

Amrouche Mustapha (2012), *Reconnaissance de caractères, de textes et de documents basée sur les modèles de markov cachés*, Université Ibn Zohr, Faculté des Sciences d'Agadir.

Mots clés : Reconnaissance automatique de l'écriture, Ecriture Amazighe, Tifinagh, Approches syntaxiques, automates à états finis, Réseaux de neurones.

Les travaux de recherche que nous avons menés s'intéressent au développement des méthodes de reconnaissance de caractères manuscrits et imprimés et de textes en tenant compte du contexte par combinaison de niveaux d'analyse et de connaissances morphologiques. Nous proposons ainsi deux approches de reconnaissance de l'écriture arabe et amazighe.

En effet et en premier temps, nous avons développé une approche de reconnaissance de caractères isolés, basée sur les primitives directionnelles obtenues à l'aide de la technique des fenêtres glissantes à partir de la transformée de Hough de caractère. L'approche conçue adopte une modélisation markovienne de type modèle discriminant qui consiste à associer un ou plusieurs modèles par classe. Selon cette méthode, la reconnaissance s'effectue en estimant les probabilités d'émission de la suite d'observations de la forme à reconnaître par les différents modèles préalablement construits. La forme à reconnaître est affectée à la classe dont le modèle qui maximise la probabilité. Cette approche est relativement limitée (application à vocabulaire limité). Toutefois, elle devient coûteuse en temps de calcul et espace mémoire quand ce nombre dépasse le millier, puisque chaque classe possède au moins un modèle qui lui est propre. Nous évaluons le système de reconnaissance proposé sur des bases de données de caractères arabes et amazighes.

L'approche proposée donne de bons résultats, bien qu'elle ne tienne pas compte des caractéristiques morphologiques de l'écriture étudiée. En effet, nous avons évalué les performances de notre système sur la base des caractères Tifinaghs **AMHCD**¹ [1] avec deux variantes. La première adopte la modélisation discrète des probabilités d'émission, la seconde utilise les HMMs continus.

A partir de la base **AMHCD**, nous avons constitué deux parties : apprentissage et test.

Pour la partie *apprentissage*, nous avons 17160 exemples de caractères, soit 2/3 de la base **AMHCD** ; pour la partie *test*, 8580 exemples caractères, soit 1/3 de la base ladite base. Avec la modélisation discrète, nous avons obtenu un taux de reconnaissance de 90,4%. Dans le cas continu, on procède par une modélisation des densités des probabilités par des gaussiennes. Nous avons effectué une série d'expérimentations sur la totalité de la base **AMHCD**. A l'aide de ces expériences,

¹ Youssef Es Saady, Ali Rachidi, Mostafa El Yassa and Driss Mammass. Article: AMHCD: A Database for Amazigh Handwritten Character Recognition Research. International Journal of Computer Applications 27(4):44-, August 2011. Published by Foundation of Computer Science, New York, USA.

nous avons évalué le taux de reconnaissance de notre approche en fonction de nombre d'états par modèle HMM et de nombre de gaussiennes. En effet, nous avons utilisé cinq topologies qui varient entre 6 et 14 états pour étudier l'influence de ces paramètres sur les performances pour une modélisation des émissions par une seule ou deux composantes gaussiennes. Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus sur cette base.

Nombre d'états	6	8	10	12	14
Nombre de gaussiennes	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2
Taux de reconnaissance	96,21%	96, 56%	96, 88%	97, 38%	97, 89%

Dans un second temps, nous avons proposé une deuxième méthode pour la reconnaissance automatique hors ligne de caractères Tifinaghes imprimés. La méthode proposée est basée sur un chemin discriminant (DP-HMM) opérant sur un vocabulaire de base formé de différents graphèmes fondamentaux. Le vocabulaire est généré en se basant sur les caractéristiques morphologiques de la graphie amazighe. Un seul modèle HMM global construit et entraîné sur les éléments du lexique proposé par des primitives structurelles et géométriques. Chaque chemin au long de ce treillis représente une séquence de segments, qui constitue un caractère de l'alphabet Tifinaghe. Pour ce faire, les caractères d'entrées sont pré-classés en deux groupes (forme circulaire et non circulaire). Par la suite, ils sont décrits par leurs points d'intérêts et leurs segments. La reconnaissance s'effectue en décodant dynamiquement le chemin optimal suivant le critère de maximum de vraisemblance.

Les taux obtenus ont montré la robustesse de l'approche proposée. En effet, pour valider le système proposé, nous avons effectué des expérimentations significatives à l'aide de Toolkit (HTK) sur la totalité de la base de données de patterns de la graphie amazighe² (**BD1**). Nous avons constitué, à partir de cette base, deux ensembles distincts de données, un ensemble *A* ($A=2/3$) pour l'apprentissage et un ensemble *B* ($B=1/3$) pour les tests.

Plusieurs tests ont été effectués pour évaluer le taux de reconnaissance du système en fonction de nombre d'états et de nombre de mélange de gaussienne. Par ailleurs, nous avons effectué les premiers tests sur toute la base de patterns de la graphie amazighe (BD1 : contient 19437 caractères multi fonts c'est-à-dire. 627 échantillons x 31 classes). Le Tableau ci-dessus présente les résultats obtenus de ces tests sur la base BD1, en utilisant les modèles mono-gaussiens, les modèles à deux gaussiens et les modèles à trois gaussiens.

Nombre d'états	3	5
Nombre de mélange de gaussienne	1-2-3	1-2-3
Taux de reconnaissance	99, 38%	99,72%

² Y. Ait Ouguengay, M. Taalabi (2009), « Elaboration d'un réseau de neurones artificiels pour la reconnaissance optique de la graphie amazighe: Phase d'apprentissage », *Systèmes intelligents-Théories et applications*, Paris : Europa, cop. (impr. au Maroc).

Essaady Youssef (2012), *Contribution au développement d'approches de reconnaissance automatique de caractères imprimés et manuscrits, de textes et de documents Amazighes*, Université Ibn Zohr, Faculté des Sciences d'Agadir.

Mots clés : Modèles de Markov cachés, reconnaissance de l'écriture manuscrite et imprimée, primitives structurelles et directionnelles, transformation de Hough.

Cette thèse a pour objet principal la reconnaissance automatique hors ligne de l'écriture amazighe. Dans ce cadre, nous avons d'abord construit une base de données, nommée AMHCD, de caractères amazighes manuscrits composés de plus de 25.000 caractères isolés écrits par 60 scripteurs différents. Cette base a été utilisée pour évaluer et tester les résultats de nos travaux. Elle est destinée aussi à servir d'autres chercheurs dans le domaine de la reconnaissance de l'écriture amazighe manuscrite.

Ce travail de recherche propose deux approches de reconnaissance automatique de l'écriture amazighe qui ont contribué à améliorer les performances. La première approche est syntaxique ; elle utilise des automates à états finis avec des primitives structurelles pour reconnaître les caractères amazighes imprimés. Elle s'intéresse à la forme du caractère tiffinagh qui est composé de primitives structurelles telles que des segments, des points et/ou des petits cercles. Après les prétraitements, des algorithmes appropriés permettent de construire la chaîne du codage de Freeman représentant le caractère en entrée. La chaîne est utilisée dans l'entrée de l'automate maximal canonique, qui reconnaît tous les caractères amazighes segmentés pour décider la classe d'appartenance du caractère. Cet automate est construit à partir des automates spécifiques de chacun des caractères amazighes imprimés. Sur une base de 630 caractères amazighes imprimés isolés, les résultats expérimentaux montrent la solidité de l'approche. Sur 630 caractères, 589 ont été reconnus, soit un taux de reconnaissance de 93,49%. Les erreurs de reconnaissance proviennent de la forme de certains caractères non reconnus dont le squelette comporte plus des segments non orthogonaux. La limite de cette approche est qu'elle ne traite pas les caractères circulaires. De plus, les caractères amazighes manuscrits ne peuvent être pris en compte par cette approche.

Afin de remédier à ces limites, nous avons développé un deuxième système de reconnaissance de l'écriture amazighe basé sur la ligne centrale horizontale du caractère. Ce système est basé sur une approche neuronale qui utilise un réseau de neurones multicouches comme classifieur. Après des prétraitements sur l'image d'entrée, le texte est segmenté en lignes et puis en caractères isolés. Les positions des lignes centrales horizontales du caractère sont utilisées pour obtenir un ensemble de caractéristiques indépendantes et dépendantes à ces lignes. Ces caractéristiques sont liées aux densités de pixels et sont extraites sur les images binaires des caractères en se basant sur l'utilisation de la technique des fenêtres glissantes. Le système a montré de bonnes performances sur une base de 19437 paternes amazighes imprimés et sur 20150 caractères amazighes manuscrits de la base AMHCD. La base des paternes imprimés utilisée contient à peu près vingt mille patterns. Il s'agit d'une base des patterns de différentes fontes amazighes et de tailles variées. Elle contient au total 12 polices de caractères et les tailles du 10

points au 28 points pour chaque modèle. Les patterns sont fournis sous forme d'images bitonales de tailles variables.

Une amélioration de ce système a été proposée en intégrant d'autres caractéristiques basées sur la ligne centrale verticale du caractère. Cette amélioration a donné de bons résultats. En effet, pour la base des patterns imprimés, le taux de reconnaissance est 98,49% lors de l'intégration des caractéristiques basées sur la position de la ligne centrale horizontale et augmente à 99,28% lors de l'ajout des caractéristiques basées sur la position de la ligne centrale verticale. Pour la base AMHCD de caractères amazighes manuscrits, le taux augmente de 92.23 % à 96.32 % lors de l'ajout des caractéristiques basées sur la position de la ligne centrale verticale du caractère. Les causes d'erreurs sont principalement dues à une grande similarité morphologique entre certains caractères amazighes et, parfois, sur des fontes différentes.