

Vers un Modèle de Fusion de Décisions de Lecteurs d'Adresses Postales Basé sur la Théorie des Fonctions de Croyance

David Mercier^{1,2} – Geneviève Cron¹ – Thierry Denœux² – Marie-Hélène Masson³

¹ SOLYSTIC

14 avenue Raspail, 94257 Gentilly Cedex

² UMR CNRS 6599 Heudiasyc, Université de Technologie de Compiègne
BP 20529 - 60205 Compiègne cedex

³ UMR CNRS 6599 Heudiasyc, Université de Picardie Jules Verne
BP 20529 - 60205 Compiègne cedex

dmercier@hds.utc.fr

Résumé : Afin d'améliorer la prise de décision pour la reconnaissance automatique d'adresses postales, les fondations d'un modèle de fusion de décisions de lecteurs d'adresses postales (LAP) basé sur la théorie des fonctions de croyance sont exposées. Ce modèle offre une grande flexibilité dans la manipulation des décisions des LAP qui ont la particularité de pouvoir s'exprimer sur plusieurs niveaux : un LAP peut fournir des adresses postales complètes ou partielles. Par rapport aux méthodes actuelles basées sur des principes de votes ne faisant que sélectionner une décision, ce modèle permet une réelle combinaison des décisions par l'exploitation des redondances, des fiabilités, et des complémentarités des décisions à combiner. Ainsi est-il en mesure de proposer des décisions plus riches, tout en proposant différents points de fonctionnement (taux de lecture, taux d'erreur) paramétrables.

Mots-clés : Fusion d'adresses postales, Reconnaissance d'adresses postales, Théorie de Dempster-Shafer, Modèle des Croyances Transférables (MCT).

1 Introduction

La reconnaissance automatique d'adresses postales est un problème difficile, recourant à une chaîne complexe de traitements variable suivant les pays [BEN 96]. Cette chaîne débute par l'acquisition d'une image d'un courrier sur lequel se trouve l'adresse du destinataire à identifier, implique différents algorithmes de reconnaissance de formes orientés vers le courrier manuscrit ou dactylographié, et se conclut par la sortie d'un code associé à une adresse postale se trouvant dans une base de données contenant l'ensemble des adresses du pays traité.

Les systèmes actuels, appelés *lecteurs d'adresses postales (LAP)*, ou encore *moteur OCR*, sont arrivés à un point où les perfectionnements peuvent suivre deux voies : une voie consiste en l'amélioration des modules de reconnaissance individuel, l'autre voie, abordée dans cet article, réside dans la combinaison ou fusion de différents LAP. Une décision fondée sur un grand nombre d'informations d'origines et de natures variées est généralement plus fiable et plus précise que toute décision prise individuellement par chaque source

d'information [APP 90, BLO 03]. Ce gain de robustesse provient essentiellement de l'exploitation des redondances, fiabilités, et complémentarités des informations. Les modèles de fusion d'informations sont donc appelés à gérer l'incertitude, les redondances, les conflits et les incohérences présentes dans ces informations à combiner.

Les solutions existantes abordent le problème à partir de principes de majorité, de votes pondérés ou de règles de combinaison [De 05, FIS 05]. Une autre approche est proposée ici, basée sur le *modèle des croyances transférables (MCT)* [SME 94]. Le MCT est une interprétation non probabiliste de la théorie de Dempster-Shafer. Il permet de gérer des informations aussi bien incertaines qu'imprécises, et fournit nombre d'outils pour la combinaison d'informations.

Dans cet article nous décrivons la problématique de fusion d'adresses postales et montrons comment un modèle construit dans le cadre du MCT peut s'appliquer.

L'organisation de cet article est la suivante. Dans le paragraphe 2, les concepts de base du MCT sont rappelés. Le paragraphe 3 présente la problématique des décisions postales à fusionner. Le paragraphe 4 expose les fondations d'un modèle de fusion d'adresses postales dans le cadre du MCT. Enfin, le paragraphe 5 conclut et aborde les perspectives.

2 Modèle des Croyances Transférables (MCT) : concepts de base

Dans le cadre du MCT, deux niveaux sont distingués dans la modélisation du raisonnement de l'agent rationnel en charge de la prise de décision :

- le niveau *crédal*, où sont représentées et manipulées les informations disponibles ;
- et le niveau *pignistique* ou *décisionnel*, siège de la construction de la décision de l'agent, lorsque ce dernier doit agir.

2.1 Représentation des connaissances

Soit x une variable à valeurs dans un ensemble fini $\Omega = \cup_{i=1}^K \{\omega_i\}$, appelé *cadre de discernement* ou *univers*. La connaissance tenue par un agent rationnel Ag , quant à la valeur ω_0 effectivement prise par X , peut être quantifiée par

une fonction de masse (en anglais, une *BBA* pour *basic belief assignment*) définie sur l'ensemble des parties de Ω , à valeurs dans $[0, 1]$, et vérifiant :

$$\sum_{A \subseteq \Omega} m_{Ag}^{\Omega}(A) = 1. \quad (1)$$

$m(A)$ représente la *part de croyance* de Ag sur le fait que « $\omega_0 \in A$ », et $m(A) > 0$ n'implique pas de masses strictement positives sur des sous-ensembles plus restreints de A , ce qui permet une modélisation plus fine des connaissances partielles. Par exemple, la fonction de masse vide définie par $m(\Omega) = 1$ représente l'ignorance totale, la masse portée par tout sous-ensemble strict de Ω est nulle. Un élément de masse non nulle est appelé *élément focal*.

2.2 Manipulation des connaissances

Un des grands intérêts de la théorie des fonctions de croyance pour la fusion d'informations réside dans le large spectre d'outils offerts pour manipuler les fonctions de croyance. Entre autres, celles-ci peuvent être [SME 93, SME 94] conditionnées, déconditionnées, marginalisées, étendues, affaiblies, ou combinées entre elles. Nous nous limitons ici à la présentation de quelques règles de combinaison utilisées dans le modèle exposé dans le paragraphe 4.

Deux fonctions de masse, m_1 et m_2 , distinctes (c'est-à-dire basées sur des connaissances distinctes, ce terme est à rapprocher de la notion d'indépendance en probabilité) et fiables peuvent être combinées en utilisant la *règle de combinaison conjonctive* définie par :

$$m_1 \odot m_2(A) = \sum_{B \cap C = A} m_1(B) m_2(C), \quad \forall A \subseteq \Omega. \quad (2)$$

Par cette règle le produit des masses est transféré sur l'intersection des éléments focaux. Une stratégie plus prudente consiste à transférer cette masse sur l'union : ce qui définit la *règle de combinaison disjonctive*.

$$m_1 \oplus m_2(A) = \sum_{B \cup C = A} m_1(B) m_2(C), \quad \forall A \subseteq \Omega. \quad (3)$$

Un compromis est défini par la règle de combinaison de Dubois-Prade [DUB 88] consistant à transférer ce produit sur l'intersection si celle-ci est non vide, sinon sur l'union.

$$m_{12}(A) = \begin{cases} m_1 \odot m_2(A) + \sum_{\substack{B \cap C = \emptyset \\ B \cup C = A}} m_1(B) m_2(C) & \forall A \subseteq \Omega, A \neq \emptyset, \\ 0 & \text{si } A = \emptyset. \end{cases} \quad (4)$$

Cette dernière règle n'est pas associative, ainsi l'ordre dans lequel les sources sont combinées à une importance.

EXEMPLE 2.1 *Intuitivement, le produit d'une masse allouée à « Compiègne », et d'une masse allouée à « Rue Solférino - Compiègne » pourra conjonctivement être transféré à « Rue Solférino - Compiègne », ou d'une manière disjonctive être transféré à « Compiègne ». Le paragraphe 3 décrit les décisions fournies par les LAP, et le paragraphe 4.1 explicite le cadre de discernement à partir duquel les fonctions de masse sont définies.*

2.3 Prise de décision

Lorsqu'une décision doit être prise, des *principes de rationalité* [SAV 54, DEG 70] justifient la stratégie consistant à choisir l'action parmi un ensemble exhaustif d'actions \mathcal{A} , qui minimise le *risque espéré* défini par :

$$\rho(\alpha) = \sum_{\omega \in \Omega} c(\alpha, \omega) P^{\Omega}(\{\omega\}), \quad (5)$$

où $P^{\Omega} : 2^{\Omega} \rightarrow [0, 1]$ est une mesure de probabilité et $c : \mathcal{A} \times \Omega \rightarrow \mathbb{R}$ une fonction de coût. À ce niveau, la fonction de croyance obtenue après combinaison doit donc être *transformée* en une mesure de probabilité. Une solution [DEN 97] consiste à utiliser la *transformation pignistique* [SME 05] en calculant la *probabilité pignistique* :

$$BetP(\{\omega\}) = \sum_{\{A \subseteq \Omega, \omega \in A\}} \frac{m(A)}{|A| (1 - m(\emptyset))}. \quad (6)$$

EXEMPLE 2.2 *Le choix de coûts 0-1 (i.e. un coût de 1 en cas d'erreur, et 0 en cas de réponse juste) conduit à choisir l'action de probabilité pignistique maximale.*

3 Problématique des décisions à fusionner

Un *lecteur d'adresses postales (LAP)* peut être modélisé comme un processus prenant en entrée une image et une base de données d'adresses postales, et retournant un code, appelé *code d'indexation*, associé à une adresse postale.

En choisissant la France comme cadre applicatif, et en ignorant par simplification les courriers à destination de l'étranger, les codes d'indexation seront considérés comme formés de deux parties :

- une *partie acheminement*, composée de 5 chiffres, relative à la ville de destination du courrier.
- et, une *partie distribution*, composée de 5 caractères, relative, soit à une voie (rue, boulevard, place), soit à une distribution spéciale, par exemple une boîte postale, un tri service arrivée.

La reconnaissance complète d'une adresse postale étant une tâche complexe, un LAP est autorisé à fournir des décisions partielles, i.e., des codes d'indexation non complets regroupant plusieurs adresses possibles.

EXEMPLE 3.1 *Si un LAP n'a aucun doute sur la ville du destinataire mais la reconnaissance de la rue pose problème, alors il est possible pour ce LAP de décider la ville et de « rejeter la rue ». Le LAP fournit alors un code d'indexation avec uniquement la partie acheminement complétée, par exemple 60200 et un point d'interrogation pour le code distribution. Ce code constitue une décision de « niveau ville » ou de manière équivalente de « niveau acheminement ».*

Le choix des niveaux de décision se fait en accord avec une hiérarchie de décisions. La hiérarchie relative à notre application est illustrée sur la figure (Fig. 1).

Un lieu d'acheminement peut être *distribuable* ou *non*. Dans le premier cas, il est nécessaire de trouver le lieu de

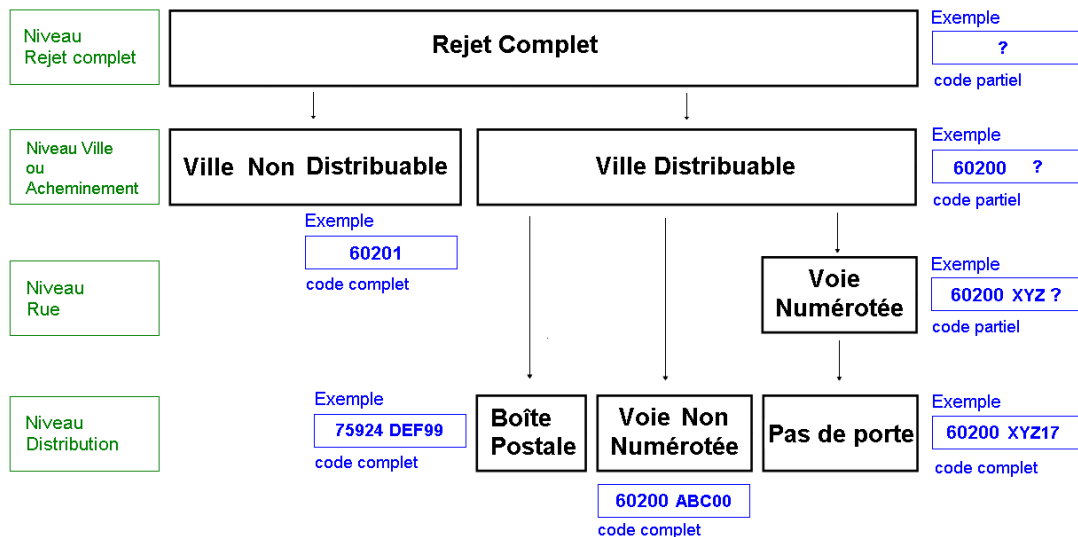


FIG. 1 – Hiérarchie des niveaux de décisions autorisées pour chaque LAP avec des exemples associés.

distribution en plus de la ville. Dans le second cas, le code acheminement suffit, il n'est pas nécessaire de travailler sur des informations de distribution. En distribution, on distingue deux types de voies : les voies *numérotées* et *non numérotées*. Dans le premier cas, il est nécessaire d'identifier la voie et le numéro de pas de porte pour pouvoir décider un code distribution complet. Dans le second cas, l'identification de la voie suffit à décider un code distribution complet (tous les pas de porte de cette voie conduisent au même code distribution).

EXEMPLE 3.2 *Supposons que sur une lettre soit écrite l'adresse « 17 rue Solférino 60200 Compiègne ». La base de données fournit comme information que le point d'acheminement « 60200 Compiègne » est distribuée et la « rue Solférino » est numérotée. En accord avec la hiérarchie, un LAP pourra alors décider :*

- « ? », i.e., un rejet complet : le code acheminement n'a pu être identifié par le LAP ;
- « 60200 ? » : le LAP a bien reconnu 60200 Compiègne mais n'a pas réussi à statuer sur la voie ;
- « 60200 XYZ ? » : le LAP a bien reconnu la ville et la voie mais pas le numéro de pas de porte qui doit être spécifié pour obtenir l'adresse complète du destinataire ;
- « 60200 XYZ17 » : le LAP décide une adresse complète.

Dans le cas d'une voie non numérotée, comme la voie « rue de l'Oise » par exemple, même en l'absence de numéro de pas de porte clairement identifié, le LAP peut décider un code complet en l'occurrence ici : 60200 ABC00. Par exemple, le numéro 7 et le numéro 9 de cette rue même s'il existe réellement, seront associés à ce même code, d'où l'importance d'une base de données postales commune aux LAP.

Enfin, si un code acheminement non distribuée se trouve sur l'envoi à identifier, par exemple « 60201 Compiègne cedex », la décision complète est 60201 sans code distribution. « 60201 » est un code d'indexation complet, as-

socié à une adresse complète.

Supposons disposer de N LAP associés à la même base de données postales et à la même hiérarchie. La problématique consiste à fournir, pour chaque image, la meilleure décision possible connaissant les N décisions issues des N LAP. Pour statuer sur cette « meilleure décision », des critères de performance sont définis de la manière suivante.

DÉFINITION 3.1 (TAUX DE PERFORMANCE) *À chaque niveau de la hiérarchie (par exemple en acheminement ou en distribution), il est possible de mesurer, pour chaque LAP, les taux de performance suivant : le taux de lecture ou taux de reconnaissance, égal au pourcentage de bonnes décisions données par le LAP à ce niveau ; le taux d'erreur ou taux de substitution égal au pourcentage de décisions incorrectes données par le LAP à ce niveau ; et le taux de rejet, égal au pourcentage de rejets effectués par le LAP à ce niveau.*

Généralement les LAP sont comparés sur leurs taux de performance en acheminement et en distribution. Les performances en distribution concernent des images dont la vérité est relative à une rue ou une boîte postale, les villes non distribuables ne sont pas concernées. Les performances en acheminement concernent toutes les images. Dès que le point acheminement est correct, la décision est considérée correcte au niveau acheminement même si la distribution est erronée.

EXEMPLE 3.3 *Une décision « 60200 XYZ17 » (i.e. « 17 rue Solférino 60200 Compiègne »), fournie sur une image dont la vérité est « 60200 ABC00 » (i.e. « rue de l'Oise 60200 Compiègne »), est comptée comme une réponse correcte en acheminement (la lettre sera acheminée dans la bonne ville) mais comptée en erreur en distribution (la lettre est distribuée dans la mauvaise rue).*

La lecture du courrier jusqu'au point distribution est ainsi plus difficile que la seule lecture de la partie acheminement.

Tout l'intérêt des modèles de combinaison réside dans l'obtention de performances se situant dans une zone favorable par rapport aux performances individuelles des LAP à fusionner : lire plus en faisant moins d'erreurs, ou lire plus à taux d'erreur comparable, ou lire autant à taux d'erreur moindre. Le paragraphe suivant donne les bases d'un tel modèle de combinaison.

4 Un modèle de base pour la fusion d'adresses postales

4.1 Choix du cadre de discernement et représentation d'une adresse postale

Notre application a pour but d'identifier l'adresse du destinataire d'un courrier postal. Il est possible que l'adresse inscrite sur ce courrier comporte des erreurs plus ou moins importantes. Ces erreurs peuvent être de natures très diverses :

- une contradiction peut être présente, par exemple : le code postal inscrit ne correspond pas à l'intitulé de la ville, ou la rue n'est pas dans la ville ;
- une information peut être absente, par exemple : le numéro de pas de porte ou le code postal est oublié, voire même, il n'y pas d'adresse sur l'enveloppe ;
- des informations peuvent être indéchiffrables, raturées, illisibles même pour un humain ;
- l'adresse inscrite peut ne pas se trouver dans la base de données, et par conséquent, peut ne pas exister.

Chaque type d'erreur doit ou non être corrigé en fonction de règles spécifiques au pays traité. Si l'adresse inscrite sur l'enveloppe ne contient pas d'erreurs ou contient une erreur qui doit être corrigée, alors cette adresse sera dite « *valide* ». Les adresses comportant des erreurs non rattrapables seront dites « *totalelement invalides* », dans le cas où la ville ne peut être reconnue (cas des enveloppes blanches par exemple), et seront dites « *partiellement invalides* » lorsque l'intitulé de l'adresse complète ne peut être reconnu, mais il est possible de décider au moins la ville (il s'agit du minimum à reconnaître d'après la hiérarchie (Fig. 1)).

Ainsi, le cadre de discernement Ω est constitué de l'ensemble des adresses valides, de l'ensemble des adresses partiellement invalides et d'un élément représentant les adresses totalement invalides.

Les éléments singletons de Ω sont les lieux géographiques de niveau de finesse maximal dans la hiérarchie accompagnés des adresses invalides. Explicitement, les éléments singletons sont les suivants.

- Les points de distribution correspondants à des pas de porte dans des voies numérotées : par exemple, le 17 rue Solférino à Compiègne.
- Les points de distribution correspondants à des voies non numérotées, par exemple : rue de l'Oise à Compiègne.
- Les points de distribution correspondants à des boîtes postales, par exemple : TSA 21109, 75924 Paris.
- Les points acheminement non distribuables, par exemple : 60201 Compiègne Cedex.
- Des adresses invalides partiellement. Par la hiérarchie (Fig. 1), deux cas sont possibles.

- Soit la partie acheminement est bien identifiée et la partie distribution est invalide. Par exemple, il y a écrit 60200 Compiègne sur la lettre, mais la partie distribution est illisible ou absente, et dans ce cas il faut décider 60200 et la partie distribution est invalide, ce que nous noterons par le code « *60200 inv* ».
- Soit il s'agit d'une voie numérotée et le numéro est non identifiable. Par exemple, « rue Solférino 60200 Compiègne » se trouve écrit sur le courrier. Dans ce cas, il faut décider 60200 XYZ et le numéro de voie est invalide, ce que nous noterons par le code « *60200 XYZ inv* ».
- Une adresse invalide totalement, notée par le code « *inv* », comme c'est le cas par exemple pour une lettre blanche.

EXEMPLE 4.1 *Considérons une base de données ne contenant que deux points acheminement, A_1 et A_2 , où A_1 est non distribuable, et A_2 est distribuable. Si, de plus, A_2 est composée de deux boîtes postales, B_1 et B_2 , d'une rue non numérotée R_1 , et d'une rue numérotée R_2 comportant seulement trois numéros 2, 4 et 6 (points de distribution notés R_{22} , R_{24} et R_{26}). Alors, dans ce cas simple, les points d'invalidité partiels sont R_2inv (numéro invalide dans la rue R_2) et A_2inv (partie distribution invalide dans A_2), et tous les singletons de Ω peuvent être représentés sur la figure (Fig. 2). Nous avons :*

- $R_2 = \{R_{22}, R_{24}, R_{26}, R_2inv\}$,
- $A_2 = R_2 \cup \{R_1, B_1, B_2, A_2inv\}$,
- $\Omega = \{R_{22}, R_{24}, R_{26}, R_2inv, R_1, B_1, B_2, A_2inv, A_1, inv\} = A_2 \cup \{A_1\} \cup \{inv\}$.

Notons bien que dans la réalité, la cardinalité de Ω est bien plus grande, supérieure au million.

Disposant de plusieurs LAP, nous proposons d'associer la décision de chaque LAP à une fonction de croyance de cadre de discernement Ω . Celle-ci modélise les croyances du LAP sur la véritable adresse de l'image en cours de traitement. Une part de croyance sur le fait que la vérité se trouve dans un certain lieu est modélisée par une fonction de masse portant sur l'ensemble des éléments singletons composant ce lieu. Le paragraphe suivant expose des éléments d'affectation de ces masses.

4.2 Génération des fonctions de croyance

Lorsqu'un LAP fournit une décision, celle-ci peut être caractérisée par son niveau dans la hiérarchie, par exemple, le LAP fournit une décision boîte postale, par le type d'écriture de l'adresse : dactylographié ou manuscrit, par la nature du courrier : courrier petit/grand format, magazine, carte postale, etc. Ces caractéristiques définissent des *types de décision*. Une méthode d'affectation des masses consiste à construire les masses à partir des taux de performance pour chacun de ces types de décision, calculés à partir d'un lot de courrier identifié, dédié à la phase d'apprentissage.

EXEMPLE 4.2 *Un LAP fournit une décision « 60200 XYZ 17 », et les performances liées à ce*

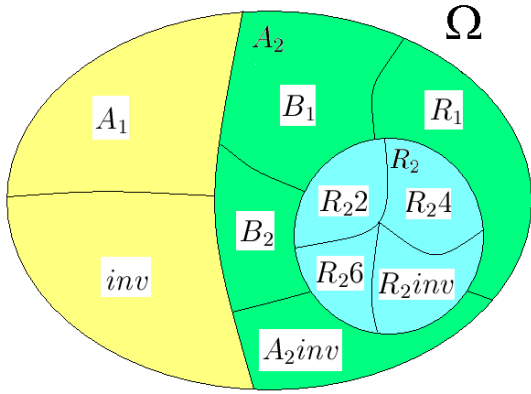


FIG. 2 – Éléments du cadre de discernement associés à l'exemple 4.1.

type de décision sont : dans 88% des cas une réussite globale, dans 7% des cas le numéro du pas de porte est incorrect mais le reste est juste, dans 3% des cas la rue est fautive mais la ville est juste, et dans 2% des cas tout est faux. L'affectation proposée est alors la suivante : $m_{LAP}(\{60200.XYZ17\}) = 0.88$, $m_{LAP}(60200.XYZ) = 0.07$, $m_{LAP}(60200) = 0.03$ et $m_{LAP}(\Omega) = 0.02$.

Les fondements de cette méthode d'affectation des masses sont exposés dans [MER 05].

4.3 Combinaison des fonctions de croyance

L'exemple suivant illustre le transfert des masses par différentes combinaisons présentées au paragraphe 2.2, dans le cas d'une combinaison de deux décisions conflictuelles.

EXEMPLE 4.3 Soient deux LAP OCR_1 et OCR_2 . Supposons que les décisions fournies soient « 60200 ? » pour le premier et « 60201 » pour le second, avec une affectation des masses telle que :

$$\begin{aligned} - m_{OCR_1}(60200) &= 0.95, m_{OCR_1}(\{60200inv\}) = 0.04 \text{ et } m_{OCR_1}(\Omega) = 0.01, \\ - m_{OCR_2}(60201) &= 0.9, m_{OCR_2}(\Omega) = 0.1. \end{aligned}$$

Alors une combinaison conjonctive $m = m_{OCR_1} \odot m_{OCR_2}$ vérifie :

$$\begin{aligned} m(60200) &= 0.095, \\ m(\{60200inv\}) &= 0.004, \\ m(\{60201\}) &= 0.009, \\ m(\Omega) &= 0.001, \\ m(\emptyset) &= 0.891. \end{aligned}$$

Le conflit entre les deux décisions se matérialise par une masse élevée sur l'ensemble vide. Un traitement spécifique suivant l'importance de ce conflit, pourra être réalisé à ce niveau [SME 06]. Lors de la prise de décision, l'application de la transformation pignistique (6) entraînera une disparition de ce conflit par normalisation.

Les deux autres combinaisons n'entraînent pas de transfert de masse sur le vide, une combinaison disjunctive $m =$

$m_{OCR_1} \oplus m_{OCR_2}$ conduit à :

$$\begin{aligned} m(60200 \cup \{60201\}) &= 0.855, \\ m(\{60200inv, 60201\}) &= 0.036, \\ m(\Omega) &= 0.109, \end{aligned}$$

et une combinaison de Dubois et Prade entraîne :

$$\begin{aligned} m(60200 \cup \{60201\}) &= 0.950, \\ m(\{60200inv, 60201\}) &= 0.036, \\ m(\{60200inv\}) &= 0.004, \\ m(\{60201\}) &= 0.009, \\ m(\Omega) &= 0.001. \end{aligned}$$

4.4 Prise de décision

En Notant D_{ache} (respectivement, D_{rue} , $D_{distrib}$), l'ensemble des décisions de niveau acheminement (respectivement, de niveau rue, de niveau distribution), l'ensemble des actions \mathcal{A} pouvant être effectuées par un LAP est définie par :

$$\mathcal{A} = \{\Omega\} \cup D_{ache} \cup D_{rue} \cup D_{distrib} \quad (7)$$

où « décider la vérité est dans un ensemble A » est identifié à « A ».

Idéalement les coûts de décision sont donnés par des experts du domaine ou le client, et reflètent des coûts réels financiers. Mais si le client préfère une combinaison avec un taux d'erreur maîtrisé à certains niveaux, ces coûts peuvent être appris à partir d'un ensemble d'apprentissage pour obtenir un comportement attendu de la combinaison.

La figure (Fig. 3) illustre différents points de fonctionnement résultant de la combinaison de deux LAP obtenu à partir de différents coûts de décision et différentes combinaisons. Afin de préserver la confidentialité des performances des LAP utilisés, l'origine de l'axe des abscisses représentant le taux de lecture au niveau distribution a une valeur de référence noté \mathcal{L} , de même, le taux d'erreur est exprimé en fonction d'un taux de référence, noté \mathcal{E} .

- le taux de référence en lecture au niveau distribution \mathcal{L} a une valeur supérieure à 60%,
- le taux de référence en erreur au niveau distribution \mathcal{E} a une valeur inférieure à 0.4%.

Les points de fonctionnement attachés à une même combinaison ont été reliés par une interpolation polynomiale. Dans tous ces cas, le réglage des coûts permet de déterminer une zone de fonctionnement pour un comportement (taux de lecture, taux d'erreur) attendu.

5 Conclusion et perspectives

Cet article présente une introduction à la fusion d'adresses postales par la théorie des fonctions de croyance. Un modèle de base a été exposé. Les performances des systèmes de reconnaissance d'adresses postales, possédant déjà de bonnes performances, sont significativement améliorées par cette combinaison. En outre, une des spécificités de cette fusion réside dans la possibilité de fournir des décisions à différents niveaux. Sur ce point, le modèle présenté se révèle très flexible dans la manipulation des informations : la

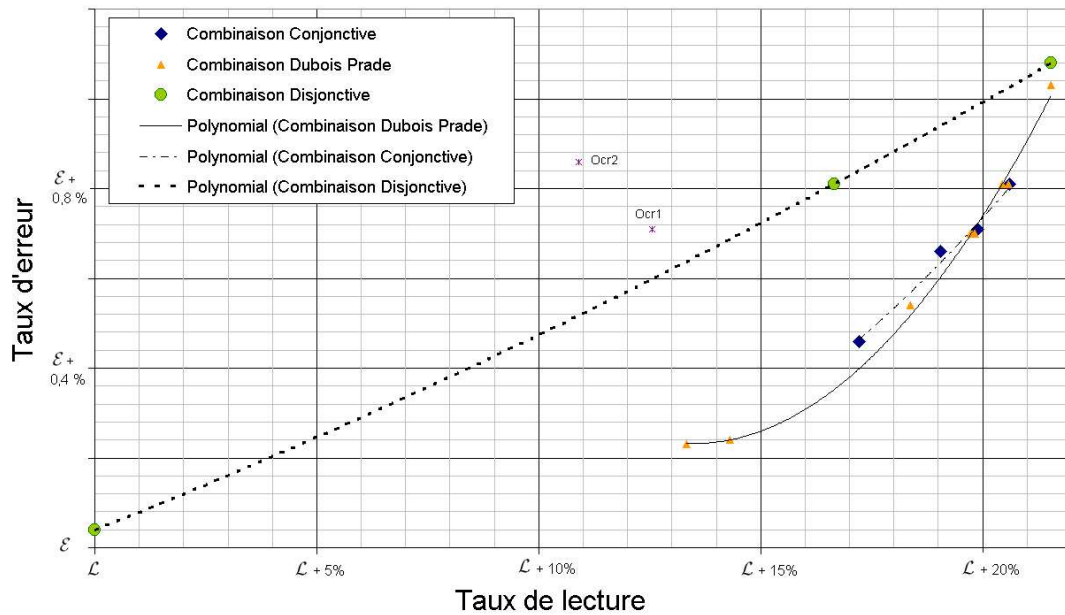


FIG. 3 – Points de fonctionnement de la fusion de deux LAP (ou moteurs OCR) en fonction de différentes combinaisons utilisées.

combinaison peut être réglée pour fonctionner dans un cadre (taux de lecture, taux d'erreur) défini.

Dans la réalité certains LAP, ou moteur OCR, fournissent en plus de leurs décisions des scores de confiance. La présence de ces scores fournit une nouvelle information qui peut être intégrée à cette combinaison en interprétant les scores par des fonctions de croyance. Les scores ont l'avantage de caractériser l'image de l'envoi en cours d'identification, leur intégration devrait être suivie d'une amélioration de la combinaison.

Enfin, la pertinence de cette approche devra s'illustrer par la confrontation à d'autres approches de combinaison.

Références

- [APP 90] APPRIOU A., Perspectives liées à la fusion de données, *Science et Défense* 90, , 1990.
- [BEN 96] BENYOUB B., Une application industrielle de reconnaissance d'adresses, *Colloque National sur l'Écrit et le Document*, Nantes, France, 1996, pp. 93–100.
- [BLO 03] BLOCH I., *Fusion d'informations en traitement du signal et des images*, Hermès, Paris, France, 2003.
- [De 05] DE LEO G., VICENZI M., , FRANZONE C., EL-SAG SPA. European Patent : Mail recognition method, Number : EP 1 594 077 A2, November 2005.
- [DEG 70] DEGROOT M., *Optimal Statistical decisions*, McGraw-Hill, New York, 1970.
- [DEN 97] DENÈUX T., Analysis of evidence-theoretic decision rules for pattern classification, *Pattern Recognition*, vol. 30, 1997, pp. 1095–1107.
- [DUB 88] DUBOIS D., PRADE H., Representation and combination of uncertainty with belief functions and possibility measures, *Computational Intelligence*, vol. 4, 1988, pp. 244–264.
- [FIS 05] FISHER M., Siemens AG. International Patent : System and method for smart polling, Number : WO 2005/050545 A1, June 2005.
- [MER 05] MERCIER D., CRON G., DENÈUX T., , MASSON M., Fusion of multi-level decision systems using the Transferable Belief Model, *Proceedings of the 8th International Conference on Information Fusion (FUSION 2005)*, 2005.
- [SAV 54] SAVAGE L., *The Foundations of Statistics*, Wiley, New York, 1954.
- [SME 93] SMETS P., Belief functions : the disjunctive rule of combination and the generalized bayesian theorem, *International Journal of Approximate Reasoning*, , 1993, pp. 1–35.
- [SME 94] SMETS P., KENNES R., The Transferable Belief Model, *Artificial Intelligence*, vol. 66, 1994, pp. 191–243.
- [SME 05] SMETS P., Decision Making in the TBM : the Necessity of the Pignistic Transformation, *International Journal of Approximate Reasoning*, vol. 38, n° 2, 2005, pp. 133–147.
- [SME 06] SMETS P., Analyzing the Combination of Conflicting Belief Functions, *Information Fusion*, , À paraître, 2006.