

# Analyse Possibiliste de données sensorielles hiérarchiques

T. Lahsine<sup>1</sup>    S. Chauveix<sup>2</sup>    T. Denoeux<sup>1</sup>    C. Egoroff<sup>3</sup>

P. Faye<sup>3</sup>    M. Masson<sup>1</sup>    I. Urdapilleta<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Heuristique et Diagnostic des Systèmes Complexes – UMR CNRS 6599

Université de Technologie de Compiègne  
BP 529 – F-60205 Compiègne cedex – France  
tlahsine, tdenoeux, mmasson@hds.utc.fr

<sup>2</sup> Laboratoire CNRS FRE 22627 Cognition & Usages, Université Paris VIII

<sup>3</sup> PSA Peugeot Citroën, Service DRIA / SARA / EMSA / PEFH, Vélizy

## Résumé :

Nous proposons dans cet article une méthode de traitement et d'analyse de données issues d'évaluations sensorielles réalisées par un groupe de juges. Ces données ont la particularité d'être organisées de manière hiérarchique. Cette structure hiérarchique est modélisée par des relations d'implication floue liant les propriétés sensorielles. Certains éléments empruntés à la théorie des possibilités nous permettent de modéliser les notes données à ces propriétés par les juges (lors de plusieurs répétitions) et de les combiner afin, d'une part, de vérifier la cohérence dans le processus de notation et, d'autre part, d'agréger toutes les sources d'information. Ce processus terminé, l'information agrégée nous permet de calculer certains indicateurs rendant compte de la performance des juges.

## Mots-clés :

Analyse de données sensorielles, distribution de possibilité, combinaison conjonctive, implication floue, indices de performance.

## Abstract:

In this paper, we propose a method to analyse sensory evaluation data. This data is organised in a hierarchical way. This hierarchical structure is represented by fuzzy implications between sensory properties. Using possibility theory, scores given by judges among several trials are aggregated. By this way, we can check the consistency of the evaluations and compute performance indices.

## Keywords:

Sensory data analysis, possibility distribution, conjunctive aggregation, fuzzy implication, performance indices.

## 1. Introduction

Nous présentons dans cet article une méthode possibiliste de traitement de données issues d'évaluations sensorielles. L'évaluation sensorielle regroupe un ensemble de techniques visant à mesurer et interpréter les perceptions humaines [8]. Plusieurs méthodes sont utilisées. Parmi elles, celle dite du *profil descriptif quantitatif* [6] vise à établir un profil sensoriel décrivant avec précision un ensemble d'objets, c'est-à-dire à fournir une *carte d'identité sensorielle* des produits évalués en déterminant la nature et le degré de leurs différences sensorielles perçues et exprimées. Il est donc généralement requis, dans un premier temps, d'établir une liste de propriétés qui puissent rendre compte des différentes dimensions sensorielles du produit, liste dont la signification correspond à la sensation perçue par les juges. Dans un second temps, il s'agit pour le juge de *quantifier* ces perceptions pour chaque produit à l'aide d'échelles de mesures des perceptions. Plusieurs auteurs [3], [10] ont construit et validé de telles échelles constituées de propriétés organisées de façon hiérarchique en fonction d'implications. En effet, certains auteurs défendent l'idée selon laquelle les propriétés décrivant les objets présentent une organisation catégorielle hiérarchique, due à

l'existence de relations d'implication entre les propriétés [4], [7]. L'organisation des propriétés en lignées permet la description des objets à un niveau de finesse plus ou moins grand [9]. A l'intérieur d'une lignée, les dénominations de propriétés sont reliées les unes aux autres par une relation d'implication : pour un objet, être désigné comme *vermillon* (cf figure 1) implique qu'il est considéré comme *rouge*, et être considéré comme *rouge* implique qu'il a *une couleur*. Une propriété dite « mère » (*rouge* par exemple) est impliquée par n'importe laquelle de ses « filles » (*sang* ou *vermillon*).

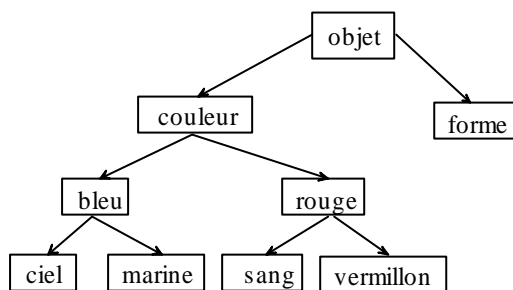


Fig.1 - Exemple de hiérarchie de propriétés [8]

Une fois fixé, l'arbre hiérarchique de propriétés est utilisé par des juges au cours de séances d'entraînement, puis d'évaluation, pour caractériser un ensemble de produits. Pour chaque produit, on effectue un parcours de l'arbre à partir de la racine (des propriétés générales aux plus spécifiques) en demandant aux juges de noter sur une échelle ordinale (en 5 ou 8 points par exemple) le degré de présence ou d'absence de la propriété. Chaque point de l'échelle est un *item verbal* et non une valeur numérique. C'est une expression désignant une intensité (par exemple : *extrêmement peu* ou *moyennement*). Les juges ont la possibilité de s'arrêter au niveau de finesse de description de leur choix. Une réponse du type *absence de la propriété* entraîne la non présentation des propriétés suivantes dans sa lignée. Les données recueillies sont donc d'un format très complexe qui se démarque du classique tableau individus-variables : les données sont organisées de manière hiérarchique, elles sont incomplètes (on ne dispose pas de toutes les

évaluations possibles dans l'arbre), et nécessairement sujettes à variabilité puisque issues d'évaluateurs humains. Se pose alors le problème de l'exploitation de ces données. Un des objectifs de l'analyse statistique des données est de contrôler l'efficacité des séances d'entraînement menées par les juges en évaluant leur performances selon trois critères :

- 1) leur répétabilité : ont-ils été capables de maintenir leur jugement sur plusieurs répétitions ?
- 2) la cohérence de leur notation vis-à-vis de la hiérarchie de propriété : un objet qui n'est « pas rouge » ne peut pas être « très vermillon ».
- 3) leur finesse d'analyse : à quel niveau de description sont-ils capables de descendre ?

Nous proposons dans cet article une approche basée sur la théorie des possibilités. Les évaluations des propriétés de l'arbre sont remplacées par des distributions de possibilités qui sont ensuite combinées dans une lignée de manière conjonctive. La structure hiérarchique de l'arbre est prise en compte grâce à la notion d'implication floue. Dans les paragraphes suivants, nous décrivons la méthode de traitement proposée. Enfin, nous montrons les résultats obtenus sur une étude portant sur des textiles automobiles.

## 2. Outils Théoriques

Cette partie est consacrée au rappel de quelques concepts de base de la théorie des possibilités et de la théorie des ensembles flous que nous serons amenés à utiliser par la suite.

### 2.1 Théorie des possibilités

Soit  $x$  une variable définie sur un ensemble de référence  $U$ . Une distribution de possibilité  $\pi_x$  est une fonction de  $U$  dans  $[0, 1]$ . Elle définit pour chaque valeur  $u$  que peut prendre  $x$ , le

degré de possibilité qui lui est attaché. Par convention :

$$\begin{aligned}\pi_x(u) &= 0 \text{ lorsque } u \text{ est impossible,} \\ \pi_x(u) &= 1 \text{ lorsque } u \text{ est totalement possible [5].}\end{aligned}$$

Si  $U$  est l'ensemble exhaustif des valeurs prises par  $x$ ,  $\pi_x$  doit satisfaire la condition de normalisation :  $\exists u, \pi_x(u) = 1$  [2].

Soient deux variables  $x$  et  $y$  définies respectivement sur les ensembles  $U_1$  et  $U_2$ . Une *distribution de possibilité conjointe*  $\pi_{x,y}$  exprime le degré avec lequel chaque couple  $(u_1, u_2)$ , avec  $u_1 \in U_1$  et  $u_2 \in U_2$ , est possible. C'est une fonction définie sur l'espace produit  $U_1 \times U_2$  et prenant ses valeurs dans  $[0,1]$ .

Etant donnée une distribution de possibilité jointe  $\pi_{x,y}$  relative à un couple de variables  $(x, y)$ , on appelle *distribution marginale*  $\pi_x$  de  $x$  la restriction de  $\pi_{x,y}$  aux valeurs possibles de  $x$ . Elle est calculée par projection de  $\pi_{x,y}$  sur  $U_1$  :

$$\pi_x(u_1) = \sup_{u_2} \pi_{x,y}(u_1, u_2).$$

Réciproquement, soient deux variables  $x$  et  $y$  définies respectivement sur les ensembles  $U_1$  et  $U_2$ . Soient  $\pi_x$  une distribution de possibilité relative à  $x$ . On appelle *extension cylindrique* de  $\pi_x$  à  $U_1 \times U_2$  la distribution jointe définie par :

$$\pi_{x,y}(u_1, u_2) = \pi_x(u_1) \quad \forall (u_1, u_2) \in U_1 \times U_2$$

L'opération d'extension cylindrique se justifie par le principe de minimum de spécificité [5] : il s'agit de la distribution jointe la moins spécifique, dont la projection sur  $U_1$  est égale à  $\pi_x$ .

Soient  $\pi_1, \dots, \pi_n$   $n$  distributions de possibilité relatives à une variable  $x$ , issues de différentes sources. Les opérateurs de combinaison les plus courants sont le minimum et le maximum. Le premier, de type conjonctif, est classiquement utilisé lorsque les différentes sources sont fiables et globalement en accord. Le second, de type disjonctif, peut être plus

adapté en cas de fort conflit entre les sources. De nombreux autres opérateurs ont été définis, certains ayant un comportement intermédiaire entre le conjonctif et le disjonctif [1].

Une mesure classique de conflit entre deux sources produisant des distributions de possibilité  $\pi_1$  et  $\pi_2$  est le complément à 1 de la hauteur de l'intersection de  $\pi_1$  et  $\pi_2$  :

$$\tau = 1 - \sup_u \min(\pi_1(u), \pi_2(u)).$$

## 2.2 Implication floue

Soient  $p$  et  $q$  deux propositions, et  $a$  et  $b$  leurs valeurs de vérité. En logique propositionnelle classique,  $a$  et  $b \in \{0,1\}$ , et la valeur de vérité de la proposition  $p \Rightarrow q$  se définit par  $R(a, b) = \max(1-a, b)$ . Une implication floue est une extension de la relation  $R$  au cas où les valeurs de vérité sont définies sur l'intervalle  $[0,1]$ . Un grand nombre d'opérateurs ont été proposés [1]. Dans la suite, nous utiliserons l'opérateur suivant :

$$\begin{aligned}R(a, b) &= 1 \text{ si } a \leq b \\ &= b \text{ sinon,}\end{aligned}$$

pour son caractère qualitatif (aucune opération arithmétique n'est effectuée sur  $a$  et  $b$ ), mais d'autres choix sont évidemment possibles.

Notons que  $R$  peut être vue comme une distribution de possibilité (ou, de manière équivalente, une *contrainte flexible*) sur les valeurs de vérité  $a$  et  $b$  des propositions  $p$  et  $q$ , sachant que  $p \Rightarrow q$ . Cette interprétation sera retenue par la suite.

## 3. Description de la méthode

### 3.1 Codage des données

On choisit d'assimiler les items verbaux fournis par les juges à des degrés de vérité de propositions telles que « l'objet est vermillon » à valeurs dans l'intervalle  $[0,1]$ . Par exemple, une échelle à  $n=5$  points engendre un domaine de notation  $U=\{a,b,c,d,e\}$  avec  $0=a < b < c < d < e=1$ .

Une première étape de l'approche consiste à *fuzzifier* les évaluations fournies par les juges. On considère en effet que, si le degré de vérité fourni par le juge est évidemment plausible, des degrés voisins (dans un sens à définir) dans l'échelle de notation le sont aussi. On choisit donc de remplacer chaque évaluation par une distribution de possibilité définie sur le domaine  $U$ . La méthode de construction des distributions de possibilités associées à chaque item verbal se fonde sur l'exploitation des répétitions : nous utilisons la corrélation existant entre les items dans les réponses des juges. Nous définissons pour cela une matrice de taille  $n \times n$ , dont chaque élément  $(i, j)$  correspond au nombre de fois où un même produit, pour une propriété donnée, s'est vu attribuer les items  $i$  et  $j$  lors de deux répétitions différentes d'un même juge. Les résultats sont accumulés sur l'ensemble des juges, des produits et des propriétés. Nous obtenons alors une matrice symétrique et de diagonale unitaire. Chaque ligne  $i$  (ou chaque colonne  $j$ ) est normalisée : elle représente la distribution de possibilité de l'item numéro  $i$ . La figure 2 permet de visualiser 2 exemples :

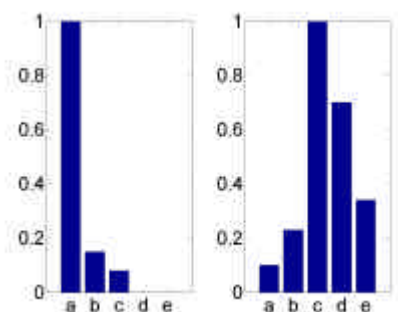


Fig. 2 – Distributions de possibilité de l'item  $a$  (à gauche) et de l'item  $c$  (à droite).

Au final, on dispose de  $n$  distributions associées à chacun des items verbaux, que l'on considère comme valables quels que soient le juge et la propriété. Notons que le procédé consistant à transformer un histogramme en distribution de possibilité par simple normalisation peut être discuté, d'autres méthodes fondées sur des principes généraux tels que le maximum de spécificité ayant été proposées [5, page 383]. En pratique, ces méthodes conduisent cependant à des

ensembles flous de même noyau et de même support que ceux obtenus par la méthode élémentaire de normalisation. D'un point de vue pratique, l'influence sur les résultats dans notre application est donc négligeable.

Comme nous l'avons souligné, il existe des cas particuliers pour lesquels la note ne sera pas un des items choisis dans l'échelle de notation. En effet, le protocole expérimental autorise les juges à ne pas évaluer une propriété. Une absence de réponse est naturellement codée par la distribution de possibilité non informative  $\pi(u)=1, \forall u \in U$ . De plus, pour certaines propriétés, le juge doit choisir entre les réponses *présence* ou *absence*. Dans ce cas, la variable correspondante est définie sur un référentiel binaire.

### 3.2 Combinaison de deux propriétés

Dans ce paragraphe, on s'intéresse aux évaluations données par un juge pour un produit donné au cours d'une répétition. On se restreint ici à l'étude de deux propriétés « Mère » et « Fille » appartenant à une même lignée. Par construction, la propriété fille est un raffinement descriptif de la propriété mère et la présence de la propriété fille implique celle de la propriété mère :  $\text{fille} \Rightarrow \text{mère}$ .

Pour respecter cette hiérarchie, le degré de vérité attribué à la propriété fille, noté  $f$ , doit donc logiquement être inférieur à celui attribué à la propriété mère noté  $m$ . L'événement contraire indique que le juge a rencontré des difficultés lors de sa notation. Pour évaluer le degré de vérité de l'implication  $\text{fille} \Rightarrow \text{mère}$ , nous utilisons l'implication floue introduite au paragraphe 2.2.

A titre d'exemple, la table 1 présente la valeur de vérité de l'implication floue pour une échelle en 5 points ( $U=\{a,b,c,d,e\}$ ). La table donnant, pour chaque couple  $(f, m)$ , la valeur prise par l'implication floue  $R$ , peut être vue comme la distribution de possibilité jointe relative au couple (Fille, Mère).

Mère\Fille	a	b	c	d	e
a	1	a	a	a	a
b	1	1	b	b	b
c	1	1	1	c	c
d	1	1	1	1	d
e	1	1	1	1	1

Table 1 – Implication floue

A ce stade, on dispose donc de trois sources d'informations :

- la distribution de possibilité portant sur les degrés de vérité de la propriété Mère (définie sur  $U$ ).
- la distribution de possibilité portant sur les degrés de vérité de la propriété Fille (définie sur  $U$ ).
- la relation  $R$  définie sur  $U \times U$  modélisant l'implication entre les propriétés Mère et Fille.

La combinaison de ces trois informations passe alors par les étapes suivantes :

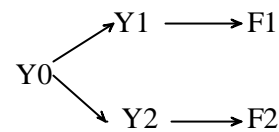
- 1) Extension des distributions Mère et Fille sur l'espace produit  $U \times U$  par l'opération d'*extension cylindrique* présentée au paragraphe 2.1.
- 2) Agrégation conjonctive des trois distributions de possibilités par l'opérateur min.
- 3) Marginalisation de la distribution agrégée par rapport aux propriétés Mère et Fille.

La distribution agrégée fournit, en plus des distributions marginales, une information supplémentaire : le conflit  $\tau$ , calculé comme le complément à 1 de la valeur maximale du tableau agrégé, qui exprime dans quelle mesure la contrainte  $Fille \leq Mère$  a été violée. Le conflit est donc un indicateur de cohérence dans la notation. Notons que les distributions marginales ne différeront des distributions d'origine qu'en cas de conflit. Notons aussi l'intérêt de ce processus de combinaison lorsque la propriété terminale de la lignée n'a pas été évaluée.

### 3.3 Algorithme global de combinaison

Considérons à présent, pour un juge, une répétition et un produit donnés, la hiérarchie de propriétés dans son ensemble. Il est important de noter que toutes les propriétés, par le jeu des implications qui les lient, apportent mutuellement des informations les unes sur les autres, qu'elles soient dans la même lignée ou dans des lignées différentes.

A titre d'exemple, considérons l'arbre fictif ci-dessous composé de deux lignées :



Le degré de vérité  $y_1$  de  $Y1$  contient de l'information concernant  $f_1$ . De même  $y_0$ , liée à  $y_1$  par une implication, influe sur  $y_1$  et, par voie de conséquence sur  $f_1$ . De plus,  $f_2$  et  $y_2$  influent sur la note de  $Y0$  pour les mêmes raisons,  $f_2$  et  $y_2$  apportent également de l'information sur  $f_1$ .

Il faut donc combiner globalement toutes les évaluations. Le processus de combinaison de deux propriétés mère-fille décrit au paragraphe précédent est théoriquement généralisable à un nombre quelconque de propriétés dans la hiérarchie. Il suffit pour cela de se placer dans l'espace produit  $U^p$  où  $p$  désigne le nombre de propriétés. Cette approche pose cependant des problèmes d'implémentation lorsque  $p$  est grand. Nous proposons un processus d'agrégation fournissant une solution approchée : l'algorithme fonctionne lignée par lignée et le processus itératif suivant est appliqué :

- on part de la racine de la lignée (Mère) ;
- on considère son successeur immédiat dans la lignée (Fille) ;
- on agrège les distributions Mère-Fille selon la procédure décrite au paragraphe 3.3 ;
- on calcule la distribution marginale du nœud fille ;
- cette distribution marginale est à son tour considérée comme la distribution Mère que

- l'on agrège avec la distribution de son successeur immédiat ;
- ce processus est répété jusqu'à la feuille terminale de la lignée.

Il reste ensuite à prendre en compte les répétitions. Pour cela, nous choisissons de n'exploiter que les distributions relatives aux propriétés de plus bas niveau dans l'arbre. Celles-ci représentent en effet le niveau de description le plus fin des produits. Pour chaque feuille terminale de l'arbre, les distributions marginales obtenues sur les différentes répétitions sont combinées par l'opérateur minimum.

### 3.4 Indicateurs de performance

A la fin de la combinaison, on dispose de plusieurs indicateurs permettant de d'évaluer le comportement des juges au cours de la séance d'évaluation. Si ce comportement n'est pas jugé satisfaisant, la personne dirigeant la séance d'évaluation peut prendre la décision de d'organiser des séances d'entraînement complémentaires.

Trois indices principaux sont calculés. Les deux premiers indices sont basés sur des taux de conflit issus des différentes étapes de combinaison. Le troisième indice, une mesure de spécificité, rend compte de la finesse de description du juge.

Le conflit  $\tau_1$ , appelé conflit inter-lignées résulte de la combinaison de l'ensemble des évaluations fournies par un juge au cours d'une répétition. On dispose d'un taux de conflit à l'issue de la combinaison de chaque lignée que l'on moyenne sur l'ensemble des lignées. Cet indicateur permet de rendre compte de la cohérence de notation des juges, du respect de la relation d'implication.

Le conflit  $\tau_2$ , appelé conflit inter-répétitions, est calculé comme la moyenne du conflit observé lors de la combinaison des distributions marginales des feuilles terminales

de l'arbre. Il rend compte de la *répétabilité* des juges c'est-à-dire de leur aptitude à évaluer de la même manière une propriété lors des différentes répétitions.

Rappelons que le protocole expérimental autorise les juges à s'arrêter au niveau de finesse de description de leur choix. Il faut pouvoir mettre en évidence cette différence de performance des juges. Pour cela, nous pouvons exploiter l'information donnée par la spécificité des distributions finales des feuilles puisque : *la spécificité est proportionnelle à la finesse de description.*

Nous avons choisi comme indice de *non spécificité* la cardinalité, définie par :

$$|\pi_x| = \sum_{u \in U} \pi_x(u)$$

*la spécificité étant donc inversement proportionnelle à la cardinalité.* En d'autres termes : plus la cardinalité est grande et moins le juge a été fin dans sa description.

## 4. Etude de cas

### 4.1 Description du protocole expérimental

L'expérimentation a été réalisée par un panel composé de 12 juges experts en analyse sensorielle. Treize échantillons de textiles automobiles ont été sélectionnés pour évaluation tactile.

Lors d'une première étape, les juges procèdent à un tri libre des produits selon leur ressemblances tactiles et décrivent chaque groupe constitué. Les juges décrivent ensuite chaque échantillon présenté successivement. L'ensemble des propriétés sensorielles générées est alors rassemblé et les juges s'accordent par consensus sur la liste définitive des propriétés avec définitions et protocoles d'évaluation associés. La deuxième étape vise à organiser les propriétés recueillies afin de dégager une architecture en lignées. Elle est basée sur un principe de regroupements successifs des propriétés *selon leur proximité*

*perceptive*. A l'issue de ces regroupements, on obtient un emboîtement de propriétés présenté sous la forme d'un arbre à plusieurs branches, comportant les propriétés organisées en niveaux de description.

Les propriétés sont ensuite présentées aux juges dans l'ordre des branches de l'arbre hiérarchique, et pour chaque branche, de la propriété la plus générale aux propriétés les plus spécifiques. Les juges évaluent alors l'intensité perçue de ces propriétés sur une échelle à 8 modalités. Lorsque cette quantification n'est pas pertinente, une réponse en *présence / absence* est demandée. Les juges doivent obligatoirement évaluer l'intensité des propriétés les plus générales de chaque branche. En revanche, pour les autres niveaux, une non réponse est tolérée si les sujets ne parviennent pas à préciser leur sensation. L'arbre étant basé sur des liens implicatifs entre les propriétés, on considère que si une propriété est absente sur un produit alors toutes les propriétés qui lui sont subordonnées (plus spécifiques) sont elles aussi absentes. Ainsi, lorsqu'une propriété est déclarée absente, le reste de la branche n'est pas présenté au juge.

## 4.2 Indicateurs de performance

Le processus de combinaison décrit dans la partie 3.3 a été appliqué aux données issues de cette expérimentation, après *fuzzification* de celles-ci. Nous présentons ci-dessous les résultats concernant les indicateurs de performance exposés dans la partie 3.4. Les figures 3, 4 et 5 s'organisent toutes de la même façon : la partie centrale représente l'un des indicateurs réparti par juge et par produit, à gauche la moyenne sur les produits et en bas, celle sur les juges. Chacune de ces parties est une image dont les éléments  $i, j$  sont représentés en niveau de gris proportionnel à leur valeur correspondante : plus la valeur de l'indicateur est importante et plus la case correspondante est claire.

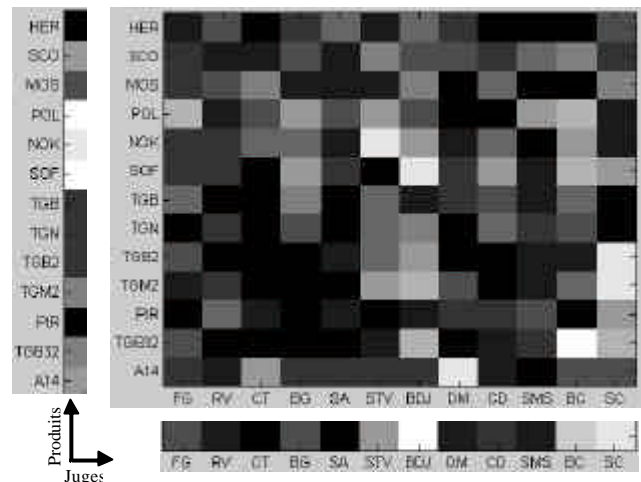


Fig. 3 - Les conflits moyens inter-lignées par juge et par produit.

La figure 3 donne une représentation du conflit  $\tau_1$ . On observe par exemple que le juge 'BC' a évalué de façon très incohérente le produit 'TGB32' comparativement aux autres couples (*juge, produit*). Le groupe de produits (POL, NOK, SOF) est celui pour lequel il y a eu le plus d'incohérence de notation tandis que les juges (BDJ, BC, SC) sont ceux qui ont le moins respecté les relations d'implication.

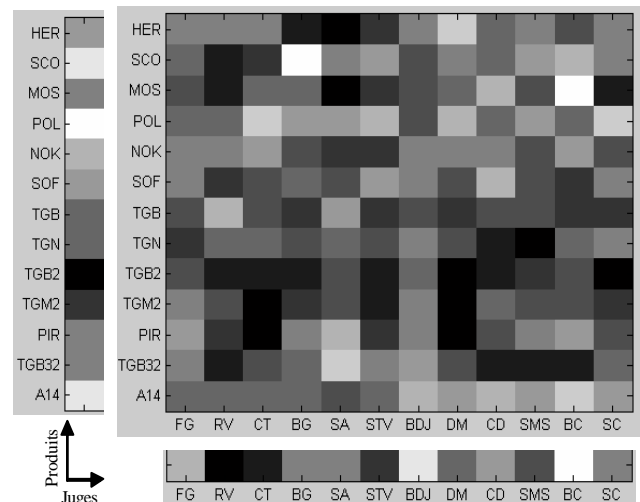


Fig. 4 - Les conflits moyens inter-répétitions par juge et par produit.

La figure 4 représente le conflit inter-répétitions  $\tau_2$ . A première vue, la répétabilité semble proportionnelle à la cohérence de notation. Les juges (BDJ, BC, SC) présentent

aussi bien un conflit  $\tau_1$  qu'un conflit  $\tau_2$  importants. De même, le produit POL est une forte source de conflit dans les deux cas. Nous pouvons également noter que la répétabilité est un point pour lequel les juges sont globalement moins performants que la finesse de description.

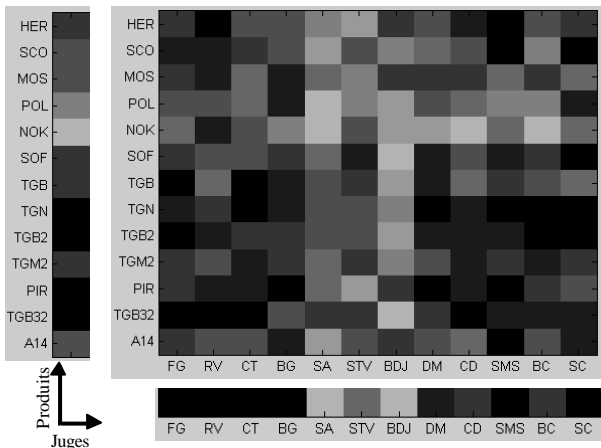


Fig. 5 - Les cardinalités moyennes par juge et par produit

Sur la figure 5, est présenté le résultat du calcul de la cardinalité. La finesse de description apparaît non corrélée à la répétabilité ni à la cohérence de notation. Le juge SC plutôt incohérent et non répétable, semble au contraire très fin dans sa description des produits, comparativement aux autres juges. Visuellement, il ne se dégage pas de lien entre cet indicateur et les deux précédents.

## 5. Conclusion

Nous avons proposé dans cet article une méthode permettant l'analyse de données organisées de manière hiérarchique, incomplètes, et incertaines. La théorie des possibilités nous fournit les outils nécessaires à la modélisation et au traitement des notes données par les juges sur les propriétés sensorielles. La structure hiérarchique des données est représentée par les implications liant les notes. Nous avons choisi de modéliser ces relations par une implication floue. La combinaison conjonctive est utilisée pour

agréger d'une part les notes d'une même lignée et d'autre part celles issues des différentes répétitions. Enfin, nous avons décrit plusieurs indices permettant de rendre compte de la performance des juges. Le conflit intra lignée caractérise la cohérence de notation, le conflit inter répétition la répétabilité et la cardinalité la finesse de description.

Nous envisageons pour la suite, d'exploiter les distributions finales des feuilles issues du processus global de combinaison afin d'obtenir notamment le profil sensoriel des produits.

## Références

- [1] J.C. Bezdek, D. Dubois & H. Prade. *Fuzzy sets in approximate reasoning and information systems*. Kluwer Academic Publishers, 1999.
- [2] B. Bouchon-Meunier. *La logique floue et ses applications*. Addison-Wesley France, 1995.
- [3] S. Chauveix. *Catégorisation et évaluation sensorielle : échelles hiérarchiques à items verbaux*, Mémoire de DEA, Université Paris VIII, 2001.
- [4] F. Cordier & C. Tijus. Object properties : a typology. *Current psychology of cognition*, 20(6) : 445 – 472, 2001.
- [5] D. Dubois & H. Prade. *Fundamentals of fuzzy sets*. Kluwer Academic Publishers, 2000.
- [6] Meilgaard, G. Civille & T. Carr. *Sensory evaluation techniques*. CRC Press, 1999.
- [7] S. Poitrenaud. *La représentation des procédures chez l'opérateur : description et mise en œuvre des savoir-faire*. Thèse de doctorat, Université Paris VIII, 1998.
- [8] I. Urdapilleta, C. Ton Nu, C. Saint Denis & F. Huon de Kermadec. *Traité d'évaluation sensorielle : aspects cognitifs et métrologiques des perceptions*. Dunod, 2001.
- [9] I. Urdapilleta, J.M. Bernard. Quasi-implications in the attribution of verbal descriptors of sensory attributes. *Current Psychology letters*, 3(9), 21, 37. 2002.
- [10] I. Urdapilleta, S. Nicklaus & C. Tijus. Sensory evaluation based on verbal judgments. *Journal of Sensory Studies*, 14(1), 79-95. 1999.