

Titre de la thèse/Thesis title : Synthèse de l'écriture manuscrite

Laboratoire d'accueil / Host Laboratory : Laboratoire Informatique de Bourgogne, Université de Bourgogne Europe

Spécialité du doctorat préparé/Speciality : Informatique / Computer Graphics

Mots-clefs / Keywords : écriture manuscrite dynamique, points dominants, courbure, courbes de Bézier, points massiques / Dynamic handwriting, Dominant points, Curvature, Bézier curves, Mass points

Descriptif détaillé de la thèse / Job description

L'écriture est la manifestation physique d'un processus cognitif complexe. L'usage des stylets et tablettes nécessite une synthèse dynamique, c'est-à-dire dépendante du temps, de l'écriture manuscrite. Ainsi, cette synthèse repose sur la modélisation des tracés des caractères écrits. La synthèse de l'écriture manuscrite trouve de nombreuses applications. Implémenter les trajectoires des robots en biomécanique pour humanoïdes, comprendre la motricité humaine, mettre au point des méthodes d'enseignement, comprendre les procédés de dégénérescence neuro-musculaire, définir des algorithmes de vérification de signatures en sont quelques applications.

Une écriture manuscrite cursive se compose d'un certain nombre de traits de base bien connus : traits, boucles, unions et ovales, figure 1. Ces traits sont représentables par des B-splines ou des courbes de Bézier [4, 2, 9, 15, 12]. Certains auteurs exploitent des éléments caractéristiques de trajectoires planes que sont les points à courbures maximales appelés points dominants [3, 16] et introduits par Fred Attneave [1].

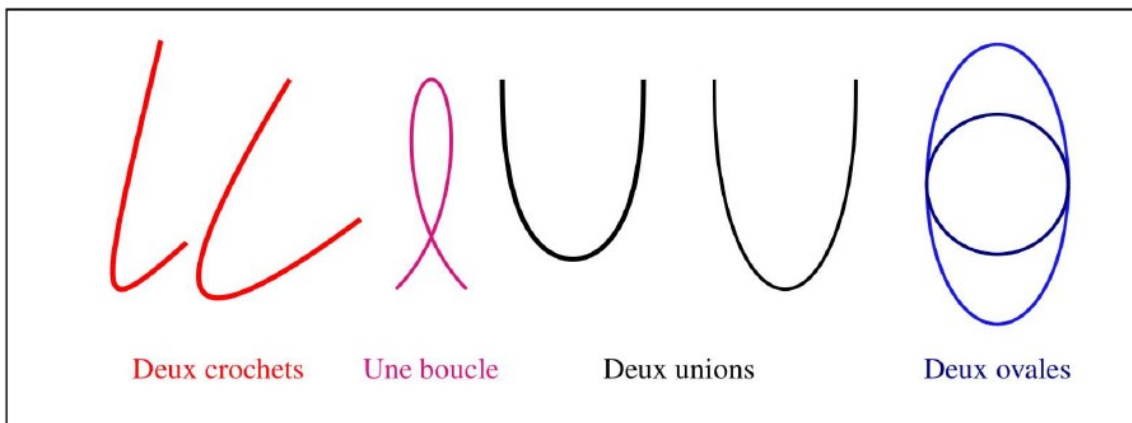


FIGURE 1 – Traits de base de l'écriture.

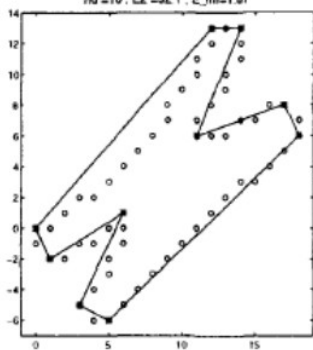
Pour la reconnaissance de caractères, les algorithmes existants sont basés sur les fonctions transcendantes sin et cos sans prendre en compte la cinématique du tracé et sans pouvoir modifier facilement la trajectoire. En effet, le même support conduit à plusieurs tracés dynamiques selon que la lettre est en début, milieu ou fin de mot. Par exemple, dans les mots « elle » et « pelles », les lettres « e » ont même support mais des tracés différents :

- pour le premier « e » de « elle », on commence avec une vitesse nulle et on finit avec un vecteur vitesse non nul ;
- pour le second « e » de « elle », on commence avec une vitesse non nulle et on finit avec un vecteur vitesse nul ;
- pour les « e » de « pelles », on a deux vecteurs vitesse non nuls aux extrémités.

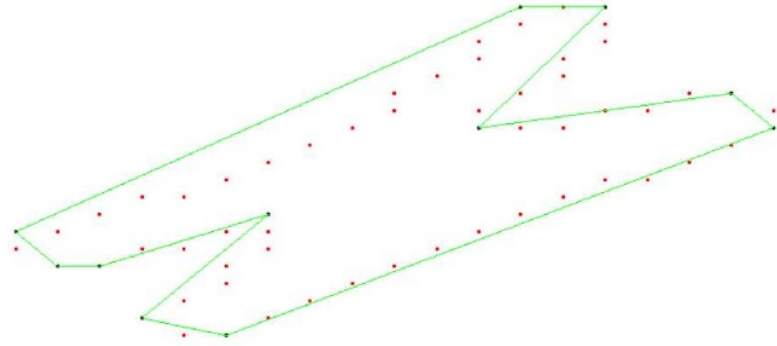
L'objectif de la thèse est de remédier à ces inconvénients et d'inclure une modélisation dynamique de l'écriture ainsi que la modification du tracé en utilisant des points de contrôle. L'objet des travaux est de modéliser les traits caractéristiques d'une écriture manuscrite au moyen de courbes de

Bézier décrites par des points massiques de contrôle [13, 11, 12, 7, 9, 8, 5, 10, 6] qui sont des courbes rationnelles de faible degré. Un point massique est soit un point pondéré, soit un vecteur, la conversion de certaines courbes paramétriques à des courbes de Bézier fait apparaître des vecteurs de contrôle.

Les courbes exploiteront les algorithmes de calcul de points dominants [3, 16, 15, 14], figure 2.



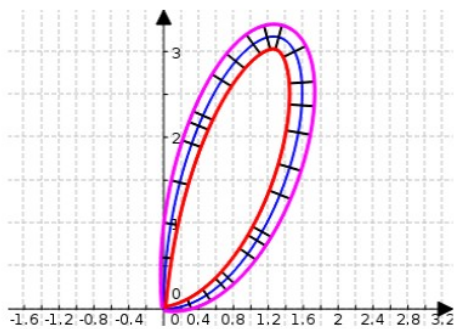
(a) : Algorithme de Philippe Cornic
[3]



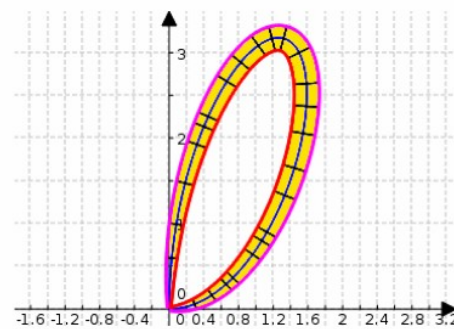
(b) : Algorithme de Charles Lepaire [14]

FIGURE 2 – Points dominants sur un chromosome.

Le ou la candidat(e) devra poursuivre les travaux précédents sur le calcul des points dominants et l'utilisation des courbes de Bézier à points massiques de contrôle permettant l'exploration de différentes applications de la modélisation de l'écriture manuscrite comme le suivi médical d'un traitement d'une maladie neuro-dégénérative ou la vérification de signature... Le ou la candidat(e) devra aussi s'intéresser à la modélisation des pleins et des déliés, figure 3.



(a) : tracé des contours de la lettre.



(b) : lettre avec une épaisseur variable.

FIGURE 3 – Plein et déliés : la courbe « du milieu » en bleu est la courbe de Bézier, les deux autres sont les bords de la lettre.

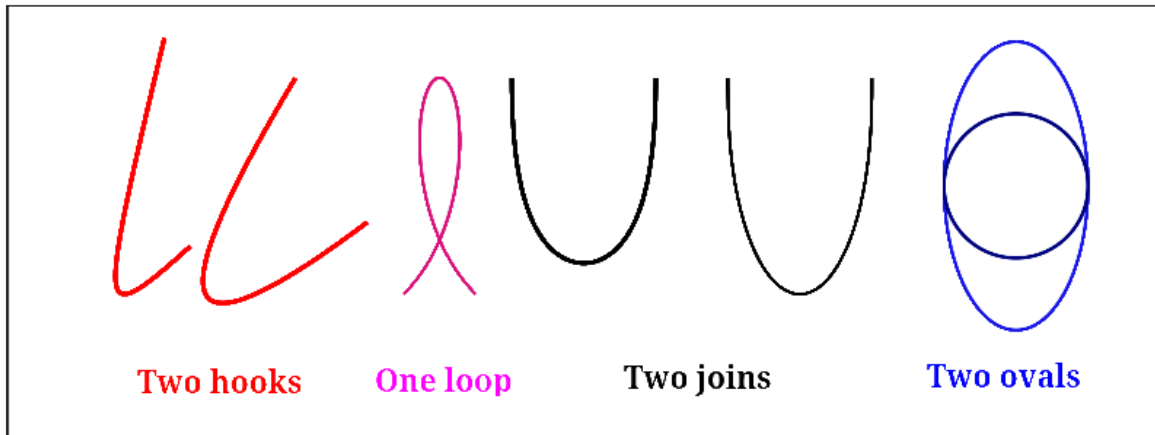
Dans la figure 3(a), la courbe de Bézier modélisant la lettre est la courbe en bleu. Afin de modéliser des pleins et des déliés, nous devons ajouter une épaisseur à la courbe de Bézier, figure 3(b). Pour ce faire, nous construisons deux courbes permettant de grossir la lettre.

Les caractérisations d'écritures non latines sont envisageables : arabes, japonaises, chinoises, sanskrit, hébraïque.

Handwriting is the physical manifestation of a complex cognitive process. The use of styluses and tablets requires a dynamic synthesis—i.e., time-dependent—of handwriting. This synthesis relies on

modeling the strokes of written characters. Handwriting synthesis has many applications, such as implementing robot trajectories in humanoid biomechanics, understanding human motor skills, developing teaching methods, studying neuro-muscular degeneration processes, and designing signature verification algorithms.

Cursive handwriting consists of a number of well-known basic strokes, Figure 1: lines, loops, joins, and ovals. These strokes can be represented using B-splines or Bézier curves [4, 2, 9, 15, 12]. Some researchers use characteristic elements of planar trajectories known as points of maximum curvature, or dominant points [3, 16], first introduced by Fred Attneave [1].



Fundamental handwriting strokes

In character recognition, existing algorithms are often based on the transcendental functions sine and cosine, without considering the kinematics of the stroke or allowing for easy modification of the trajectory. In fact, the same character support can yield different dynamic strokes depending on whether the letter appears at the beginning, middle, or end of a word. For example, in the words "elle" and "pelles", the letters "e" have the same geometric support but different trajectories:

- For the first "e" in "elle", the stroke starts with zero velocity and ends with a non-zero velocity vector;
- For the second "e" in "elle", the stroke starts with a non-zero velocity and ends with zero velocity;
- For the "e"s in "pelles", both ends of the stroke have non-zero velocity vectors.

The objective of the thesis is to overcome these drawbacks and to include a dynamic modeling of handwriting as well as the modification of the trajectory using control points. The purpose of this work is to model the characteristic features of handwritten writing by means of Bézier curves described by control mass points [13, 11, 12, 7, 9, 8, 5, 10, 6], which are low-degree rational curves. A mass point is either a weighted point or a vector; the conversion of certain parametric curves into Bézier curves reveals control vectors.

The curves will leverage dominant point computation algorithms [3, 16, 15, 14], Figure 2.

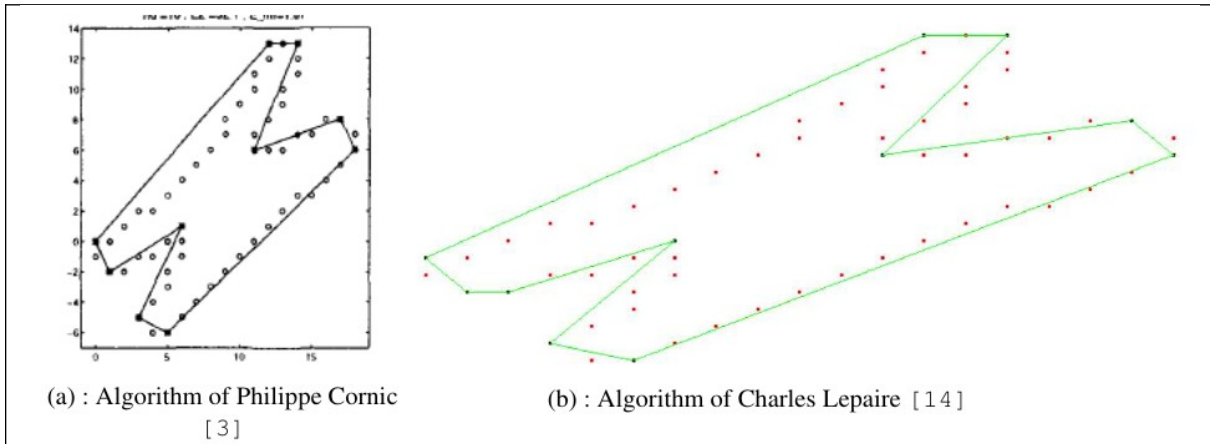


FIGURE 2 – Dominant points on a chromosome.

Recent work in this area has yielded mass-based representations of basic handwriting strokes and the implementation of dominant point detection algorithms. The selected candidate will continue this research on dominant point computation and the use of Bézier curves with mass-based control points, exploring various applications of handwriting modeling such as medical monitoring for neurodegenerative diseases or signature verification. The candidate will also be expected to study the modeling of thick and thin strokes.

Characterization of non-Latin scripts is also a possibility: Arabic, Japanese, Chinese, Sanskrit, Hebrew.

Références bibliographiques / Bibliography

- [1] F Attneave. Some informational aspects of visual perception. *Psychological Review*, 61(3) :183–193, 1954.
- [2] Véronique Boutet, Jonathan Godin, and Alexis Langlois-Rémillard. Excursion typographique : La matrice des fontes. *Accromath*, 12 :26–29, 2017. Université de Montréal.
- [3] Philippe Cornic. Another look at the dominant point detection of digital curves. *Pattern Recognition, Letters*, 18 :13–25, 1997.
- [4] Peter Gabor. Les courbes de pierre Bézier ont redessiné le monde, juin 2008.
- [5] Lionel Garnier. Résultat sur les courbes de Bézier à points massiques de contrôle. working paper or preprint, March 2023.
- [6] Lionel Garnier and Jean-Paul Bécar. Courbes algébriques et courbes de Bézier à points massiques. In *GTMG 2025*, Poitiers, France, mars 2025.
- [7] Lionel Garnier, Jean-Paul Bécar, and Lucie Druoton. A Survey of De Casteljaou Algorithms and Regular Iterative Constructions of Bézier Curves with Control Mass Points. *WSEAS Transactions on Mathematics*, 23 :216 – 236, April 2024.
- [8] Lionel Garnier, Jean-Paul Bécar, and Laurent Fuchs. Algorithm for connection of two G2 data sets by the use of a quintic rational Bézier curve defined with mass control point. *WSEAS TRANSACTIONS ON MATHEMATICS*, 23 :948–961, December 2024.
- [9] Lionel Garnier and Jean-Paul Bécar. Courbes de Bézier à points massiques et à masses complexes pour la modélisation de lettres cursives. In *GTMG 2024*, Marseille, France, 2024.
- [10] Lionel Garnier, Jean-Paul Bécar, and Laurent Fuchs. How null vector performs in a rational Bézier curve with mass points. *Geometry*, 2(1), 2025.
- [11] Lionel Garnier, Laurent Fuchs, and Jean-Paul Becar. Les points massiques pour la modélisation de l'écriture manuscrite . In *Journées Françaises d'Informatique Graphique et de*

Réalité Virtuelle 2019, Marseille, France, 2019. Aix Marseille Université.

[12] Lionel Garnier, Laurent Fuchs, and Jean-Paul Becar. Introduction à la modélisation de l'écriture manuscrite par des courbes Bézier Rationnelles massiques. In GTMG 2020, Nancy, France, 2020.

[13] Lionel Garnier, Laurent Fuchs, and Jean-Paul Bécar. Courbes de Bézier, cinématique et ode au vecteur nul de contrôle. In GTMG 2022, Dijon, France, 2022.

[14] Charles Lepaire. Modélisation de l'écriture manuscrite :algorithme de détection de points dominants. Master's thesis, XLIM de l'Université de Poitiers, SP2MI TELEPORT 2 - 86962 FUTUROSCOPE CHASSENEUIL CEDEX, 2021.

[15] Charles Lepaire, Jean-Paul Bécar, Laurent Fuchs, and Lionel Garnier. Algorithmes de calculs de points dominants. In GTMG 2022, Dijon, France, 2022.

[16] Pepe Siy Majed Marji. A new algorithm for dominant points detection and polygonization of digital curves. 2003.

Profil demandé / Applicant profile

Le ou la candidat(e) devra avoir un profil Informatique ou Mathématiques Appliquées avec des connaissances sur les courbes. / The candidate should have a background in Computer Science or Applied Mathematics with knowledge of curves.

Critères de sélection / Preferred selection criteria:

- C++
- openGL
- connaissance des courbes / knowledge of curves

Caractéristiques personnelles / Personal characteristics:

- Autonomie / Autonomy
- Prise d'initiatives et investissement personnel / Initiative-taking and personal commitment
- Contact humain, aisance dans la communication orale et écrite / Interpersonal skills, ease in both spoken and written communication
- Bonne gestion du temps / Good time management
- Rigueur dans le raisonnement / Rigor in reasoning

Financement : MESRI Etablissement

Dossier à envoyer pour le 22 mai 2026 / Documents to be sent by 22 mai, 2026

Début du contrat : 1^{er} Octobre 2026 / Contract start date: October 1, 2026 Salaire

mensuel brut : 2300€ / Gross monthly salary: €2,300

Direction de la thèse:/ Thesis Supervisor

Garnier Lionel : lgarnier@u-bourgogne.fr

Encadrement de la thèse : co-encadrant(s) / PhD supervision: Co-supervisor

Druoton Lucie : lucie.druoton@u-bourgogne.fr

Les candidats sont invités à soumettre leur candidature aux encadrants de la thèse. Le dossier doit contenir les documents suivants : / Applicants are invited to submit their application to the PhD supervisors. Application must contain the following documents:

- C.V.
- Lettre de motivation / Cover letter
- Au moins une lettre de recommandation / At least 1 reference letter