■ | moyen |
| | ■ | ■ | ■ | ■ | faible |
| | ■ | ■ | ■ | ■ | moyen |
| | ■ | ■ | ■ | ■ | moyen |
| | ■ | ■ | ■ | ■ | fort |
| | ■ | ■ | ■ | ■ | moyen |
| | ■ | ■ | ■ | ■ | faible |
| | ■ | ■ | ■ | ■ | nulle |
| | ■ | ■ | ■ | ■ | nulle |

Figure 3 – Réponses à la procédure de questionnement de MACBETH pour la satisfaction.

Dans cette Figure 3, chaque ligne correspond à une alternative fictive. Chaque critère est fixé soit une valeur \hat{x}_i (satisfaction totale) soit à une valeur \check{x}_i (insatisfaction totale). Une case claire (verte) correspond à la performance totalement satisfaite sur le critère (utilité 1) et une case sombre (rouge) correspond à une performance totalement insatisfaite (utilité 0) sur ce critère. On suppose que les experts sont capables de classer les alternatives de la meilleure (première ligne où les cases sont toutes claires) à la moins bonne. Puis ils associent des catégories sémantiques (très faible, faible, moyen, fort, très fort, extrême) sur la différence d'attractivité entre deux rangs successifs (dernière colonne de la Figure 3). Ainsi, en Figure 3, l'alternative ayant des performances les plus satisfaisantes sur tous les critères est préférée et l'écart de préférence est moyen avec l'alternative suivante, ayant des performances les plus satisfaisantes sur tous les critères sauf sur le critère CR4, de performance totalement insatisfaisante. Pour ne pas alourdir la procédure, nous n'avons considéré qu'un nombre réduit d'alternatives binaires.

De ces réponses nous déduisons la mesure floue μ de la Table 2.

Table 2 – La mesure floue μ pour agréger les satisfactions.

| I | $\mu(I)$ | I | $\mu(I)$ |
|-------------|----------|-----------|----------|
| \emptyset | 0 | {4} | 0 |
| {1} | 0 | {1,4} | 0 |
| {2} | 0 | {2,4} | 0,57 |
| {1,2} | 0,14 | {1,2,4} | 0,71 |
| {3} | 0 | {3,4} | 0 |
| {1,3} | 0,28 | {1,3,4} | 0,43 |
| {2,3} | 0,71 | {2,3,4} | 0,71 |
| {1,2,3} | 0,86 | {1,2,3,4} | 1 |

On déduit des valeurs obtenues pour la mesure floue μ que, par exemple, le décideur donne beaucoup d'importance au couple de critères {2,3} sachant que les deux critères séparément n'ont aucune importance. Ce qui explique une interaction préférentielle entre ces deux critères qui ne sont importants que quand ils sont considérés ensembles. Cette remarque

s'applique à tous les critères : aucun critère n'est important à lui tout seul.

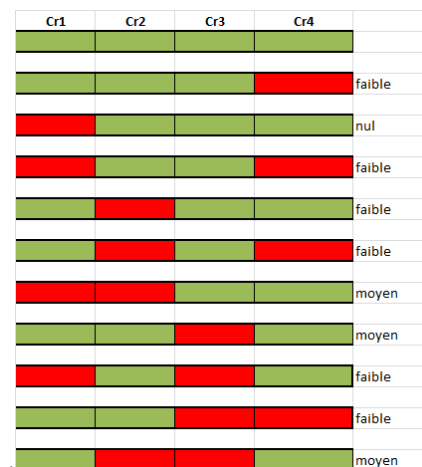


Figure 4 – Réponses à la procédure de questionnement de MACBETH pour la difficulté.

De la même façon, nous calculons une mesure floue μ' utilisée dans l'agrégation des difficultés par l'intégrale de Choquet. Les experts ont renseigné l'estimation de difficulté de réalisation sur un ensemble d'alternatives binaires présentées dans la Figure 4.

Table 3 – La mesure floue μ' pour agréger les difficultés.

| I | $\mu'(I)$ | I | $\mu'(I)$ |
|-------------|-----------|-----------|-----------|
| \emptyset | 0 | {4} | 0,25 |
| {1} | 0 | {1,4} | 0,25 |
| {2} | 0,25 | {2,4} | 0,42 |
| {1,2} | 0,33 | {1,2,4} | 0,5 |
| {3} | 0,5 | {3,4} | 0,58 |
| {1,3} | 0,67 | {1,3,4} | 0,75 |
| {2,3} | 0,75 | {2,3,4} | 0,75 |
| {1,2,3} | 1 | {1,2,3,4} | 1 |

Les experts classent dans la Figure 4 les alternatives de la plus difficile à réaliser (première ligne où les cases sont toutes claires) à la moins difficile à réaliser de leur point de vue. Puis, ils associent des étiquettes symboliques à la différence de difficulté entre deux classements successifs (à l'instar de l'intensité de préférence de MACBETH).

Dans la Figure 4, l'alternative reconnue totalement difficile sur tous les critères est

classée en premier (la plus difficile à réaliser). La seconde, totalement difficile sur tous les critères sauf pour Cr4 (maintenabilité) de difficulté nulle présente un écart de difficulté faible avec la première. La configuration la moins difficile à réaliser est celle qui présente des difficultés nulles sur Cr2 (vitesse) et Cr3 (fiabilité) mais totalement difficile sur les deux autres critères.

On en déduit donc en Table 3, l'importance pour le concepteur des coalitions de critères du point de vue de la difficulté à faire.

3.3 Calcul de performance globale et de difficulté globale

Considérons pour chacune des 18 configurations, les distributions de possibilité des valeurs d'utilité marginales (un exemple est donné en Figure 5), respectivement des valeurs de difficulté marginales (un exemple est donné en Figure 6).

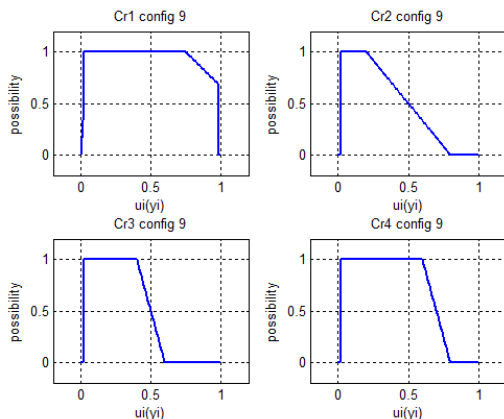


Figure 5 – Distributions de possibilités des valeurs d'utilité pour chaque critère et pour une des 18 configurations

Ces distributions représentent, pour une configuration donnée, la vraisemblance qu'un robot de ce type ait de telles valeurs de performance sur les critères, respectivement la vraisemblance des valeurs de difficulté à le réaliser réellement.

Les distributions agrégées d'utilité U^a et de difficulté D^a peuvent alors être calculées pour chaque alternative a ainsi que les indicateurs de position associés. Les résultats sont donnés en

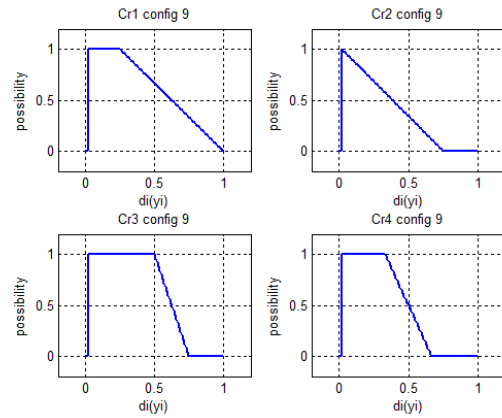


Figure 6 – Distributions de possibilités des valeurs de difficulté pour chaque critère et pour une des 18 configurations.

Table 4. Le client est d'autant plus satisfait que l'indicateur de position d'utilité $MD(U^a)$ est élevé. Le concepteur est d'autant plus satisfait que l'indicateur de position de difficulté $MD(D^a)$ est faible (ou que $\{1 - MD(D^a)\}$ est élevé).

Table 4 – Indicateur de position d'utilité ($MD(U^a)$: satisfaction client) et de difficulté ($1 - MD(D^a)$: satisfaction concepteur).

| ref | Config | $MD(U^a)$ | Rang | $MD(D^a)$ | Rang |
|-----|------------|-----------|------|-----------|------|
| 1 | G1, R1, S1 | 0,173 | 6 | 0,301 | 5 |
| 2 | G1,R1, S2 | 0,173 | 6 | 0,301 | 5 |
| 3 | G1,R2, S1 | 0,173 | 6 | 0,301 | 5 |
| 4 | G1,R2, S2 | 0,173 | 6 | 0,301 | 5 |
| 5 | G1,R3, S1 | 0,173 | 6 | 0,301 | 5 |
| 6 | G1,R3, S2 | 0,173 | 6 | 0,301 | 5 |
| 7 | G2,R1, S1 | 0,227 | 5 | 0,317 | 6 |
| 8 | G2, R1, S2 | 0,270 | 3 | 0,378 | 8 |
| 9 | G2, R2, S1 | 0,257 | 4 | 0,271 | 4 |
| 10 | G2, R2, S2 | 0,289 | 1 | 0,317 | 6 |
| 11 | G2, R3, S1 | 0,173 | 6 | 0,238 | 1 |
| 12 | G2, R3, S2 | 0,169 | 7 | 0,247 | 2 |
| 13 | G3, R1, S1 | 0,227 | 5 | 0,317 | 6 |
| 14 | G3, R1, S2 | 0,270 | 3 | 0,378 | 8 |
| 15 | G3, R2, S1 | 0,227 | 5 | 0,256 | 3 |
| 16 | G3, R2, S2 | 0,276 | 2 | 0,337 | 7 |
| 17 | G3, R3, S1 | 0,173 | 6 | 0,238 | 1 |
| 18 | G3, R3, S2 | 0,169 | 7 | 0,247 | 2 |

Il n'y a pas, dans la Table 4, de solution dominante toutes les autres. Les solutions non dominées sont celles des configurations (9, 10, 11, 15, 17).

La configuration (G2, R2, S2), n°10, est la plus satisfaisante pour le client, mais pas pour les concepteurs (bien qu'elle ne soit pas la plus

difficile à réaliser). Les configurations les plus faciles à réaliser (G3, R3, S1) et (G2, R3, S1), n°11 et n°17, ne sont pas très performantes. La configuration (G2, R2, S1), n°9, réalise un bon compromis entre la volonté à faire et la capacité à faire.

Le décideur dispose donc ainsi d'une information qui lui permet d'estimer le risque pris en choisissant ou non la configuration la plus satisfaisante pour le client.

4 Conclusion et perspectives

Nous avons présenté une approche possibiliste du traitement du dilemme volonté/capacité à faire applicable dans les premières phases de la conception de produit innovant lorsque des décisions cruciales doivent être prise en contexte d'imprécision et d'incertitude. L'approche proposée permet de formaliser et de propager celles-ci dans le calcul de la satisfaction ou de difficulté globale. Cette proposition repose sur un traitement parallèle de la notion de difficulté et celle plus classique d'utilité. Elle suppose cependant que la relation définie à partir des comparaisons des difficultés des alternatives, i.e., 'est plus difficile que' soit complète et transitive et qu'il soit possible de calculer une difficulté globale comme composition de fonctions de difficulté marginales. L'application de la méthode suppose de plus de disposer, pour chaque alternative, de données importantes telles que les distributions de possibilités des valeurs d'utilité et de difficulté pour chaque critère, ainsi que les réponses à la procédure de questionnement de MACBETH.

Alors qu'une formalisation possibiliste de l'indice de plus-value a été proposée par les auteurs [14], il serait aussi intéressant de guider le travail de conception en indiquant quelles améliorations sont à apporter en priorité sur le produit à concevoir en tenant compte aussi de leur difficulté de réalisation.

Références

- [1] F.Y. Phillips, F. Y., R. Srivastava. Committed Costs vs. Uncertainty in New Product Development, 1993.
- [2] T. Kivento. Technical feasibility, technical research centre of Finland, 2006. http://partnet.vtt.fi/evaserve/technology/tech_feasibility.htm.
- [3] K., Bause, A. Radimersky, M. Iwanicki, A. Albers. Feasibility studies in the product development process, *Procedia CIRP*, **21**, 2014, pp. 473-478.
- [4] J. Montmain, C. Labreuche, A. Imoussaten, F. Troussel. Multi-criteria improvement of complex systems. *Information Sciences*, **291**, 2015, pp. 61-84.
- [5] C. Labreuche. Determination of the criteria to be improved first in order to improve as much as possible the overall evaluation, *IPMU*, Perugia, Italy, 2004.
- [6] V. Clivillé, S. Corrente, S. Greco, B. Rizzon. Feasible optimization, *mcdm 2015*, Annecy. 2015.
- [7] B. Rizzon. Aide à la décision pour les entreprises industrielles inscrites dans une démarche de développement durable, *Thèse de doctorat, Université Savoie Mont Blanc*. 2016.
- [8] D. Dubois, H. Prade. The mean value of a fuzzy number. *Fuzzy sets and systems*, vol. 24, no. 3, 1987, pp. 279-300.
- [9] A. Denguir-Rekik, G. Mauris, J. Montmain. A possibilistic-valued multi-criteria decision-making support for marketing activities in e-commerce: Feedback Based Diagnosis System. *European Journal of Operational Research*, 195, (3), 2009, pp876-888.
- [10] D. Bouyssou, M. Pirlot. Conjoint measurement tools for mcdm, *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Springer, 2005, pp. 73-112.
- [11] M. Grabisch, H.T. Nguyen, E.A. Walker. Fundamentals of uncertainty calculi with applications to fuzzy inference, 1998.
- [12] A. Imoussaten, J. Montmain, G. Mauris. A Multicriteria Decision Support System using a Possibility Representation for Managing Inconsistent Assessments of Experts Involved in Emergency Situations. *International Journal of Intelligent Systems*, Wiley, 2014, 29 (1), pp.50-83.
- [13] C. Labreuche, M. Grabisch. The Choquet integral for the aggregation of interval scales in multicriteria decision making. *Fuzzy Sets and Systems*, 137(1), 2003, pp11-26.
- [14] D. Sow, A. Imoussaten, P. Couturier, J. Montmain. A possibilistic framework for identifying the performance to be improved in the imprecise context of preliminary design stage, *CIVESMA*, Annecy, 2017.