

# L'écrit et le document

---

## Premier degré de caractérisation des écritures manuscrites

---

### *First Degree of Characterization for Handwriting*

par Jean-Pierre CRETTEZ

ENST Paris; CNRS URA 820; Département Images;  
46 rue Barrault; 75634 Paris Cedex 13  
Tel : 45 81 74 60, mail : crettez@ima.enst.fr

#### Résumé

L'écriture manuscrite, comme la plupart des productions de l'activité humaine, présente une étonnante *variabilité*. Nous étudions cette variabilité afin d'obtenir, préalablement à sa reconnaissance, un premier degré de caractérisation de l'écriture manuscrite. Sur des écrits possédant peu de mots, ce premier degré de caractérisation peut être déterminé, au niveau de chaque mot, par un petit nombre d'observations largement indépendantes de leur contenu sémantique, et, par suite, propres à la main du scripteur. Une étude statistique portant sur 980 montants littéraux de chèques montre que ces observations sont peu corrélées entre elles : elles définissent un espace de variabilité inégalement dense, laissant ainsi apparaître la possibilité d'un regroupement des écritures en familles.

**Mots clés :** Ecriture manuscrite, caractérisation, familles d'écriture.

#### Abstract

*Like all products of human activity, handwriting exhibits extreme variability. We are analysing this variability before initiating a text recognition process, a first degree of characterization for handwriting. In the case of handwriting consisting of few words, such as the literal amount of cheques, this first degree can be obtained for each word independent of its semantic signification by extracting a small number of measures. Based on the analysis of 989 handwritten amounts from cheques, it is shown that these measures are weakly correlated and define a variability space of non-uniform density, which suggests the possibility of classification of handwriting into a set of several families.*

**Key words :** Handwriting, handwriting characterization, families of handwriting.

## 1. Introduction

L'écriture manuscrite est le résultat d'un processus complexe, soumis à l'influence d'un grand nombre de facteurs inter- et intra-scripteurs. Ces différents facteurs, propres, intentionnels, émotionnels, circonstanciels ... expliquent la *variabilité* de l'écriture manuscrite. Face à cette variabilité, si la lecture d'un texte manuscrit ne présente pas de difficultés pour un être humain, le même texte manuscrit constitue pour tout système informatique une situation particulière : le nombre de situations particulières paraît infini. Devant cette variabilité des écritures et cette diversité des scripteurs, quelle attitude devons-nous adopter, de quels moyens devons-nous doter la machine pour parvenir à une bonne reconnaissance de l'écrit? Jusqu'à présent, en ce qui concerne la reconnaissance de l'écriture manuscrite « hors-ligne » multi-scripteur, les spécialistes du domaine ont cherché à minimiser l'importance de la variabilité par deux stratégies : d'une part ils ont tenté d'uniformiser les données par une dé-personnalisation de l'écrit grâce à la squelettisation du tracé et à son redressement,

et d'autre part, ils ont particularisé le problème à résoudre, en restreignant le nombre d'objets à reconnaître (ex : les chiffres manuscrits isolés), en limitant le vocabulaire (ex : les nombres écrits en lettres), ou en considérant un vocabulaire limité par morceaux (les noms de ville associés à un code postal donné). Cette uniformisation des données et cette particularisation du problème ont permis aux systèmes de parvenir à des résultats tangibles. Toutefois, pour améliorer les résultats et pour tenter d'absorber la variabilité restante, certains auteurs [GILLOUX M. et LEROUX M., 1992], [GILLOUX M., 1993], ont introduit des modèles de Markov, fondés sur les probabilités d'occurrence des régularités. Nous pensons qu'il faut aller plus loin et qu'il est préférable de s'adapter à la variabilité de l'écriture, plutôt que de chercher à l'occulter. De même que la *variabilité* est une propriété inhérente aux êtres vivants [JACOB F. (1970)], la *faculté d'adaptation* leur est aussi une qualité propre. Evidemment, vouloir adapter le système de reconnaissance à chaque écriture est un projet ambitieux, l'adaptation implique d'effectuer une analyse de la situation écrite, ou encore d'effectuer une pré-reconnaissance. On aimerait par exemple pouvoir dire : « c'est une

écriture homogène, droite, fine avec des boucles bien marquées », ou bien « c'est une écriture épaisse, penchée à gauche, sans liaison, dont les boucles sont obturées », ou encore, « c'est une écriture petite, bouclée, non-homogène, penchée à droite... ». Il ne s'agit pas d'identifier le scripteur (PLAMONDON R., LORETTE G., [1989]) mais plus modestement de savoir à quel genre ou à quelle famille une écriture donnée est susceptible d'appartenir. Une telle pré-reconnaissance devrait permettre de proposer aux processus de Markov plusieurs modèles de mots (GILLOUX M., [1994]) et parvenir ainsi à une bonne amélioration des taux de reconnaissance.

Nous avons donc cherché quelles étaient les observations caractéristiques qui permettaient de qualifier une écriture préalablement à sa reconnaissance, et comment il était possible de quantifier ces observations. Une telle démarche qui consiste à extraire des caractéristiques propres au scripteur et indépendante du contenu sémantique de l'écrit, conduit inévitablement à tenter de résoudre le problème fondamental de la séparation du *signifiant* et du *signifié*.

Bien que la méthode que nous proposons pour étudier la variabilité de l'écriture soit très générale, nous l'appliquons ici dans le cadre d'un vocabulaire réduit, pour des documents présentant peu de mots. Nous avons utilisé pour notre étude une base de données comportant 980 montants littéraux de chèques postaux numérisés à 300dpi (soit au total 3796 mots, avec une moyenne de 4 mots par montant ou par scripteur).

## 2. Analyse non-supervisée de l'écriture

Les spécialistes considèrent l'écriture manuscrite comme une succession d'unités graphémiques : les *allographes*. Les allographes sont propres à chaque scripteur : ce sont les représentations de ses propres graphèmes. Les graphèmes sont reliés entre eux par des liaisons personnalisées pour former les mots. Les allographes sont constitués par un enchaînement de *traits de plume* différents que l'on appelle les *allographes*, de telle sorte qu'il faut considérer le graphisme de chaque mot comme une succession d'allographes. Les allographes sont donc les éléments de base permettant l'édification des mots : ils obéissent à des lois comme n'importe quelle trace écrite. Des allographes différents, tracés par un même scripteur, contiennent souvent des allographes semblables : (par exemple ceux qui correspondent aux jambages des lettres).

Ainsi la détection de l'allure générale des principaux allographes (des traits de plume) doit permettre d'obtenir un premier degré de caractérisation de la main du scripteur indépendamment du contenu sémantique de ce qu'il écrit. Cependant la détection des formes allographiques propres doit permettre d'avoir une connaissance plus fine et plus personnelle du tracé de l'écriture, et donc de parvenir à un deuxième degré de caractérisation de la main du scripteur. Mais ce deuxième degré de caractérisation nécessite

évidemment la reconnaissance des formes allographiques, et donc la détermination de la sémantique des mots. Dans le premier cas, nous disons que nous effectuons une *analyse non-supervisée* de l'écrit, et dans le dernier cas une *analyse supervisée*. Puisque les montants présentent peu de mots à l'observation, nous disons que nous effectuons une *analyse supervisée restreinte*.

## 3. Choix des observations

Il existe des écritures grandes, petites, fines, épaisses, étalées, étrécies, espacées, verticales, inclinées, renversées, redressées, bouclées, sinueuses, convexes... Comment évaluer tous ces adjectifs ? Comment les quantifier ? C'est ce difficile problème que nous abordons maintenant en essayant de proposer un petit nombre d'observations significatives.

Nous pensons que les observations proposées doivent être obtenues en respectant les principes suivants :

*Premier principe* : le respect des données. Les données sont des images binaires qui sont le résultat d'une numérisation suivie d'un seuillage adaptatif. Il faut respecter les données et éviter de rajouter des traitements arbitraires, comme effectuer des opérations de filtrage, de squelettisation, et de redressement.

*Deuxième principe* : les mesures de ces observations doivent être simples à obtenir, robustes, et le plus possible correspondre à une grandeur physique caractéristique de l'écriture.

*Troisième principe* : statistiquement, les mesures effectuées au niveau des mots sont plus significatives sur les mots longs que sur les mots courts.

Puisque le nombre de mots soumis à l'observation est faible, les observations doivent porter sur des traits qui soient communs à chaque mot, et qui soient si possible sémantiquement non-signifiants. Ces observations ne peuvent s'appuyer sur les critères distinctifs habituellement utilisés pour la reconnaissance. Elles ne peuvent s'appuyer ni sur les boucles, puisque certains mots du vocabulaire ne comportent pas de boucle, par exemple : *un, six...*), ni sur les extensions basses, puisque certains mots du vocabulaire ne comportent pas d'extension basse (*deux, huit, dix, six...*), ni sur les extensions hautes, puisque certains mots du vocabulaire ne comportent pas d'extension haute (*cinq, six, onze...*), ni sur les barres du *t* puisque certains mots du vocabulaire ne comportent pas la lettre *t* (*cinq, six, onze...*); en effet, la détection de ces particularités implique déjà une étape de reconnaissance, elle nous place en-dehors du cadre volontairement non-sémantique de notre recherche. Ainsi, seules sont possibles les observations relatives aux parties « superficielles » et non-informantes du tracé. Cependant, il faut considérer l'écriture manuscrite comme un graphisme structuré. Les mots sont le résultat d'un tracé, ils ont un corps et sont formés par des lettres plus ou moins resserrées. Nous avons retenu 11 observations : 3 observations relatives à la structure du mot, et 8 observations relatives aux orientations du tracé.

### 3.1. LES OBSERVATIONS RELATIVES À LA STRUCTURE DU MOT

L'épaisseur du tracé constitue la première observation. Elle est indépendante de la sémantique que l'on peut mesurer. Elle ne dépend que du dispositif d'écriture et de la pression exercée par le scripteur. Un tracé fin conduit à une meilleure structuration des lettres, mais risque de provoquer des déconnexions dans la continuité du tracé. Un tracé épais risque d'entraîner l'obturation des boucles, rendant incertain un processus de squelettisation : ce phénomène d'obturation est d'autant plus important que la hauteur de la ligne d'écriture est faible. La mesure de l'épaisseur effectuée sur les 3796 mots de la base présente une distribution monomodale, centrée autour de 8 pixels : (figure 1a).

Le corps des minuscules ou la hauteur de la zone médiane forme la deuxième observation. Celle-ci est détectée par une méthode fondée sur le produit de l'histogramme horizontal (projection des

pixels noirs sur une droite verticale) et de l'histogramme des transitions horizontales. La distribution des hauteurs du corps de tous les mots de la base est représentée figure 1.b. Il s'agit encore d'une distribution monomodale centrée autour d'une hauteur de 30 pixels.

Enfin la troisième observation est obtenue par la densité spatiale de l'écriture ou nombre de lettres tracées par unité de longueur. Une écriture trop dense peut entraîner une malformation des lettres, une écriture trop relâchée peut entraîner une extension anormale de la forme des lettres, qui peut dégénérer en une élongation excessive en fin de mot. Puisque les lettres ne sont pas détectées, cette observation est mesurée par le nombre de transitions verticales rencontrées par unité de longueur, au milieu de la zone médiane. La distribution de la mesure de cette observation (figure 1.c) est monomodale, centrée autour de 0.050 trait/pixel, et répartie de 0.038 à 0.068 trait/pixel.

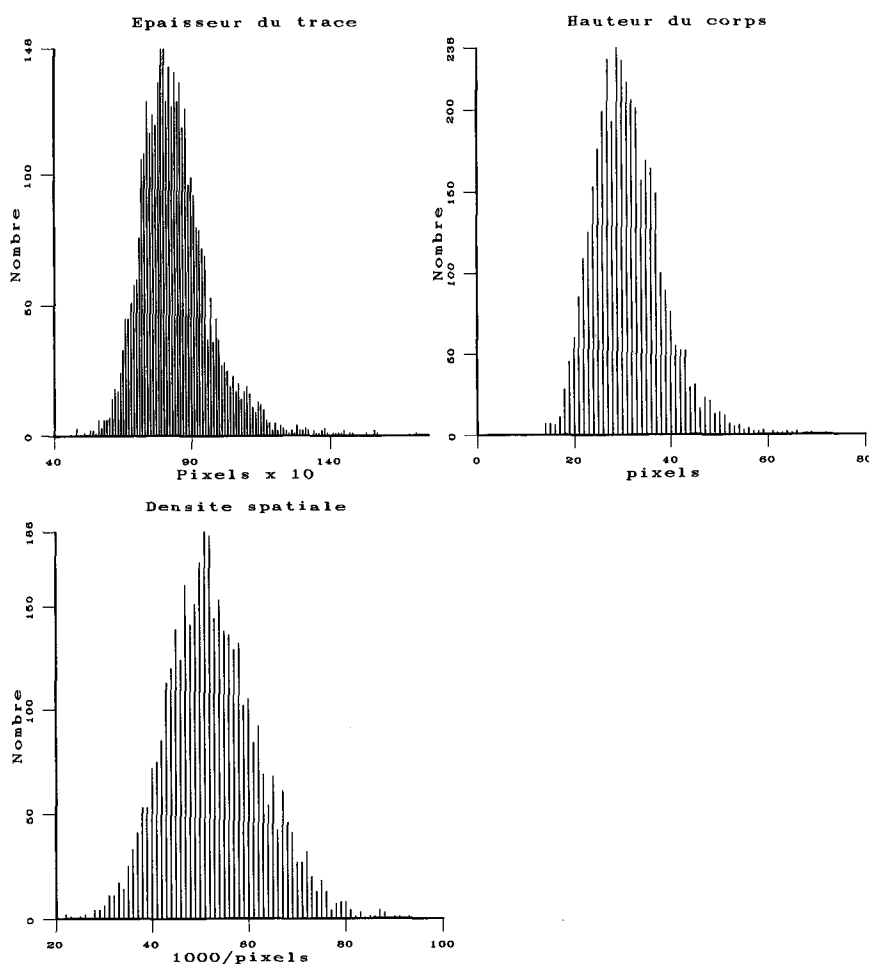


Fig. 1. – Distribution de l'épaisseur du tracé, de hauteur du corps, et de la densité spatiale d'un ensemble de 3796 mots.

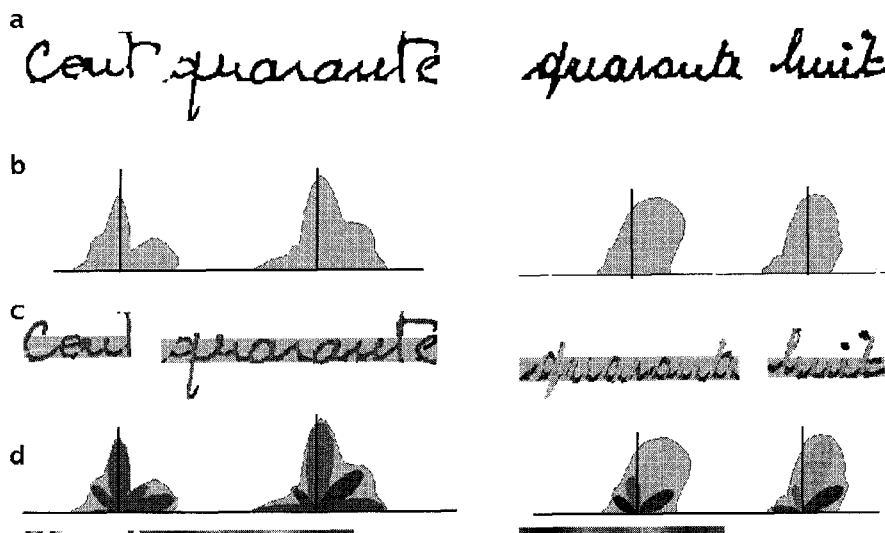


Fig. 2. – Séparation du signifiant et du signifié.

Les diagrammes d'orientation montrent une ressemblance lorsqu'ils proviennent des mots d'un même montant, et une dissemblance lorsqu'ils proviennent de mots différents. Les 4 lobes d'orientations issus de la décomposition de ces diagrammes montrent une forte ressemblance entre les mots d'un même montant, et une plus grande dissemblance entre les mots de montants différents.

### 3.2. LES OBSERVATIONS RELATIVES À LA STRUCTURE DU MOT

D'après Thomassen A.J. [THOMASSEN, (1990)], le tracé de l'écriture est le résultat de 3 mouvements : celui du bras, du poignet et des doigts. Suivant l'aisance avec laquelle un scribeur effectue et coordonne ces 3 mouvements, le tracé de son écriture prend des orientations préférentielles qui lui confèrent un aspect propre.

En effet, chaque scribeur emprunte certaines orientations plus fréquemment et plus intensément que d'autres. La répartition des tracés cumulés suivant lesquels le stylet emprunte chacune de ces orientations peut être considérée comme une caractéristique de la main du scribeur. Pour un mot donné, cette répartition des orientations s'obtient en détectant les différentes parties rectilignes du tracé. Comme ces parties rectilignes se décomposent respectivement en segments de droite parallèles d'épaisseur égale à un pixel, il suffit de dresser le graphe donnant, en fonction des orientations, la somme cumulée des longueurs des segments détectés dans le tracé. Nous avons choisi un ensemble de 36 orientations discrètes, définies de  $-90...$  à  $90...$ , par un ensemble de 36 droites discrètes. Par convention, nous avons pris l'axe vertical pour axe de référence des orientations. D'autre part nous disons qu'un segment de droite n'est significatif que si sa longueur est supérieure à un seuil  $s_0$  donné fonction de l'épaisseur du tracé et de la hauteur du corps du mot.

#### – Diagramme d'orientation

L'histogramme est ensuite normalisé par rapport à l'importance du mot, et représenté selon un diagramme polaire, que nous appelons le *diagramme d'orientation*. Ce diagramme d'orientation

constitue une bonne représentation des différentes inclinaisons du tracé du mot, et une bonne caractérisation de la morphographie de l'écriture.

Cependant, il est important de noter que, puisque l'information concernant la position des segments de droite est perdue au cours de la sommation, le diagramme ainsi produit possède une propriété d'invariance semblable à celle que présentent les cellules complexes du cortex strié. Il est bien connu que les réponses de ces cellules sont sensibles à l'orientation des stimuli, mais sont indépendantes de la position de ces stimuli à l'intérieur de leur champ récepteur. [CRETTEZ J.P., (1985)]. Cette propriété d'invariance à la position permet, toute proportion gardée, de séparer, pour chaque mot, la partie morphographique ou morphographémique (la manière avec laquelle le mot est écrit), de sa partie sémantique.

Pour illustrer cette propriété, la figure 2a représente les mots de deux montants littéraux, et la figure 2b représente les diagrammes d'orientation associés à chacun de ces mots. On remarque pour chaque montant une ressemblance entre ses 2 diagrammes d'orientation, et une dissemblance entre les diagrammes d'orientation appartenant à des montants différents. Plus précisément, les mots *quarante* et *huit* du deuxième montant possèdent des lettres différentes, ils ont néanmoins des diagrammes d'orientation d'aspect similaire. Mais, les diagrammes d'orientation des mots *quarante* du premier et du deuxième montant ont des aspects différents. Les diagrammes d'orientation contiennent donc une information propre à la manière d'écrire du scribeur, indépendamment du contenu des mots. Cela illustre notre propos concernant la séparation de la partie morphographique de la partie sémantique.

## – Décomposition des diagrammes en lobes d'orientation

La ressemblance observée figure 2b, entre les diagrammes d'orientation des mots d'un même montant, provient principalement du fait qu'ils présentent des réponses maximales pour certaines orientations ou plus précisément pour certaines plages d'orientation. Les positions angulaires de ces plages sont plus caractéristiques de l'écriture que les diagrammes d'orientation eux-mêmes. Ces plages orientées correspondent à des lobes d'orientation. Il est donc souhaitable de distinguer et de détecter ces lobes d'orientation.

Pour décomposer un diagramme d'orientation en lobes, nous avons appliqué une méthode semblable à celle proposée par R. Ohlander [OHLANDER R., 1978] pour décomposer un histogramme en différents modes. Nous procédons par l'application successive des trois étapes suivantes :

- Recherche de l'orientation correspondant à la réponse maximale du diagramme d'orientation.
- Calcul du lobe (fonction de l'épaisseur) correspondant à cette orientation.
- Soustraction du diagramme d'orientation du lobe ainsi calculé, pour obtenir un diagramme d'orientation résiduel.

Il suffit alors de réitérer le processus pour déterminer les autres lobes. Cette méthode nous a permis de déterminer les 4 principaux lobes d'orientation de chaque diagramme. La somme de ces 4 lobes permet généralement une restitution supérieure à 90% du diagramme d'orientation.

La figure 2d correspond aux deux montants de la figure 2a. Chaque diagramme d'orientation est décomposé en 4 lobes d'amplitude et d'orientation différentes, (le lobe le plus horizontal étant séparé en deux parties  $90^\circ - \alpha$  et  $-90^\circ + \alpha$ ). Les mots d'un même montant présentent des lobes très semblables, et les mots qui appartiennent à des montants différents ont des lobes très différents. Un groupe de 4 lobes constitue une bonne caractérisation du scripteur indépendamment de ce qu'il écrit.

## – Interprétation des lobes d'orientation : discussion

La figure 2c représente les parties rectilignes du tracé qui correspondent à l'orientation de chacun des 4 lobes. À ces parties rectilignes nous pouvons associer la notion d'allotraits. En effet, un allotrait (ou un trait de plume) est le résultat d'une impulsion d'intensité constante mais de durée variable [PLAMONDON R., (1989)] de telle sorte que la plupart de ces allotraits présentent une partie rectiligne importante. Détecter les principales parties rectilignes, c'est détecter les principaux allotraits. Cependant pour distinguer les différents lobes les uns des autres, il faut remarquer que dans le tracé d'un mot toutes les orientations n'ont pas la même signification. Les orientations proches de la verticale sont plus significatives que les orientations obliques et celles-ci plus que les orientations horizontales. Une écriture qui n'aurait pas de hampe serait difficilement lisible, alors qu'une écriture sans liaison (le script) est encore lisible. C'est la raison pour laquelle, afin

de sélectionner les allotraits, nous projetons les lobes sur l'axe vertical. Plus précisément nous remplaçons le cosinus de l'angle par son carré. Ce procédé nous semble avoir une plus grande signification psychovisuelle qu'une simple projection géométrique.

Nous appelons *lobe principal*  $lb_1$  celui qui possède ainsi la plus grande valeur projetée. Cette méthode favorise le lobe qui possède un angle *theta* faible, donc celui qui est proche de la verticale. Ce lobe correspond à un premier groupe d'allotraits  $alt_1$ . Ces premiers allotraits constituent l'ossature principale des hampes ascendantes et descendantes, mais aussi des jambages de presque toutes les lettres minuscules. L'orientation de ces allotraits correspond pour l'être humain à l'inclinaison de l'écriture. Le *lobe secondaire droit*  $lb_2$  est le lobe situé à droite du lobe principal, qui possède la plus grande valeur projetée. Ce lobe correspond à un deuxième groupe d'allotraits  $alt_2$ , tracés par un mouvement ascendant du poignet pour former les déliés. Ces allotraits forment les liaisons naturelles inter- et intra-lettres. Le *lobe secondaire gauche*  $lb_3$  est le lobe situé à gauche du lobe principal, qui possède la plus grande valeur projetée. Ce lobe correspond à un troisième groupe d'allotraits  $alt_3$ . Ces derniers correspondent aux liaisons non-naturelles soit rétroactives, soit transverses. Enfin, nous appelons *lobe secondaire horizontal*  $lb_4$  le lobe dont l'orientation est la plus proche de l'horizontale. Ce dernier lobe correspond à un quatrième groupe d'allotraits  $alt_4$ . Il est généralement scindé en deux parties. Ces derniers allotraits correspondent aux parties pseudo-horizontales du tracé : parties supérieures ou inférieures des lettres, liaisons inter-lettres dégénérées.

## – Distribution des observations liées aux orientations du tracé

L'analyse des orientations du tracé permet de définir deux observations par lobe : son amplitude et son orientation. Nous obtenons ainsi 8 observations supplémentaires pour caractériser l'écriture manuscrite. Les figures 3a à 3d représentent respectivement la distribution de l'orientation de chacun des 4 lobes pour tous les mots de la base de données. Dans la majorité des cas (64% des mots de notre base de données) les diagrammes sont décomposables suivant cette configuration en 4 lobes. Nous disons que l'écriture est quadrilobée ou quadrifoliée. Mais, dans les autres cas il arrive que l'un des 3 lobes secondaires ne soit pas détecté. Nous disons que l'écriture est trilobée et plus rarement bilobée. Nous obtenons encore des distributions monomodales pour les orientations des lobes et pour celles de leur amplitude. Toutefois, la non-détection d'un lobe due soit à la dégénérescence d'une liaison, soit à une écriture scripte se traduit par la présence d'un pic d'amplitude nulle. Dans tous les cas, cette non-détection est une caractéristique de l'écriture.

## – Stabilité des mesures : homogénéité de l'écrit

Les mots d'un manuscrit sont de la « main » d'un même scripteur : c'est le cas des montants des chèques. La comparaison des valeurs obtenues séparément pour chacun des mots nous a permis de tester le degré d'homogénéité de chaque montant et, le bien fondé de notre recherche sur la séparation du *signifiant* et du *signifié* [LORETTE et al. 1992].

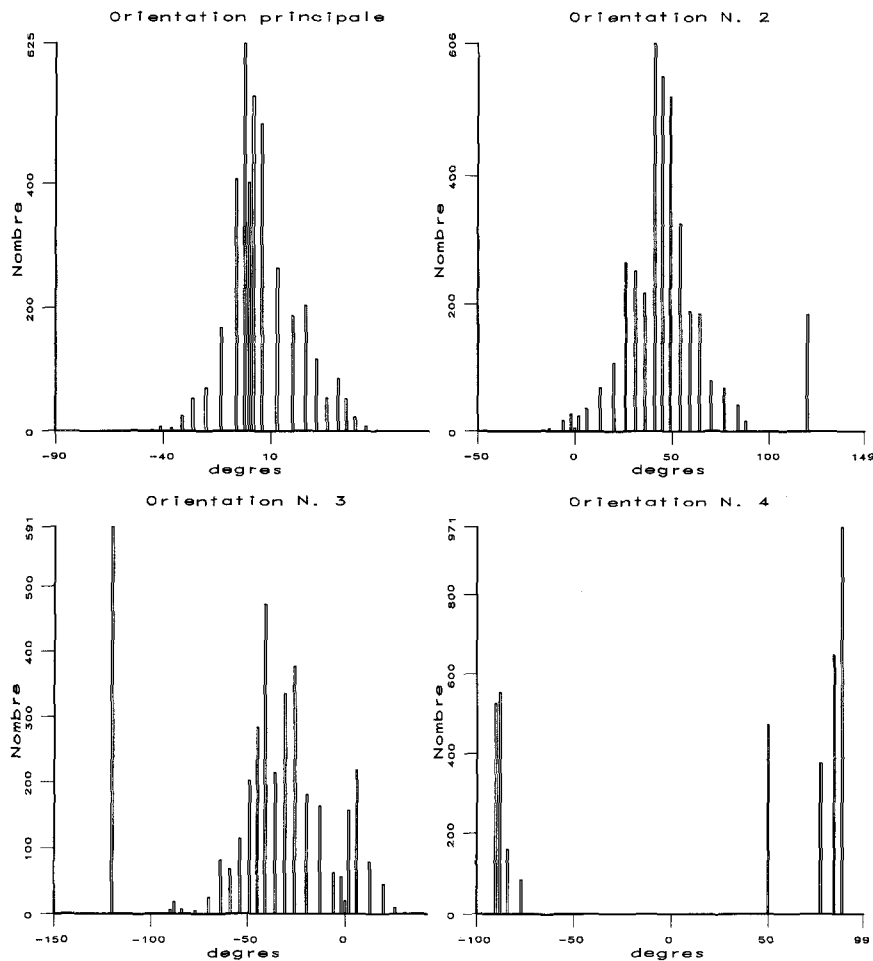


Fig. 3. – Distribution angulaire des 4 principaux lobes d'orientation pour l'ensemble des 3796 mots. L'absence de détection de certains lobes est représentée arbitrairement par un pic d'orientation virtuelle.

## 4. Espace de variabilité de l'écriture

Ainsi, l'analyse de la structure des mots (leur corps et leur densité spatiale), et celle du cheminement du tracé (son épaisseur et ses orientations), nous ont permis de définir et de quantifier 11 observations pour évaluer la variabilité de l'écriture manuscrite. Ces 11 observations définissent ce que nous appelons un *espace de variabilité* du premier degré de l'écriture. Les 11 observations proposées sont des grandeurs de nature différente, une transformation homographique permet de les normaliser et permet de ramener l'espace de variabilité à un hypercube unitaire de  $R^{11}$ .

### – Décomposition en composantes principales

D'un point de vue statistique, la décomposition en composantes principales des mesures des 11 observations effectuées sur les

3793 mots montre que ces observations sont très faiblement corrélées. En effet les valeurs propres de la matrice de corrélation décroissent assez lentement. La réduction de la dimensionnalité de l'espace n'est pas évidente. Par exemple : les 3 premiers vecteurs propres définissent un espace réduit qui ne comprend que 64% de la variabilité. Il est nécessaire de prendre les 5 premiers vecteurs propres pour représenter 80% de la variabilité, et les 9 premiers vecteurs propres pour conserver 97% de cette variabilité. Etant donné cette faible corrélation, la dimension de cet espace de variabilité n'est réduite que de 2 par la squelettisation et le redressement de l'écriture. Si l'on considère l'espace réduit défini à l'aide des 3 composantes principales figure 4, on s'aperçoit que l'espace de variabilité est inégalement dense. Les écritures qui ont des traits communs semblent se regrouper en « clusters », montrant la possibilité de regrouper dans  $R^{11}$  l'ensemble des écritures en familles, non nécessairement disjointes [CRETTEZ 1995].

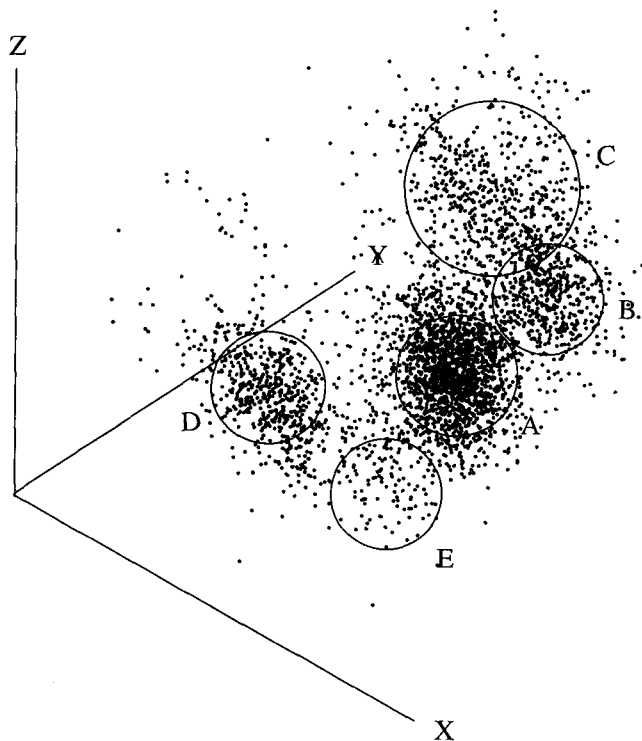


Fig. 4. – La décomposition en composantes principales permet d'obtenir une projection de l'espace de variabilité dans le meilleur espace réduit de  $R^3$ . Ce dernier conserve 64% de la variabilité. Cette représentation montre que dans cet espace la variabilité n'est pas uniforme. Les écritures semblent se regrouper selon un petit nombre de nuages de points : (A, B, C, D, E).

## 5. Conclusion

Dans le cadre des documents manuscrits comportant peu de mots, comme les montants des chèques, les adresses postales, ou les questionnaires, la méthode proposée ici permet d'obtenir, à partir de la trace écrite de chaque mot, un premier degré de caractérisation de l'écriture. Ce premier degré de caractérisation s'obtient préalablement à la reconnaissance, par la mesure de 11 observations, propres au scripteur, et largement indépendantes du contenu sémantique de l'écrit. Cette première caractérisation de l'écrit fournit un ensemble de renseignements qui devraient permettre d'adapter à chaque texte une méthode de reconnaissance spécifique, et pouvoir ainsi améliorer les performances de la lecture.

Sur des manuscrits plus importants, et dans l'hypothèse d'une écriture homogène, d'autres observations appliquées de façon statistique sur plusieurs mots devraient pouvoir renforcer cette méthode de pré-caractérisation de l'écriture manuscrite.

## Remerciements

Cette étude a été supportée par l'équipe « Reconnaissance » du Service de Recherche Technique de la Poste, en partenariat avec Télécom Paris.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] CRETTEZ J.P. (1985), "Vers la modélisation des champs récepteurs des cellules complexes de l'Aire 17". *Cognitiva* 85, Paris.
- [2] CRETTEZ J.P. (1995), "A set of handwriting families : style recognition", 3rd International Conference on Document Analysis and Recognition, IC-DAR'95, Montreal, 1995.
- [3] JACOB F. (1970), "La logique du vivant". Edition Gallimard.
- [4] GILLOUX M., LEROUX M. (1992), "Approches markoviennes en reconnaissance de l'écriture." *Traitement de l'écriture et des documents. CNED'92.*
- [5] GILLOUX M., J.M. BERTILLE J.M., LEROUX M. (juin 1993), "Reconnaissance de mots manuscrits dans un vocabulaire dynamique limité." Premières journées européennes sur les technologies postales. Nantes.
- [6] GILLOUX M. (1994), "Writer adaptation for handwritten word recognition using hidden Markov models" soumis à ICPR Conference on pattern recognition and neural networks.
- [7] LORETTE G., LECOURTIER Y. (1992), "Reconnaissance et interprétation des manuscrits hors-ligne." *Traitement de l'écriture et des documents. CNED'92*
- [8] OHLANDER R., PRICE K., REDDY D.R. (1978), "Picture segmentation Using a Recursive region splitting method". *Computer Graphics and Image Processing* 8 p. 313-333.
- [9] PLAMONDON R., LORETTE G. (1989), "Automatic signature verification and writer identification - the state of the art", *Pattern recognition* vol.22 p.107.
- [10] PLAMONDON R., MAARSE F.J. (1989), "An Evaluation of Motor Models of Handwriting" *IEEE trans Systems Man and Cybernetics SMC-19* n. . . 5, 1060-1072.
- [11] THOMASSEN A.J.W.M. (1990), "Théories et méthodes modernes de l'étude de la motricité graphique". *L'écriture : le cerveau, l'œil et la main. Bibliologia* vol. 10.

Manuscrit reçu le 13 janvier 1995.

## L'AUTEUR

J.P. CRETTEZ



Jean-Pierre Crettez, ingénieur de recherche aux CNRS, a soutenu sa thèse de Doctorat d'Etat en 1984 à l'Université P. & M. Curie. Membre du Laforia jusqu'en 1989, il a encadré de nombreux chercheurs dans le domaine de la reconnaissance des formes et de l'écriture imprimée et manuscrite. Il est actuellement membre de l'URA 820, rattaché au département Images de Télécom Paris où il s'intéresse plus particulièrement à la variabilité de l'écriture manuscrite « hors-ligne ».