



HAL
open science

Entre volonté et capacité : comment définir des objectifs atteignables

Diadié Sow, Abdelhak Imoussaten, Pierre Couturier, Jacky Montmain

► To cite this version:

Diadié Sow, Abdelhak Imoussaten, Pierre Couturier, Jacky Montmain. Entre volonté et capacité : comment définir des objectifs atteignables. 24ème Conférence sur la Logique Floue et ses Applications (LFA 2015), Nov 2015, Poitiers, France. hal-01929469

HAL Id: hal-01929469

<https://hal.science/hal-01929469v1>

Submitted on 21 Nov 2018

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.

Entre volonté et capacité : comment définir des objectifs atteignables

Between policy aspirations and capacity to act: how designing achievable goals

Diadié Sow

Abdelhak Imoussaten

Pierre Couturier

Jacky Montmain

Centre de Recherche LGI2P/Ecole des mines d'Alès, Site EERIE,

Parc scientifique G. Besse, 30035 Nîmes cedex 1, France, prenom.nom@mines-ales.fr

Résumé :

Concevoir ou améliorer un produit ou un système industriel nécessite la prise en compte de nombreuses fonctionnalités qui doivent satisfaire un grand nombre d'objectifs/critères interdépendants parfois difficiles à atteindre simultanément. L'interaction entre les critères apparaît être une notion centrale et pourtant ambiguë dans un projet de conception ou d'amélioration où l'influence des paramètres sur la performance espérée est nécessairement imparfaitement connue. Deux points de vue sont rencontrés dans la littérature. Les approches relevant de l'aide à la décision multicritère qui s'attachent à modéliser les préférences des décideurs manipulent des interactions préférentielles. Les approches relevant du génie industriel ou du génie logiciel accordent une place prépondérante aux contraintes fonctionnelles entre les critères qui semblent alors régir la réalisabilité conjointe d'un ensemble d'objectifs. Les deux types d'interaction sont ainsi rarement gérés conjointement dans un projet d'amélioration. Cet article tente de proposer un cadre unificateur autour de la notion d'interaction en construisant un consensus entre volonté de faire et capacité à faire, inspiré de méthodes d'optimisation de type descente du gradient.

Mots-clés : Décision multicritère, sous-ensembles flous, optimisation multi attributs, amélioration.

Abstract:

Developing new products or improving products or systems with many features requires conjointly to meet a number of interdependent objectives/criteria that may be difficult to achieve simultaneously. The variety of interactions between the criteria appears to be a central concept but yet ambiguous in the design or improvement project where the influence of input parameters on the expected performance is necessarily ill-known. Two points of view are encountered in the literature. Approaches from the multicriteria decision community that attach to model the preferences of decision makers deal with preferential interactions. Approaches related to industrial engineering or software engineering give prominence to the functional constraints that seem to govern the achievability of a set of objectives. This article attempts to provide a unifying framework around the concept of interaction for building consensus between commitment to do and ability to do, inspired by optimization methods of type gradient descent.

Keywords: Multicriteria decision, fuzzy logic, multiattribute optimisation, improvement.

1 Introduction

Dans un environnement fortement concurrentiel, les industriels doivent améliorer leurs produits en continu pour rester compétitifs et satisfaire au mieux leurs clients. Ces produits proposent toujours davantage de fonctionnalités et doivent par conséquent satisfaire un grand nombre de critères interdépendants voire antagonistes qu'il peut s'avérer complexe de réaliser simultanément. Le problème que l'on cherche alors à résoudre consiste à déterminer comment faire évoluer un produit pour l'améliorer selon les souhaits du client dans la limite de ce que l'on sait/peut faire. Ainsi, les améliorations à privilégier sont celles qui permettent à la fois un impact positif significatif sur la performance du produit et correspondent à des opérations correctement maîtrisées dans l'entreprise. La résolution de ce problème nécessite d'étudier finement les interactions qui peuvent exister entre les objectifs/critères arrêtés pour ce produit. Par ailleurs, une difficulté majeure en amélioration continue et a fortiori en conception, provient de ce que l'on ne connaît que de façon imparfaite l'influence des paramètres de configuration sur la performance du produit/système. Seul un modèle de comportement qualitatif peut en général être établi pour estimer le sens de variation de la performance espérée.

Cependant, si l'interaction entre les critères est une notion communément employée lors de la conception ou de l'amélioration de produits dans l'entreprise, son acception dans la

littérature semble être un sujet plus controversé [1].

L'amélioration de produits/systèmes soulève en effet deux problèmes distincts : être capable (i) d'évaluer si un système est améliorable ou non en conformité avec un modèle de préférence dans un espace d'évaluation multidimensionnel ; (ii) d'identifier les configurations du système les plus à même de remplir les objectifs espérés. Ces deux problématiques distinctes nous semblent à l'origine de confusions autour de la notion d'interaction ou de dépendance entre les objectifs visés. Dans la littérature du génie industriel, en particulier, deux écoles de pensée semblent en désaccord (ou plutôt s'ignorent mutuellement). D'un côté, les approches autour des Systèmes de Mesure de la Performance (SMP) industrielle évaluent la performance globale d'un système à travers un ensemble d'indicateurs dont l'agrégation fournit une mesure synthétique [2, 3, 4, 5].

Dans ce cas, la conception et l'amélioration d'un système peuvent être abordées sous l'angle de la théorie de l'utilité multi attributs (MAUT) [22, 23] où les performances sont vues comme des utilités et la stratégie d'amélioration comme un modèle de préférence. Plusieurs travaux ont récemment cherché à exploiter ce modèle de préférence pour identifier les critères à améliorer en priorité pour maximiser le gain de performance [8, 9, 10].

De l'autre côté, plusieurs travaux [11, 12, 13, 14, 23] insistent sur la prise en compte de dépendances entre les critères d'évaluation : ces dépendances relèvent de contraintes de fonctionnement qui doivent être identifiées au préalable avant toute opération d'agrégation des objectifs.

Il est clair que le choix de l'option *optimale* est bien différent selon l'optique du problème d'optimisation retenu. D'un côté, il s'agit d'identifier les critères à améliorer prioritairement, *i.e.*, les dimensions de la performance sur laquelle doit porter l'amélioration pour que la performance globale espérée du système soit maximale,

sans se soucier explicitement des contraintes de fonctionnement. De l'autre côté, le problème consiste à identifier les objectifs atteignables avec chaque option et à choisir celle qui couvrira au mieux les attentes spécifiées.

La première attitude pourrait être qualifiée d'*intellectualisme* (poursuite d'un idéal sans contrainte d'atteignabilité), la seconde revêtirait un caractère *velléitaire* (manque de volonté, de désir, la décision est guidée par la seule capacité à faire). Dans la première, il s'agit de modéliser les relations entre les objectifs à l'aide d'opérateurs d'agrégation dont les paramètres caractériseront l'importance relative des critères et leurs interactions préférentielles. Dans la seconde, les relations entre les critères résultent de l'existence d'actions qui permettent de les réaliser conjointement ou séparément. Les risques des deux points de vue sont également différents : d'un côté, on risque de poursuivre des objectifs inatteignables, de l'autre, d'être *créaticide* en ne désirant que ce que l'on sait déjà faire.

Illustration : imaginons qu'une entreprise produise 6000 roulements par jour avec un taux de rebuts de 2.5%. Rien n'empêche le directeur de cette entreprise de vouloir améliorer les deux critères Productivité et Qualité simultanément et de fixer alors un objectif à la hausse sur la production (e.g. 7000) avec un taux de rebuts inférieur (1%). C'est la stratégie d'amélioration qu'il a évaluée être la plus pertinente pour rester compétitif. Ensuite, il s'agit de la mettre en œuvre (pouvoir faire) et de chercher les plans d'action qui permettront de répondre au mieux aux objectifs fixés par le directeur. La recherche de ce plan d'action risque fort de s'avérer vaine car il semble difficile de « travailler plus vite et mieux conjointement ». La production critiquera sans doute violemment ces directives jugées dénuées de bon sens au regard des contraintes de l'atelier. Un objectif idéal au sens d'un modèle de préférence stratégique n'est pas toujours atteignable au sens des contraintes de fonctionnement de la production. Définir des objectifs atteignables qui satisfassent la stratégie de l'entreprise nécessite de gérer au mieux un compromis entre la performance et la faisabilité. Ces deux perspectives cohabitent cependant rarement dans les études de la littérature.

La section 2 propose de revenir rapidement sur les différentes approches de modélisation des interactions entre les critères/objectifs que l'on

rencontre dans la littérature autour de l'amélioration et de la conception de produits ou systèmes. Dans la section 3, une approche unificatrice est proposée sous l'appellation de « Choix d'objectifs Atteignables pour une amélioration continue multicritère de la Performance » (CAP).

2 Problématique

2.1 Présentation du problème

Nous caractérisons un système (ou un produit) par ses paramètres d'entrée z_1, z_2, \dots, z_p . Soit Γ l'ensemble de toutes les valeurs possibles du vecteur (z_1, z_2, \dots, z_p) . Un système est ainsi défini par une configuration $\gamma \in \Gamma$ (solution, alternative, option, ...). Améliorer un produit, consiste à le faire évoluer d'une configuration $\gamma \in \Gamma$ à une configuration $\gamma' \in \Gamma$ qui donne une *meilleure* satisfaction des objectifs fixés au produit sous des contraintes de coût (au sens large du terme : monétaire, risque, temps, etc.).

Soit $\{G_1, \dots, G_n\}$ l'ensemble des objectifs. Trois problèmes émergent de cette modélisation de l'amélioration : (1) quels sont les liens entre les paramètres d'entrée ? Quelles configurations sont admissibles, *i.e.* les configurations pour lesquelles le système associé satisfait les contraintes fonctionnelles ? ; (2) quelles sont les relations entre les paramètres d'entrée et les objectifs ? Quel effet un changement de configuration aura-t-il sur la satisfaction des objectifs ? ; (3) quels sont les liens entre les objectifs, comment sont-ils hiérarchisés dans le système de préférence qui pilote la politique d'amélioration ?

Plusieurs approches ont été proposées pour modéliser ces relations. Nous présentons dans la suite deux grandes familles : les approches de type *MAUT* qui identifient les dimensions de l'amélioration les plus profitables en termes de performance sans nécessaire souci de réalisabilité des objectifs assignés ; les

approches de type *Performance Engineering* qui mettent en avant les contraintes de faisabilité dans le projet d'amélioration.

2.2 Approches de type MAUT

Les approches de type MAUT ne se soucient pas des paramètres d'entrée pour se focaliser sur les sorties et leurs évaluations en termes de performances (le résultat du choix des valeurs des paramètres d'entrées sur le produit). Notons X_1, X_2, \dots, X_n les attributs ou sorties du

système et $X = \prod_{i=1}^n X_i$ l'ensemble de ces

sorties. Notons N l'ensemble des indices $\{1, \dots, i, \dots, n\}$. A chaque attribut est ensuite associée une fonction d'utilité $u_i : X_i \rightarrow [0, 1]$ qui quantifie la performance ou le degré de satisfaction de l'objectif i que procure l'atteinte d'une valeur x_i pour l'attribut X_i .

On désigne ce degré par la performance $p_i = u_i(x_i)$. Ainsi, la satisfaction du $i^{\text{ème}}$ objectif est mesurée par la $i^{\text{ème}}$ performance.

Pour finaliser le modèle de préférences, on peut définir l'évaluation globale d'un système caractérisé par ses sorties $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in X$ par le biais d'un critère de synthèse unique : $u(x) = H(u_1(x_1), \dots, u_n(x_n))$ où H est une fonction d'agrégation. On assimile ainsi la performance globale du système à l'utilité de synthèse : $p = u(x) = H(p_1, \dots, p_n)$.

Dans ce modèle, les interactions entre objectifs sont préférentielles et peuvent être modélisées par la capacité sur laquelle repose l'opérateur H , *e.g.* l'intégrale de Choquet.

Les travaux [7, 9, 10, 15-20] exploitent les modèles de la MAUT, en particulier l'Intégrale de Choquet, pour définir les améliorations les plus *profitables*. Le seul *espace du vouloir* (les préférences) est utilisé pour déterminer les solutions idéales sans contrainte d'atteignabilité [7, 9, 10]. La notion d'alternative α -admissible, *i.e.*, d'alternative qui permet d'espérer une amélioration avec un degré de croyance α , est cependant introduite dans [15]. Plusieurs modèles mathématiques

ont alors été proposés sur cette base pour résoudre la question de l'amélioration multicritère [16, 17] et des outils pour résoudre les problèmes d'optimisation multi attributs associés ont été développés [18-21, 24]. Le principe général repose sur une démarche d'amélioration itérative où l'on identifie d'abord les critères à améliorer en priorité au sens d'un modèle de préférence (le gradient le plus fort pour un profil de performance initial et un opérateur d'agrégation donnés), puis on cherche les configurations du système les plus aptes à améliorer ces critères prioritaires, les configurations retenues sont appliquées et la procédure itérative se poursuit jusqu'à ce que les objectifs soient atteints si la convergence est possible, *i.e.*, si les objectifs sont atteignables. La procédure itérative peut donc être longue si les décideurs fixent des objectifs stratégiques non atteignables [17].

2.3 Approches de type *performance engineering*

Felix critique le bienfondé de ces approches [11] : l'agrégation des critères ne doit pas se baser sur des opérateurs d'agrégation spécifiés par une axiomatique issue d'une analyse multicritère des préférences a priori, mais intégrer une modélisation explicite des dépendances entre ces critères. Il définit pour chaque critère $i \in N$ l'ensemble S_i des alternatives a_j qui peuvent supporter une amélioration de p_i et D_i l'ensemble des alternatives qui peuvent au contraire dégrader p_i . En raisonnant sur les degrés d'inclusion des ensembles S_i , D_i et $S_{i'}$, $D_{i'}$, il établit les interactions comportementales entre les objectifs. Par exemple, si $S_i \subset D_{i'}$ et $S_{i'} \subset D_i$ alors les objectifs i et i' sont concurrents et ne sauraient être simultanément améliorés. Une agrégation conjonctive des deux critères n'aurait ainsi pas de sens selon ce point de vue. Le choix de l'opérateur d'agrégation diffère donc singulièrement des considérations des approches de la section précédente.

Giorgini *et al.* [13] proposent une décomposition d'objectifs en sous-objectifs sous la forme d'un graphe dirigé, mais ne se limitent pas aux seules relations logiques AND-OR dans la décomposition. Les auteurs définissent des relations d'influence entre les objectifs du graphe de décomposition. Les alternatives sont associées à des objectifs *tangibles*, *i.e.*, des objectifs sur lesquels une action directe est possible, *e.g.*, « *Reduce raws material costs* \rightarrow *Improve economics of production* » ou bien qui peuvent être affectés directement par des perturbations mesurables, *e.g.* « *Yen rises* \rightarrow *Gas price rises* ». Ces objectifs *tangibles* constituent les sources du graphe d'influence [13].

A chaque nœud-objectif du graphe est associée la paire $\langle sat(i); den(i) \rangle$ qui constitue l'information dont on dispose quant à la satisfaction (respectivement la dégradation) de l'objectif i (plus exactement « la performance associée à l'objectif i ») pour une alternative donnée, *i.e.*, pour un état donné des objectifs tangibles en entrée du graphe. Cette paire est calculée pour tout i par propagation des conséquences des valeurs des objectifs tangibles (les sources du graphe) vers les objectifs les plus abstraits (les puits du graphe) pour simuler les conséquences d'une alternative (un contexte, une configuration). Giorgini *et al.*, comme Felix, s'intéressent à la capacité à faire et non pas à la volonté de faire. La structure de graphe dirigé proposée par Giorgini *et al.* est simplement « mise à plat » chez Felix où les alternatives ne sont pas explicitées, mais juste définies à travers les ensembles S_i, D_i pour tout i . Les modèles de Giorgini *et al.* et de Felix ont donc des sémantiques proches même si les formalismes diffèrent clairement (propagations probabilistes *versus* inclusion floue). La différence majeure est que l'un est élaboré sur la base d'un graphe bipartite d'alternatives et d'objectifs, les relations déduites entre les objectifs sont le résultat de l'analyse ensembliste sur la structure de ce graphe ; l'autre propose une hiérarchie d'abstraction qui conduit à un graphe orienté d'objectifs

dont les sources sont assimilables aux actions ou perturbations mesurables associées aux objectifs tangibles et dont les effets sont propagés dans le graphe orienté jusqu'aux objectifs les plus abstraits.

Notons que ces approches proposent en général un modèle bivarié des effets d'un changement de configuration. Les aspects négatifs/positifs peuvent au final être agrégés ou être intégrés dans la recherche d'un front de Pareto.

2.4 Approches mixtes

Dans un cadre plus applicatif, Fleurey *et al.* proposent un modèle très simple (toute influence est ramenée à gain statique, tout modèle de préférence est ramené à une somme pondérée), mais sémantiquement plus complet [14]. Les auteurs s'intéressent au pilotage de robots susceptibles de s'adapter à différents contextes de fonctionnement. Ils s'intéressent à la fois aux modes de fonctionnement du robot (normal, batterie faible, mémoire pleine, etc.), mais aussi aux contraintes fonctionnelles associées à ces modes qui portent sur les configurations possibles du système (configurations admissibles des paramètres d'entrée). Ils modélisent les modes dégradés par des variables de contexte (*e.g.*, indicateur de charge faible pour le robot). Le mode impose des contraintes sur les configurations fonctionnelles possibles du système. Le modèle comportemental est, lui, considéré comme indépendant du mode et consiste en un modèle statique qui prend la forme de relations réduites à de simples gains entre les variables de configuration et les objectifs. Schématiquement, le modèle revient à considérer que :

$$p_i - p_i^0 = \sum_{j \in \{1, \dots, p\}} G_{j \rightarrow i} \cdot (\gamma_j - \gamma_j^0)$$

avec p_i^0, p_i les valeurs de la performance associée à l'objectif i respectivement avant et après changement de configuration, $G_{j \rightarrow i} \cdot (\gamma_j - \gamma_j^0)$ la contribution (impact) du $j^{\text{ème}}$ paramètre sur i . Enfin, pour choisir la meilleure configuration dans un contexte donné, une

moyenne pondérée est introduite : $p_{\text{globale}}(\text{config} = \gamma) = \sum_{i \in N} \omega_i \cdot p_i$. Les poids utilisés sont fonction du mode (en mode dégradé ou en mode normal, les aspirations ne sont pas les mêmes). Ce modèle gère donc bien les deux aspects évoqués de notre problématique : la capacité à réaliser un ensemble d'objectifs $I \subseteq N$ (l'importance des gains des paramètres d'une configuration sur un objectif) et la volonté de réaliser I (l'importance des critères d'amélioration retenus) qui sont caractérisées respectivement par les distributions de gains $G_{j \rightarrow i}$ et de poids ω_i . Le modèle de [14] est simple (certaines opérations sur des données qualitatives sont très discutables), mais il a le mérite de bien mettre en avant les deux dimensions qui guident la décision dans le choix d'une configuration lors de la conception ou de l'amélioration de systèmes.

Les travaux de [23] s'intéressent eux aussi à cette dualité qu'il y a entre volonté à faire et capacité à pouvoir/savoir-faire. A l'instar de la fonction d'utilité ($a \succ b \Leftrightarrow U(a) > U(b)$) associée à une configuration, ils définissent une fonction de faisabilité telle qu'une configuration a est plus faisable qu'une configuration b si on peut passer de a à b ($a \triangleright b \Leftrightarrow F(a) > F(b)$). Les relations \succ et \triangleright définissent deux préordres complets. Pour des ensembles de relations de préférence et de faisabilité, les auteurs calculent les échelles de faisabilité et d'utilité à l'aide de problèmes de satisfaction de contraintes. Pour chaque configuration, ils cherchent ensuite à maximiser l'utilité que l'on peut espérer partant de cette configuration sous contraintes de faisabilité. L'homogénéité du formalisme est séduisante, mais le modèle de comportement est masqué par la construction *experte* de la relation de faisabilité.

2.5 Conclusion

Les approches de type MAUT pour l'amélioration multicritère de systèmes se basent sur des opérateurs d'agrégation

spécifiés par une axiomatique issue d'une analyse multicritère des préférences a priori. Les approches de type *performance engineering* s'appuient sur une modélisation explicite des dépendances entre les critères de la performance qui résulte de l'analyse des contraintes de configuration et justifie ou non la possibilité de satisfaire deux critères simultanément. Les premières s'intéressent donc essentiellement à la définition d'une amélioration idéale détachée des contraintes de réalisation, les secondes réduisent le choix de l'amélioration à la capacité à faire. Au lieu d'être opposés, ces deux points de vue sont nécessaires et complémentaires à un projet d'amélioration ou de conception. Peu d'approches ont, à notre connaissance, tenté de les réconcilier jusqu'ici. La section 2.4 avait pour objet de montrer que notre diagnostic commence à être partagé même si les propositions mixtes que nous y avons citées semblent encore perfectibles.

3 Cadre unificateur

L'idée unificatrice présentée dans cet article est de chercher le « gradient » de la performance le plus fort pour améliorer au mieux le produit, mais dans des dimensions de l'amélioration que l'on maîtrise. Nous pensons en effet que les connaissances disponibles dans un projet d'amélioration et a fortiori en conception, sont de nature qualitative et que raisonner sur des tendances de la performance plutôt que sur des valeurs précises paraît ainsi plus approprié. En référence aux critiques de Felix à l'égard de la communauté multicritère, nous appellerons notre approche : Choix d'objectifs Atteignables pour une amélioration continue multicritère de la Performance (CAP). Ce cadre propose de modéliser la faisabilité à travers une expression qualitative des liens entre les entrées du système et les objectifs. Ce modèle permet d'évaluer à quel degré la satisfaction d'un sous-ensemble d'objectifs est possible. Cette mesure de la réalisabilité d'un sous-ensemble d'objectifs est ensuite confrontée au *vouloir* qui est modélisé

par un indice quantifiant à quel degré un sous-ensemble d'objectifs est prioritaire à satisfaire.

3.1 Degré de réalisabilité d'un sous-ensemble d'objectifs

Soit $T : \Gamma_A \rightarrow X$ la transformation qui donne la valeur des attributs du système obtenus à partir du vecteur de paramètres $\gamma \in \Gamma_A$ où Γ_A est la restriction de Γ à l'ensemble des configurations admissibles satisfaisant les contraintes fonctionnelles propres au système.

Une valeur de sortie (ou attribut) x_i correspond à la réponse du système à la configuration γ pour le $i^{\text{ème}}$ attribut : $T_i(\gamma) = x_i$. On note $T(\gamma) = (T_1(\gamma), \dots, T_n(\gamma))$ le vecteur des attributs pour une configuration donnée. Avec le modèle MAUT de la performance agrégée introduit dans la section 2.2, on a : $p = u(T(\gamma)) = H(p_1, \dots, p_n)$. Pour des systèmes complexes, la détermination de $T(\gamma)$ pour $\gamma \in \Gamma_A$ est difficile. Cette identification requiert de nombreuses simulations ou expériences, et par conséquent est coûteuse et pose vite de sérieux problèmes combinatoires. On doit donc souvent se contenter d'un modèle d'influence qualitatif qui relie paramètres ou actions aux caractéristiques attendues [15, 17].

Nous nous inspirons du modèle flou de [11,12] évoqué dans la section 2.3. On définit pour chaque performance élémentaire p_i et chaque action $a \in A$ (un changement de valeur d'un paramètre), $S_i(a)$ le degré de croyance avec lequel l'action a peut affecter une performance p_i positivement (resp. $D_i(a)$ le degré de croyance avec lequel l'action a affecte une performance p_i négativement). Quand $S_i(a) > 0$, on dit que a supporte p_i . Quand $D_i(a) > 0$, on dit que a dégrade p_i .

L'influence d'une action a (i.e. la modification d'un des paramètres d'entrée) sur une performance p_i peut ainsi être caractérisée par un arc entre l'action a et la performance p_i tel que [17] :

$$Influence(a, p_i) = \begin{cases} +S_i(a) & \text{si } S_i(a) > 0 \\ -D_i(a) & \text{si } D_i(a) > 0 \end{cases}$$

La relation qualitative entre action et performance doit ensuite être étendue à un changement de configuration ap (action combinée de plusieurs changements de paramètres). La difficulté vient de ce que pour un changement de configuration et un critère, plusieurs actions élémentaires de ap peuvent affecter p_i positivement comme négativement : quel est l'effet résultant de ap sur p_i ? On peut imaginer que ce problème peut être résolu en demandant à des experts l'intensité de l'influence d'un plan d'action sur un critère, mais cette option n'est pas réaliste compte tenu de la combinatoire des actions. L'estimation de l'effet agrégé d'un changement de configuration dépend bien sûr du comportement du système, mais aussi du comportement décisionnel du décideur : une attitude pessimiste (selon laquelle l'aversion à la prise de risque est davantage marquée : beaucoup d'attention est portée à l'action du changement de configuration qui affecte le plus négativement p_i) versus une attitude optimiste (selon laquelle on s'intéressera davantage à l'action du changement de configuration qui affecte le plus positivement p_i). L'effet résultant de la combinaison des actions de ap sur p_i ne peut pas être calculé *objectivement*, mais peut donc se ramener à un problème de décision sous incertitude.

Considérons un changement de configuration ap (*i.e.*, un ensemble d'actions élémentaires qui consistent à changer les valeurs de paramètres d'entrée) et une performance p_i . L'effet résultant de la combinaison des actions de ap sur p_i repose sur les deux sous-ensembles de ap :

$$A_i^S(ap) = \{a \in ap : S_i(a) > 0\} \quad \text{et} \\ A_i^D(ap) = \{a \in ap : D_i(a) > 0\}.$$

L'influence est ainsi bipolaire puisqu'on caractérise d'un côté les effets positifs et de l'autre les effets négatifs (support versus dégradation). Dans ce contexte bivarié, l'effet de ap est donc modélisé par la paire $(S_i(ap), D_i(ap))$ où

$S_i(ap)$ (resp. $D_i(ap)$) caractérise le degré de croyance avec lequel ap supporte (resp. dégrade) p_i . $S_i(ap)$ (resp. $D_i(ap)$) est le résultat de l'agrégation des valeurs $\{S_i(a), a \in A_i^S(ap)\}$ (resp. $\{D_i(a), a \in A_i^D(ap)\}$). Le choix de l'opérateur d'agrégation pour chacune des deux échelles de l'espace bivarié dépend de l'aversion au risque du décideur [17]. Enfin, il s'agit d'étendre le calcul du degré de croyance que l'on peut accorder à ap dans l'amélioration d'un sous-ensemble de critères I . Considérons un changement de configuration ap et une performance p_i . Le degré de croyance résultant auquel ap contribue à améliorer p_i est :

$$s_i(ap) = S_i(ap) \text{ si } S_i(ap) > D_i(ap) \text{ sinon } 0.$$

Nous allons maintenant définir le degré de croyance auquel on peut penser que ap améliore les critères de I . Une agrégation raisonnable est de considérer :

$$s_i(ap) = \min_{i \in I} s_i(ap)$$

D'autres possibilités sont proposées dans [17]. A ce stade de l'approche, il est ainsi possible de calculer pour tout sous-ensemble de critères I et tout changement de configuration ap , le degré de croyance auquel on croit pouvoir (savoir) améliorer les critères concernés du système/produit. C'est le degré de réalisabilité ou d'atteignabilité de I par ap .

3.2 Degré de priorité d'un sous-ensemble d'objectifs

Lorsque l'on veut s'améliorer à partir d'un profil de performance donné, on cherche les critères réputés être les plus profitables selon le modèle de préférence en jeu. La résolution de ce problème peut consister à utiliser des algorithmes d'optimisation de type descente du gradient pour converger vers la solution optimale itérativement. La méthode de descente du gradient nécessite que l'on connaisse la *direction* dans laquelle il sera le plus profitable de faire évoluer le profil de performances noté p . Pour résoudre ce problème, un indice (appelé indice de plus-

value), noté $\omega_I(H, p)$, qui quantifie la plus-value pour le profil p à être amélioré sur les critères dans I étant donnée la fonction d'évaluation H , a été proposé dans [8].

L'index ω_I y est défini axiomatiquement pour tout opérateur $H \in V$ où V est l'ensemble des fonctions continues définies sur $[0,1]^n$ et à valeurs dans $[0,1]$. Différentes propriétés et contraintes conduisent à définir ω_I de façon unique [8] :

$$\omega_I^\wedge(H, p) = \int_0^1 [H((1-\tau)p_I + \tau 1_I, p_{N \setminus I}) - H(p)] d\tau$$

où $N = \{1, \dots, n\}$ et $\forall B \subseteq N$, p_B est la restriction de p sur B . Cette expression donne la valeur moyenne de la différence de gain $H(g_I, p_{N \setminus I}) - H(p)$ pour les vecteurs d'amélioration $g_I = (1-\tau)p_I + \tau 1_I$ sur la diagonale de p_I ($\tau=0$) à 1_I ($\tau=1$) (raisonnement sur le gradient de la performance plutôt que sur sa valeur). Par conséquent, cet indice mesure l'impact moyen d'améliorer de manière uniforme tous les critères de I en même temps, si l'on suppose que tous les niveaux possibles d'amélioration ont la même probabilité de se produire. Les améliorations sur la diagonale de p_I à 1_I permettent d'envisager des améliorations homogènes (sans cette condition, on pourrait recommander d'améliorer les critères de I et s'apercevoir que l'amélioration n'est effective que sur les critères de $I' \subset I$). Le sous-ensemble de critères I^* qui maximise l'indice de plus-value indique les performances qui sont les plus *profitables* à améliorer. Notons que la formule de $\omega_I(H, p)$ favorise les coalitions avec une grande cardinalité.

3.3 L'index CAP

Avec l'indice de plus-value $\omega_I^\wedge(H, p)$, on associe à toute coalition I de critères, un indice qui mesure la *profitabilité* de la coalition à partir d'un profil initial p et pour un modèle de préférence H .

Avec l'indice $s_I(ap)$, il est possible de calculer pour tout sous-ensemble de critères I et tout

changement de configuration ap , le degré de croyance auquel on croit pouvoir (savoir) améliorer les critères concernés du système/produit. Par suite, $s_I = \max_{ap} s_I(ap)$ est

une estimation de notre capacité à réaliser I indépendamment du coût que cela puisse représenter.

Si ω_I favorise les coalitions avec une grande cardinalité—plus il y a de critère améliorés, plus le gain est grand, s_I favorise en revanche les coalitions avec une petite cardinalité—plus il y a de critères à améliorer, plus la tâche est difficile. Le problème consiste à trouver le compromis judicieux.

Notons que par construction $I \subset I' \Rightarrow s_I(ap) \geq s_{I'}(ap)$ et par suite $s_I \geq s_{I'}$.

Posons $s_N = \eta$ (i.e., on ne peut garantir une amélioration des N critères avec une croyance supérieure à η). De plus, $\forall I \in 2^N, s_I \in [0,1]$, $s_\emptyset = 1$ (on sait nécessairement améliorer 0

critère). $\bar{s}_I = \frac{s_I - \eta}{(1 - \eta)} \in [0,1]$ donne alors une

mesure normalisée de la difficulté à réaliser une coalition de critères. De même, parce que l'opérateur d'agrégation H est une fonction croissante de chacune des utilités élémentaires, alors $I \subset I' \Rightarrow \omega_I^\wedge(H, p) \leq \omega_{I'}^\wedge(H, p)$,

$$\omega_N^\wedge(H, p) = \zeta_p \quad \text{et} \quad \bar{\omega}_I^\wedge = \frac{\omega_I^\wedge}{\zeta_p} \in [0,1] \quad (\bar{\omega}_N^\wedge = 1,$$

$\bar{\omega}_\emptyset^\wedge = 0)$ est une mesure normalisée de la profitabilité à réaliser une coalition de critères.

Le sous-ensemble de critères I^* dont l'amélioration sera la plus profitable sans que la difficulté à le réaliser ne soit trop grande peut alors être donné par le problème d'optimisation :

$$I^* = \text{Arg} \max_I \min(\bar{\omega}_I^\wedge, \bar{s}_I) \quad (1)$$

Si n est grand, alors la recherche de I^* se formule encore selon le problème d'optimisation :

$$\begin{cases} \max_I \bar{\omega}_i \\ sc \bar{\omega}_i \leq \bar{s}_i \end{cases} \quad (2)$$

qui pourra être résolu par un algorithme de type *branch and bound*.

Ce problème d'optimisation inclut à la fois le modèle possibiliste d'influence des configurations sur les performances et le modèle de préférence, il nécessite par ailleurs qu'un profil initial soit défini car I^* varie avec p .

4 Conclusion

L'introduction des deux mesures, la capacité à réaliser I et la volonté de réaliser I , donne accès à une partition sémantique des travaux autour de l'amélioration multicritère. Cette lecture permet d'unifier des approches qui se réfèrent initialement à des points de vue parfois antagonistes qui émanaient de communautés différentes. Elle met en exergue la nécessité de considérer simultanément savoir-faire et ambitions dans un projet d'amélioration aux objectifs atteignables. Les capacités à faire et à vouloir permettent de raisonner sur un gradient d'amélioration et de rester ainsi qualitatif, ce qui nous semble en accord avec la connaissance généralement disponible en amélioration et en conception de systèmes complexes.

Références

- [1] Roy, B. (2009). A propos de la signification des dépendances entre critères : quelle place et quels modes de prise en compte pour l'aide à la décision ?, *RAIRO-Oper. Res.*, 43(3):255-275.
- [2] Bititci, U. (1995). Modelling of performance measurement systems in manufacturing enterprises, *Int. J. Prod. Econ.*, 42:137-147.
- [3] Kueng, P., Krahn, A. (1999). Building a process performance measurement system: some early experiences, *J. Sci. Ind. Res.* 58 :149-159.
- [4] Lee, H, Kwak, W, Han, I. (1995). Developing a business performance evaluation system: an analytic hierarchical model. *Engineering Economist*, 30(4):343-57.
- [5] Neely, A. (1999). The performance measurement revolution: why now and what next?, *Int J. Oper. Prod. Manage.*, 19 :205-228.
- [6] Santos, SP, Belton, V, Howick, S. (2002). Adding value to performance measurement by using system dynamics and multi-criteria analysis. *Int. J. of Oper. and Prod. Manage.*, 22(11):1246-1272.
- [7] Berrah, L., Mauris, G., Montmain, J. (2008). Diagnosis and improvement indexes for a multi-criteria industrial performance synthesized by a Choquet integral aggregation, *Int. J. Manage. Sci., OMEGA*, 36:340-351.
- [8] Labreuche, C. (2004). Determination of the criteria to be improved first in order to improve as much as possible the overall evaluation, *IPMU*, Perugia, Italy.
- [9] Sahraoui, S., Montmain, J., Berrah, L and Mauris, G. (2007). Decision-aiding functionalities for industrial performance improvement. *4th IFAC MCPL*, Sibiu, Romania.
- [10] Montmain, J., Sahraoui, S. (2008). How to improve the overall industrial performance in a multi-criteria context, *IPMU*, Malaga, Spain.
- [11] Felix, R. (1994). Relationships between goals in multiple attribute decision making. *Fuzzy sets&systems*, 67:47-52.
- [12] Felix, R. (2008). Multicriteria Decision Making (MCDM): Management of Aggregation Complexity Through Fuzzy Interactions Between Goals or Criteria, *IPMU*, Malaga, Spain.
- [13] Giorgini, P., Mylopoulos, J., Nicchiarelli, E. and Sebastiani, R. (2002). Reasoning with Goal Models, *21st Int. Conf. on Conceptual Modeling (ER02)*, Tampere, Finland, 167-181.
- [14] Fleurey, F., Delhen, V., Bencomo, N., Morin, B. and Jézéquel, J.M. (2008). Modeling and validating dynamic adaptation, *3rd Int. workshop on Models @Runtime (MRT'08), MoDELS'08*, Toulouse, France.
- [15] Montmain, J., Labreuche, C. (2009). Amélioration multicritère d'options dans les systèmes complexes, *LFA'2009*, Annecy, France.
- [16] Montmain, J., Clivillé, V., Berrah, L., Mauris, G. (2010). Preference and causal fuzzy models for manager's decision aiding in industrial performance improvement, *FUZZ-IEEE*, Barcelona, Spain.
- [17] Montmain, J., Labreuche, C., Imoussaten, A., Troussset, F. (2015). Multi-criteria improvement of complex systems, *Information Sciences*, 291:61-84.
- [18] Sahraoui, S. (2009). Vers un système d'aide à la décision pour l'optimisation de la mise en œuvre de démarches d'amélioration de la performance industrielle, *thèse de Doctorat de l'université de Savoie*.
- [19] Imoussaten, A., Montmain, J., Troussset, F., Labreuche, C. (2011a). Multi-criteria improvement of options, *EUSFLAT*, Aix-les-bains, France.
- [20] Imoussaten, A. (2011). Modélisation et pilotage de la phase de délibération dans une décision collective-vers le management d'activités à risques, *thèse de Doctorat de l'Ecole des mines de Paris*.
- [21] Keeney, R.L., Raiffa, H. (1976). Decisions with Multiple Objectives Preferences and Value Tradeoffs, *Cambridge University Press*.
- [22] Krantz, D., Luce, R., Suppes, P., Tversky, A. (1971). Additive and polynomial representations, *Foundations of Measurement*, vol. 1, *Academic Press*.
- [23] Clivillé, V., Corrente, S., Greco, S., Rizzon, B. (2015), Feasible Optimization, MCDA 2015, Annecy, http://www.polytech.univsavoie.fr/fileadmin/polytech_aus_tres_sites/sites/mcda2015/doc/session/MCDA81_session_5_1.pdf
- [24] Imoussaten, A., Troussset, F., Montmain, J. (2011b). Improving performances in a company when collective strategy comes up against individual interests, *EUSFLAT*, Aix-les-bains, France.