

Reconnaissance de mots dégradés à partir de la localisation et l'identification des lettres les plus sûres

L.BENNACER, M.RAMDANI (*)

Résumé

Nous proposons dans cet article une méthode structurale de reconnaissance d'écriture manuscrite cursive en ligne. La reconnaissance est réalisée lettre par lettre, sans presegmentation du mot et par double balayage.

Elle repose sur l'utilisation conjointe d'un dictionnaire et de deux bases d'allographes.

Le dictionnaire est établi lors de la phase d'apprentissage morphologique des tracés.

Le dictionnaire permet de guider la reconnaissance sur les mots du vocabulaire enregistré.

Les bases d'allographes servent respectivement à l'identification des lettres par

lecture du tracé de gauche à droite (sens conventionnel d'écriture latine)

et dans le sens inverse. Le système est omni-scripteur et muni d'un module

d'apprentissage morphologique et lexical.

Introduction

La reconnaissance automatique de l'écriture manuscrite est un domaine de recherche actif et a fait l'objet de plusieurs publications dans ces vingt dernières années [1,2,7]. Des taux de reconnaissance appréciables ont été atteints [3,4,6], mais les résultats souhaités sont loin d'être atteints.

L'objectif à court terme que nous exposons dans cet article est la mise au point d'un système de reconnaissance en ligne et en temps réel de mots manuscrits dégradés, l'objectif plus lointain est celui de la reconnaissance des mots dans une phrase. Pour traiter l'écriture dégradée, nous proposons une méthode d'analyse qui permet de déduire la reconnaissance d'un mot à partir de la localisation et de l'identification des lettres les plus sûres.

La reconnaissance est réalisée sans presegmentation du mot. Elle s'effectue en coopération avec la segmentation grâce à un mécanisme de prédiction/vérification. Elle repose sur l'utilisation conjointe d'un dictionnaire et de deux bases d'allographes [3,4].

Le dictionnaire est établi lors de la phase d'apprentissage lexical, et les bases d'allographes lors de l'apprentissage morphologique des tracés isolés des lettres de l'alphabet. Le dictionnaire permet de guider la reconnaissance sur les seuls mots du vocabulaire enregistré. Les bases d'allographes servent respectivement à l'identification des lettres dans le sens direct (sens conventionnel d'écriture) et dans le sens inverse. Le bloc diagramme du système est illustré par la figure/1.

Acquisition et prétraitement

Le tracé est acquis à partir d'une tablette à digitaliser qui communique au système les coordonnées des points échantillonnés via une liaison série. Afin de lisser le tracé on effectue un filtrage en distance, ce qui permet d'éliminer le bruit dû au tremblement de la plume ainsi que celui dû à la quantification. Un filtrage angulaire permet ensuite de diminuer le nombre de coordonnées tout en conservant la forme générale du tracé.

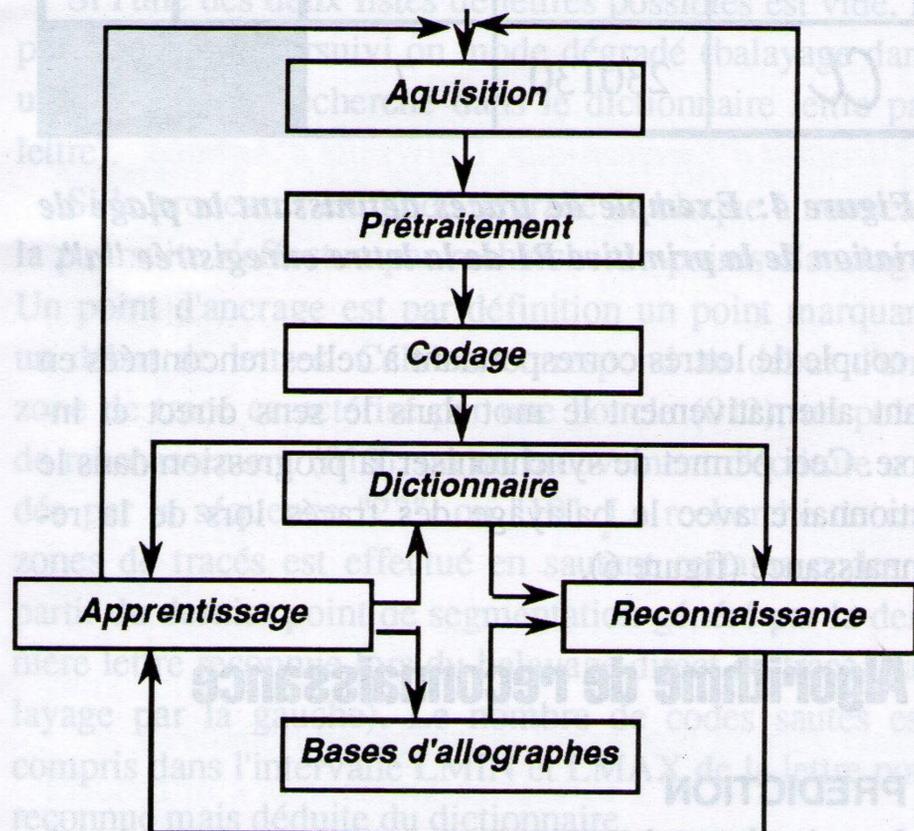


Figure 1: Organisation Générale du système étudié

Apprentissage

PRINCIPE GENERAL

L'apprentissage se fait sous contrôle d'un professeur. Il porte, d'une part sur les tracés des lettres de l'alphabet, écrites de manière isolée (apprentissage morphologique), d'autre part sur le vocabulaire à reconnaître introduit directement au clavier (apprentissage lexical). L'apprentissage morphologique conduit à l'établissement de deux bases d'allographes et l'apprentissage lexical à un dictionnaire de mots candidats.

Apprentissage morphologique

EXTRACTION DES PRIMITIVES ET CODAGE

Une fois l'opération de prétraitement effectuée, les tracés sont codés et identifiés par trois primitives. Deux

primitives P1, P2 caractérise la topologie: P1 est une séquence de codes directionnels traduisant la dynamique du tracé (codage directionnel), P2 reflète l'aspect géométrique du tracé (codage spatial).

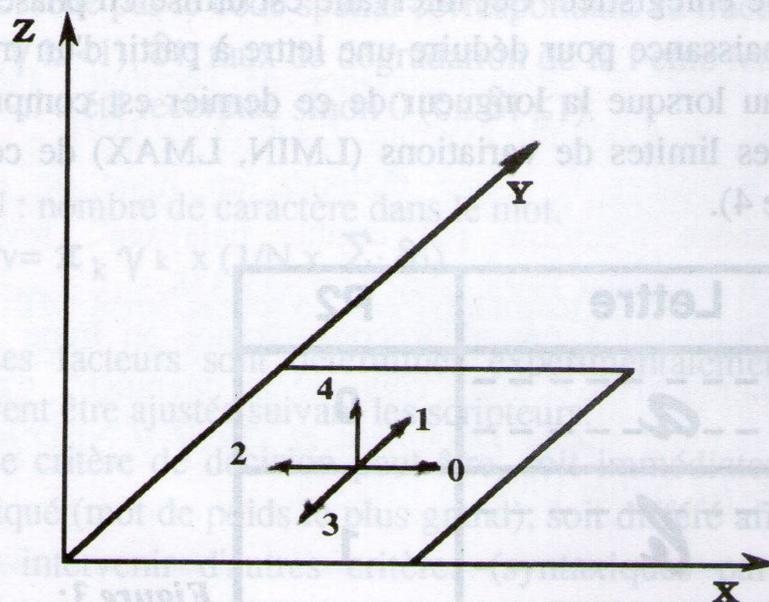


Figure 2: Codage directionnel

P1 Code en temps réel Les déplacements de la plume dans 5 directions principales

La troisième primitive est une heuristique qui complète le codage pour appréhender la variabilité du tracé [4].

CODAGE DIRECTIONNEL

On obtient P1 en deux grandes étapes. Dans un premier temps, les vecteurs de liaison entre deux points successifs sont codés selon une variante du codage 16 directions de FREEMAN [5] (si l'on compte le lever de plume 17 codes sont nécessaires). Ensuite les codes sont transformés en code 4 directions (plus le lever de plume) grâce à des règles de réécriture faisant intervenir le contexte [6]. Ce codage permet de s'affranchir, dans une certaine mesure (45° au maximum), des inclinaisons globales et locales du tracé, par contre il ne tient compte que des déplacements transversaux et longitudinaux de la plume (Figure 2). La reconnaissance qui en découle aboutit en générale à une liste de mots, il est donc nécessaire de faire intervenir un second codage permettant de classer les mots candidats.

CODAGE SPATIAL

La primitive P2 est introduite directement dans le système comme connaissance a priori pour indiquer l'appartenance de chaque lettre à une classe parmi quatre préalablement définie (figure 3).

EXTENSION DU CODAGE

La troisième primitive permet d'appréhender les nombreuses variations de longueur affectant le primitive P1. Elle définit un intervalle de variation calculé à partir des longueurs de P1 correspond aux différents allographes de la lettre enregistrée. Cet intervalle est utilisé en phase de reconnaissance pour déduire une lettre à partir d'un tracé inconnu lorsque la longueur de ce dernier est comprise dans les limites de variations (LMIN, LMAX) de cette (figure 4).

Lettre	P2
<i>a</i>	0
<i>æ</i>	1
<i>g</i>	2
<i>ɛ</i>	3

Figure 3:
Codage Spatial
La primitive P2 reflète l'aspect visuel du tracé

CLASSIFICATION ET FORMATION DES BASES D'ALLOGRAPHES

Les lettres sont classées en tenant compte de l'ordre d'écriture (primitive P1). La base d'allographe obtenue est organisée suivant un arbre binaire de décision. Les noeuds traversés représentent les codes directionnels de la primitive P1 et les feuilles l'ensemble formé de la primitive P2 et de la lettre associée au couple (P1,P2) pondérée par un coefficient de vraisemblance. Ce dernier mesure le degré de confiance à accorder à l'identité de (P1,P2) associée à la lettre enregistrée (modèle ou variante dégradée). Pour permettre le balayage inverse du tracé lors de la reconnaissance, une deuxième base d'allographes est construite en parcourant la primitive P1 dans le sens inverse (figure 5).

Apprentissage lexical

Les mots formants le vocabulaire à reconnaître sont assimilés à de simple chaînes de symboles ASCII introduites comme connaissance a priori. Le dictionnaire obtenu est organisé de manière arborescente à l'instar des deux bases d'allographes. Chaque noeud traversé contient

Variantes de Lettres	P1	Longueur en Code	Intervalle	
			LMin	LMax
<i>a</i>	2301230	7		
<i>æ</i>	30123030	8	5	8
<i>u</i>	30130	5		
<i>cl</i>	230130	7		

Figure 4: Exemple de tracés définissant la plage de variation de la primitive P1 de la lettre enregistrée "a".

un couple de lettres correspondant à celles rencontrées en lisant alternativement le mot dans le sens direct et inverse. Ceci permet de synchroniser la progression dans le dictionnaire avec le balayage des tracés lors de la reconnaissance (figure 6).

Algorithme de reconnaissance

PREDICTION

La suite des codes directionnels est balayé simultanément dans les deux sens. Pour chaque balayage on recherche un chemin dans la base d'allographe, dès que l'on atteint une extrémité du chemin le balayage est interrompu, une liste de lettres possibles (correspondant aux feuilles rencontrées), est alors obtenue, chaque lettre est associée au rang de son dernier code trouvé dans le tracé.

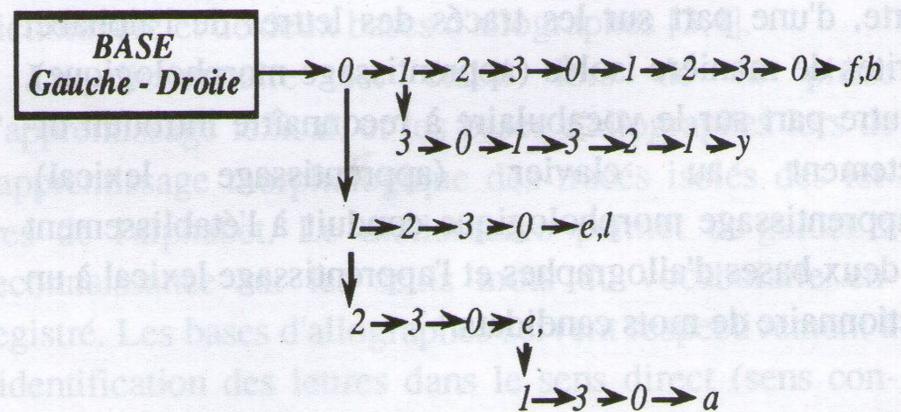


Figure 5: Structure de la base d'allographe (Sens du balayage direct)

VERIFICATION

Les lettres des deux listes (gauches et droites) sont combinées deux à deux afin de former des couples qui sont ensuite filtrés grâce au dictionnaire. Tout couple ne correspondant pas à un chemin est éliminé.

On réitère le processus à partir des rangs associés à chaque couple de lettres. Le processus est arrêté si aucun couple n'aboutit à un chemin dans l'arbre, ou si les listes de lettres sont vides et qu'il n'existe plus de couples à explorer (cas de rejet).

Si l'une des deux listes de lettres possibles est vide, le processus est poursuivi on mode dégradé (balayage dans un seul sens et recherche dans le dictionnaire lettre par lettre).

Si le processus en mode dégradé se bloque à nouveau la poursuite s'effectue par recherche de points d'ancrage. Un point d'ancrage est par définition un point marquant un début de lettres. Celui-ci correspond au début d'une zone de tracé caractérisé par une boucle (012), un point de rebroussement (013), ou un mouvement d'écriture codée par la séquence "23", ou "10". La recherche de ces zones de tracés est effectué en sautant certains codes à partir du dernier point de segmentation généré par la dernière lettre reconnue lors du balayage direct du tracé (balayage par la gauche). Le nombre de codes sautés est compris dans l'intervalle LMIN et LMAX de la lettre non reconnue mais déduite du dictionnaire.

Racine

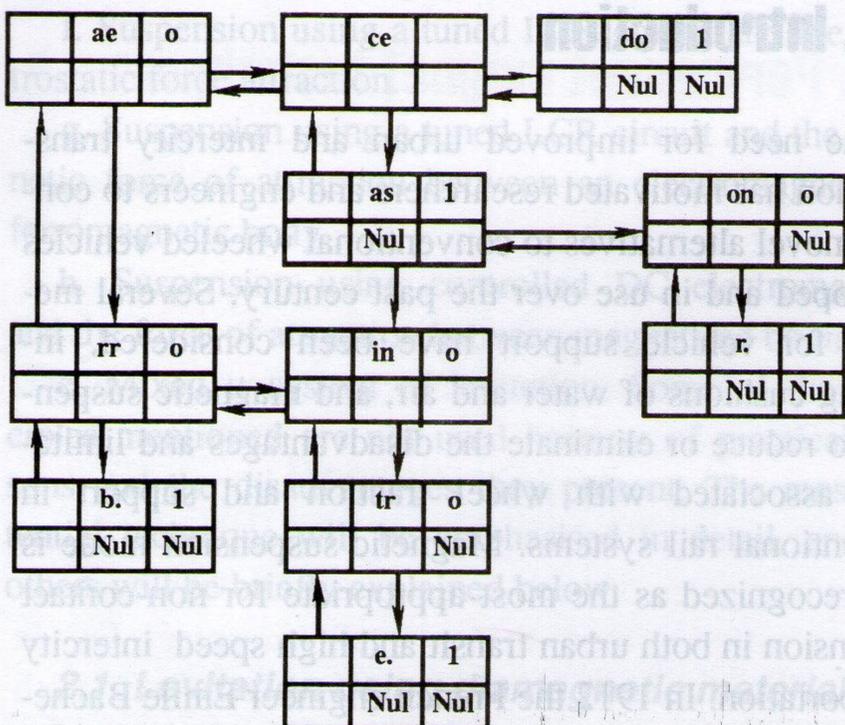


Figure 6: Structure du dictionnaire (Représentation des mots: arbre, alterne, case do, corne).

DECISION

On obtient une liste de mots candidats, chaque mot est affecté d'un poids de vraisemblance P_v calculé à partir de deux facteurs: γ_k : est affecté lorsqu'une lettre reconnue ne possède pas le code spatial correspondant au tracé ($0 < \gamma_k < 1$), δ_i : taux de dégradation de la i ème lettre si celle-ci a été reconnue sinon 0 ($0 \leq \delta_i \leq 1$).

N : nombre de caractère dans le mot.

$$P_v = \pi_k \gamma_k \times (1/N \times \sum_i \delta_i)$$

Les facteurs sont déterminés expérimentalement et peuvent être ajustés suivant les scripteurs.

Le critère de décision peut-être, soit immédiatement appliqué (mot de poids le plus grand), soit différé afin de faire intervenir d'autres critères (syntaxiques par exemple).

RESULTATS

L'évaluation est faite sans aucun apprentissage des écritures des scripteurs. De plus les tracés enregistrés dans les bases d'allographes correspondent à des lettres modèles (modèles calligraphiques appris à l'école) et quelques variantes faiblement dégradées. Au total 121 formes sont prises en compte.

Les taux de reconnaissance sont relevés en ne tenant compte que du mot classé en première position dans la liste. Les résultats obtenus avoisinent les 80%. De plus nous signalons que 40% de mots sont mal écrits car une ou deux lettres ne sont pas directement reconnues mais déduites du dictionnaire.

Conclusion

Le codage utilisé permet de s'affranchir de la taille et de l'inclinaison des mots à reconnaître. Les structures des bases d'allographes permettent une recherche rapide ainsi que leur évolution par apprentissage. La méthode de reconnaissance est particulièrement robuste grâce au double balayage qui permet la non reconnaissance de certains lettres dans le tracé et évite ainsi le blocage éventuel de l'algorithme dans le cas des dégradations locales. Enfin une liste de mots candidats est fournie, ce qui laisse la possibilité d'un choix ultérieur par des algorithmes de plus haut niveau faisant intervenir des règles syntaxique voire sémantique.

Références

- [1] Amin A. "Topological and statistical analysis of line drawings". Pattern recognition letters, 1983, pp.365-374.
- [2] Belaid A. "Reconnaissance de l'écriture" PRC communication homme-machine, Lyon, Avril 1991.
- [3] Bennacer L. "Une méthode en ligne de reconnaissance d'écriture par double balayage". revue BIGRE n°80 Juillet 1992, Nancy pp 333-338.
- [4] Bennacer L. & al. "Reconnaissance en ligne de mots manuscrits d'écriture courante et dégradée". Colloque National sur le Document et l'Ecrit (CNED'94). Rouen 6-7-8 Juillet 1994 pp.301-308.

[5] Freeman H. "On the quantization of line drawing data". IEEE trans. systems science and cybernetics, 1969, vol ssc-5, pp 70-79.

[6] Oulhaj H. & al. "From primitive to letters. A structural method to automatic cursive handwriting". 6th Scandinavian Conference on Image Analysis SCIA, Oulu Finland, 1989, pp.593-598.

[7] Suen C.Y "Automatic recognition of hand printed characters: the state of the art" proceedings of IEEE, 1980, Vol.68 n°4, PP.469-487.

(*Institut d'Electronique, Université d'Annaba

Novel Techniques of transportation systems

Dr H.A.ABBASSI, Dr A. BENMOUNAH (*)

Abstract

During the past decade, several methods have been proposed to improve the noncontacting intercity transportation vehicles.

This paper describes the novel alternative techniques conceived to replace the conventional wheeled vehicles.

Key words: Electromagnetic suspension, magnetic levitation, superconductor, control system.

1. Introduction

The need for improved urban and intercity transportation has motivated researchers and engineers to conceive novel alternatives to conventional wheeled vehicles developed and in use over the past century. Several methods for vehicle support have been considered, including cushions of water and air, and magnetic suspension to reduce or eliminate the disadvantages and limitations associated with wheel traction and support in conventional rail systems. Magnetic suspension mode is now recognized as the most appropriate for non-contact suspension in both urban transit and high speed intercity transportation. In 1912 the French engineer Emile Bachellet demonstrated the Foucault Railway, then in 1922 the German engineer Hermann Kemper extended that work to introduce the magnetic levitation method (1). The interest of using magnetic levitation system for high speed