

---

# Apport du traitement des images à la numérisation des documents manuscrits anciens

**Laurence Likforman-Sulem**

*Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications  
Département TSI  
46 rue Barrault, 75013 Paris*

*likforman@tsi.enst.fr*

---

*RÉSUMÉ.. Le traitement des images est une étape incontournable de la numérisation des manuscrits anciens. Les traitements présentés ici permettent de restaurer ou nettoyer les images, d'extraire les différentes structures du document (illustrations, éléments graphiques et textuels, lignes de texte) et dans certains cas de reconnaître les symboles textuels ou musicaux présents dans l'image. Nous décrivons ces différents traitements suivant leur niveau : prétraitement, segmentation, analyse et reconnaissance ainsi que les techniques de base qui y sont associées. Nous illustrons quelques unes de ces techniques sur des images de manuscrits anciens (Lettres de Rémission du XVIème siècle).*

*ABSTRACT. Image processing is often necessary for extracting the content of ancient documents. We present here techniques for restoring images and removing noise, extracting document structures (separating graphical elements and illustrations from text, extracting text lines) and, when possible, recognizing the textual or musical symbols which may be present in the image. These techniques, which are classified into three processing levels : preprocessing, segmentation, analysis and recognition, are described and some of them are illustrated on images of 'Lettres de Rémission' of the 16<sup>th</sup> century.*

*MOTS-CLÉS : prétraitements – segmentation – binarisation – extraction de lignes – structure graphique*

*KEYWORDS: preprocessing – segmentation – binarisation – text line extraction – graphical elements*

---

## 1. Introduction

Cet article concerne les aspects relatifs au traitement des images des documents anciens, ce terme étant entendu dans une acception très large (cf. éditorial de (André *et al.*, 1999) et pouvant désigner aussi bien des manuscrits médiévaux, que des manuscrits plus modernes, des manuscrits d'écrivains, des partitions musicales, des documents historiques issus de registres. Ces documents se caractérisent par des présentations et des écritures très variées, variations dues à la multiplicité des styles et des scripteurs. L'usure du temps a de plus produit des altérations au document original et l'image numérisée qui en découle contient alors des imperfections (taches, écritures fragmentées) qui n'existent pas dans les documents plus modernes. Les documents anciens imprimés, bien que présentant moins de variabilité, partagent un grand nombre des caractéristiques des documents manuscrits.

Les techniques de traitement -ou analyse- des images se situent à différents niveaux : prétraitements, analyse et reconnaissance. Ces niveaux de traitements utilisent ou produisent des structures de données à des niveaux de granularité de plus en plus élevés : de l'image jusqu'à son interprétation. Si l'objectif ultime est celui de la reconnaissance de tous les composants du document -graphiques et textuels-, d'autres objectifs concernent la visualisation de l'image pour en améliorer le déchiffrement, la recherche de structures intermédiaires : blocs, lignes ou mots, et la séparation des couches graphiques et symboliques. L'automatisation de la recherche des lignes de texte est notamment une aide certaine à la création de liens texte/image dans les images de manuscrits (cf. section 3).

La transcription d'un manuscrit associant l'image et le texte à travers une interface graphique était un des objectifs du projet Philectre (Cerquiglioni *et al.*, 1995) dont la vocation était d'étudier l'apport des techniques informatiques et du traitement des images aux chercheurs en sciences littéraires. Les équipes à l'initiative de Philectre étaient : l'ITEM, l'Université de Paris VII, l'IRISA, l'Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, l'IUT de Reims et l'Université de Paris VIII. Ce projet a donné lieu à de nombreux travaux sur le traitement d'images de manuscrits, l'étude comparative des différentes versions et variantes, l'encodage, l'exploitation des métadonnées pour les documents anciens, la visualisation d'information et la navigation dans un corpus de textes et d'images (André *et al.*, 1999).

La section 2 présente de manière générale les différents niveaux de traitement d'un manuscrit, ainsi que les techniques de traitement des images associées. Les sections 3 et 4 décrivent plus précisément des traitements réalisés sur des manuscrits anciens (Lettres de Rémission, manuscrit d'auteur) : extraction d'éléments graphiques et structuration en lignes.

## 2. Traitement des images et documents anciens

### 2.1. Présentation

La numérisation des documents anciens est un enjeu important pour les services d'archives, les bibliothèques, les historiens et les chercheurs en sciences littéraires pour les possibilités de manipulation, de visualisation et de recherche d'information qui en découlent. La numérisation physique : scannérisation (ou digitalisation), consiste à créer une image du document (un tableau de points ou de pixels<sup>1</sup>) à l'aide d'une caméra numérique ou d'un scanner. Une haute résolution est souvent nécessaire (de 300 à 600 dpi<sup>2</sup>) pour restituer les éléments les plus fins de l'écriture et des graphismes. L'image obtenue est en couleur, en niveaux de gris (un nombre fini de teintes de gris) ou bitonale (noir et blanc) suivant les possibilités du capteur et les choix de numérisation. La question du format de sauvegarde (ou stockage), dépend de l'application visée et de la taille du support de conservation. Les possibilités de choix étant de conserver l'image brute ou de la comprimer avec ou sans perte d'information (Bottou *et al.*, 2000).

L'image du document obtenue n'est pas structurée et se présente comme un simple fichier que l'on peut visualiser. C'est pourquoi numériser un document consiste à associer aux données « image » des données textuelles (termes d'indexation, transcription, métadonnées) structurées ou non et sur lesquelles des recherches informatisées sont possibles.

Quels sont les apports du traitement des images à la numérisation des documents manuscrits anciens ? Ils permettent de rechercher des informations directement dans les images, d'en dégager la structure, d'en améliorer la qualité visuelle. Et cela dans un mode automatique ou semi-automatique. Un exemple : dans le cas de manuscrits calligraphiés ou imprimés, une reconnaissance automatique de caractères est possible (Deborah, 2000) (Calabretto *et al.*, 1998). Certes, cette reconnaissance nécessite un apprentissage et quelques corrections des chaînes produites. Cependant, elle permet à un opérateur humain de gagner un temps précieux et au chercheur d'accéder au texte *in extenso*.

Le traitement des images, ou plutôt la chaîne de traitements, va produire des images intermédiaires (l'image originale étant toujours conservée), ce que nous décrivons ci dessous.

---

<sup>1</sup> Contraction de l'anglais *picture element*

## 2. 2 *Prétraitements et binarisation*

Les premiers traitements -appelés prétraitements- de la chaîne consistent à améliorer la qualité des images en éliminant les défauts dus à l'éclairage et au processus d'acquisition. Ces défauts proviennent notamment de l'inclinaison du document sur la vitre du scanner, de la présence d'éléments extérieurs à la page de document (doigts tenant le document, pliure, fond), de la courbure du texte sur les bords due à l'épaisseur du livre, d'un éclairage non homogène, de la fonction de transfert du capteur, de contours de l'écriture flous. Le processus de vieillissement se traduit sur l'image par des trous, des taches d'humidité, de l'encre du verso apparaissant sur le recto, des traits partiellement effacés produisant une écriture fragmentée lors de la binarisation.

Les prétraitements peuvent être effectués à des fins de visualisation et/ou en vue des traitements ultérieurs de structuration ou de reconnaissance. Ils utilisent des opérations sur l'image tels que les *modifications d'histogramme*<sup>2</sup> et les *filtrages*<sup>3</sup> pour corriger la luminosité, réduire les bruits, rehausser les contrastes (figure 1).

La présence de traits d'écriture est généralement détectée par un filtre *passé-haut* (opérateur de gradient par exemple) recherchant les pixels correspondants au passage écriture/fond, donc à des transitions rapides. Cela permet de repérer les traits plus clairs de l'écriture et de différencier l'écriture des taches. Les *filtrages morphologiques* se distinguent des filtrages précédents par le fait qu'ils utilisent une combinaison de l'image *érodée* et de l'image *dilatée* de l'image originale.

Les corrections d'inclinaison ou de courbure supposent de calculer tout d'abord l'angle d'inclinaison, par notamment des techniques de projections, puis de rééchantillonner l'image.

Les traitements utilisés dans cette étape peuvent corriger un défaut mais avoir des effets négatifs sur d'autres éléments de l'image. En particulier les filtrages passe-bas éliminent certains bruits mais rendent l'écriture floue. Ces traitements doivent être donc maniés avec circonspection et évalués. Leur mise au point demande plusieurs essais et réglages pour s'adapter au document analysé.

La Table I indique les prétraitements les plus couramment utilisés pour l'analyse des documents anciens, ainsi que des références présentant ces méthodes ou l'appliquant sur des documents anciens.

Une étape dite de *binarisation* peut être ensuite nécessaire pour distinguer le fond de l'image des autres éléments (textuels ou graphiques). Elle consiste à obtenir

---

<sup>2</sup> Cette opération consiste à affecter de nouvelles valeurs aux pixels de l'image suivant une transformation linéaire ou non des valeurs de l'image d'origine.

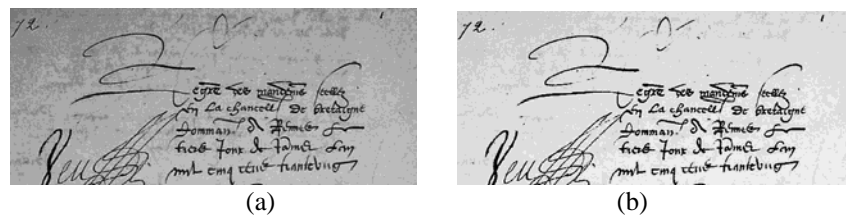
<sup>3</sup> On appelle filtrage l'opération consistant à remplacer la valeur de chaque pixel de l'image par une valeur dépendant de celle des pixels appartenant à son voisinage.

une image bitonale (noir pour l'écriture/blanc pour le fond) si l'image d'acquisition est en niveaux de gris ou en couleur. Le choix d'un algorithme (global ou adaptatif) recherchant un seuil de binarisation doit être effectué avec le plus grand soin pour que la teinte de blanc soit attribuée au seul fond de l'image et que l'écriture apparaisse bien en noir. Il peut parfois être nécessaire de régler ce seuil manuellement au vu de l'histogramme et si on dispose de documents pris dans des conditions identiques de prises de vue.

Enfin, la couleur peut être utilisée pour distinguer certains éléments de l'image qui se détachent dans une des trois images correspondant au canal rouge, vert ou bleu.

Défaut	Pré-traitement	Référence
luminosité trop sombre ou trop claire	modification d'histogramme	(Belaid, 1992)
taches	filtrages passe haut	(Felbach, 2000)
points parasites	filtrages passe-bas filtrages morphologiques	(Belaid, 1992) (Mengucci, 2000)
rotation légère de l'image	calcul de l'angle par projection, redressement par re-échantillonnage	(Belaid, 1992) (Debora, 2000)
courbure de l'écriture sur un bord de l'image	calcul de la courbure locale, re-échantillonnage	(Debora, 2000)
écriture fragmentée	filtrages (passe-haut, morphologiques, passe-bas)	(Felbach, 2000) (Debora, 2000)
contours de l'écriture flous	filtrage passe haut filtrage morphologique	(Lamouche <i>et al.</i> , 1996)
écriture du verso apparaissant sur le recto	combinaison des images recto et verso	(Lamouche <i>et al.</i> , 1996) (Lins, 1994) (Tan, 2002)

**Table I.** *Prétraitements courants sur les images de documents anciens*



**Figure 1.** (a) *image originale* (b) *image produite par modification non linéaire d'histogramme – le contraste écriture/fond est amélioré*

### **2.3 Segmentation texte/graphique**

Les traitements suivants opèrent sur une image dont on a séparé les formes du fond. Ils se distinguent par là des prétraitements précédents opérant sur les pixels de l'image, donc à très bas niveau. La première tâche consiste à classer les éléments (formes) extraits du fond en entités similaires. Il s'agit notamment de distinguer les éléments textuels (caractères, symboles) des éléments graphiques. Ceux-ci sont composés des parafes, ratures, signes de renvoi, grands traits, mais aussi lettrines et illustrations. On parle alors de *segmentation* (séparation) texte/graphique.

Une *analyse en composantes connexes* peut aider à cette segmentation en recherchant les ensembles de pixels noirs connectés (figure 2). Une sélection de type morphologique basée sur la taille ou l'aspect des composantes permet d'éliminer un certain nombre de composantes non textuelles. Des connaissances *a priori* sur la position de ces éléments peut aussi aider à leur élimination, notamment pour les lettrines dans les manuscrits médiévaux (Gusnard de Ventadert, 1999). Les techniques basées sur la morphologie mathématique sont aussi utilisées (Granado *et al.*, 2000) (Mengucci *et al.*, 2000).

Pour les manuscrits musicaux, l'extraction des lignes de portée est la première des segmentations effectuées. Celle-ci est d'autant plus délicate que symboles musicaux et traits de portées se superposent. Des techniques basées sur les *projections* des pixels noirs (cf. section 3) permettent tout d'abord de repérer l'emplacement des portées. Pour chaque portée, chacune des lignes peut ensuite être extraite par suivi de trait. Des techniques de *suivi de trait*, notamment basées sur le filtrage de Kalman sont utilisées (Leplumey *et al.*, 1993). Les objets recherchés dans une image de partition sont généralement les traits horizontaux et verticaux (lignes de portée, queues de notes, traits de liaison, barres de mesure), les têtes de notes, les symboles textuels et musicaux : clés, dièses, bémols, caractères (Carter, 1992) (Caldas Pinto *et al.*, 2000).

Idéalement les traitements évoqués ci-dessus devraient aboutir à une image intermédiaire où l'image est propre, débarrassée d'éléments non textuels et où l'écriture apparaisse ni fragmentée, ni épaissie. Cette image est utilisée pour les traitements suivants que sont la structuration du document, éventuellement suivie d'une reconnaissance des caractères.

### **2.4 Structuration et reconnaissance**

L'extraction de structures sur les objets extraits lors de l'étape de segmentation est un préalable à la reconnaissance et l'interprétation. Ces structures sont recherchées à un ou plusieurs niveaux de granularité : blocs, colonnes, lignes ou mots. La méthode de structuration (cf. section 3.1) est choisie en fonction de la régularité ou non des caractéristiques des lignes (longueur, hauteur, ligne de base).

Enfin, les techniques de reconnaissance des caractères peuvent être envisagées sur des documents de bonne qualité dont les caractères sont isolés<sup>4</sup> et relativement bien formés. Les documents concernés sont les documents imprimés anciens et certains documents calligraphiés. La reconnaissance consiste en la recherche d'un appariement optimal entre un caractère (ou symbole) à reconnaître et des caractères prototypes.

Après cette présentation générale des traitements de type image sur les manuscrits, nous décrivons de manière plus précise des traitements relatifs à la segmentation et à la structuration de documents manuscrits.

### 3. Extraction de structures de lignes

L'extraction de structures de lignes de texte est un préalable à la recherche des mots, puis des caractères si ceux-ci doivent être reconnus. Elle est aussi un préalable à l'établissement de liens texte/image. Il faut donc isoler chaque élément de structure (ligne ou autre) dans l'image, ce qui suppose l'élimination préalable des composantes graphiques apparaissant près du texte, voire superposées au texte.

Dans le cadre de Philectre, une interface a été réalisée en vue d'établir la transcription diplomatique<sup>5</sup> d'un document. Cette interface permet notamment d'associer chaque ligne de la transcription à la portion de l'image du document source correspondante et de mettre à profit cette association lors de la visualisation conjointe d'un manuscrit et de sa transcription. Cette correspondance est réalisée par la sélection de la ligne dans l'image du document, l'entrée au clavier du texte de la transcription, la création du lien hypertextuel entre la zone graphique et l'élément textuel. Lors de la consultation, il suffit alors de cliquer sur une ligne de l'image (respectivement de la transcription) pour faire apparaître la ligne correspondante de la transcription (respectivement de l'image). Comme une saisie manuelle des lignes de texte serait longue et fastidieuse, un mode collaboratif a été proposé : analyse automatique de la page suivie des corrections (éventuelles) de manière interactive. Une sélection manuelle de quelques lignes est toujours possible à l'aide d'outils interactifs de sélection (entourage, surlignage) utilisant la souris (Robert *et al.*, 1997).

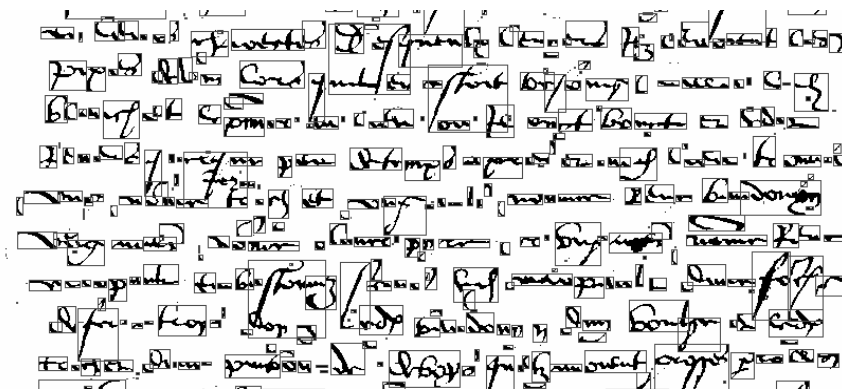
---

<sup>4</sup> Dans les manuscrits, même quand les caractères sont en majorité isolés, il subsiste souvent des caractères « collés » soit parce que le scribe les a rapprochés pour une question de mise en page (justification par exemple), soit du fait d'une binarisation localement erronée.

<sup>5</sup> Transcription qui respecte la disposition des lignes du manuscrit

### 3.1 Techniques d'extraction

Les techniques d'extraction de lignes de texte sur une image bitonale sont basées sur la projection des pixels, ou sur le groupement de composantes connexes ou de pixels le long d'une direction (Likforman-Sulem *et al.*, 1994). D'autres techniques sont possibles : approche multi-résolution (Viard-Gaudin *et al.*, 1992) ou filtrage différentiel (Lebourgeois, 1996), groupement de points caractéristiques (Feldbach *et al.*, 2001).



**Figure 2.** Lettre de Rémission (extrait). Les composantes connexes de l'image apparaissent dans des rectangles. On remarque les nombreuses composantes de chevauchement

Les manuscrits sont caractérisés par des lignes de longueur différentes, plus ou moins fluctuantes. Les difficultés majeures sont l'imbrication des lignes, le chevauchement de composantes (composantes appartenant à plusieurs lignes de texte du fait de la présence de hampes et de jambages) et la fragmentation des caractères (due à la binarisation ou à la non homogénéité de l'encre).

### 3.2 Application aux Lettres de Rémission

Nous comparons ci dessous trois méthodes d'extraction de lignes sur des manuscrits issus de registres du XVIème siècle (Fekete *et al.*, 1999). Ces manuscrits sont des lettres de rémission officialisant la grâce accordée à des criminels.

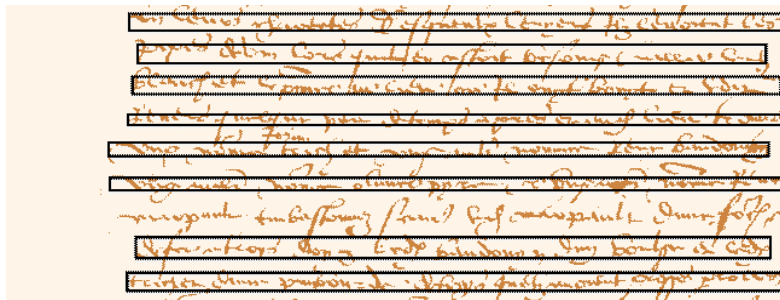
La méthode M1 : est basée sur la projection horizontale des pixels (somme des pixels noirs calculée pour chaque ligne) sur un axe vertical. La position centrale d'une ligne correspond à celle des pics de la projection. Sur la figure 3-a, la ligne extraite est repérée par une région rectangulaire.



## Apport du traitement des images à la numérisation 9

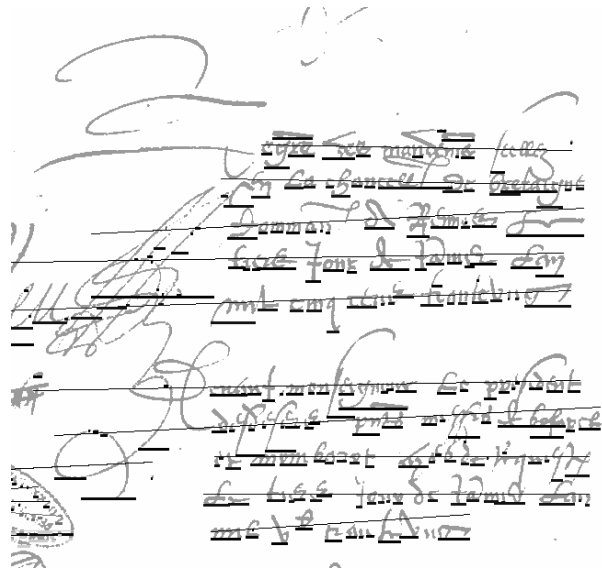
La méthode M2 : est basée sur la transformée de Hough (Likforman-Sulem *et al.*, 1995). Toutes les hypothèses d'alignement de composantes connexes sont considérées. Un critère perceptif de qualité permet de ne conserver que les alignements qui correspondent à de véritables lignes de texte. Sur la figure 3-b, les lignes extraites sont repérées par un axe et les composantes connexes qui en font partie sont soulignées d'un trait. Certaines grandes composantes ont été éliminées avant l'extraction des lignes mais restituées sur la figure à des fins de visualisation.

La méthode M3 : est basée sur l'extraction des lignes par groupement perceptif des composantes connexes (Likforman-Sulem *et al.*, 1994). Les composantes regroupées dans un alignement sont celles qui satisfont à des critères perceptifs de proximité, de similitude et de direction. Les conflits d'alignement rencontrés lors du groupement d'une composante sont résolus par un ensemble de règles qui examinent la configuration locale des alignements en conflit. Sur la figure 3-c, les lignes extraites sont repérées par un chaînage de composantes.

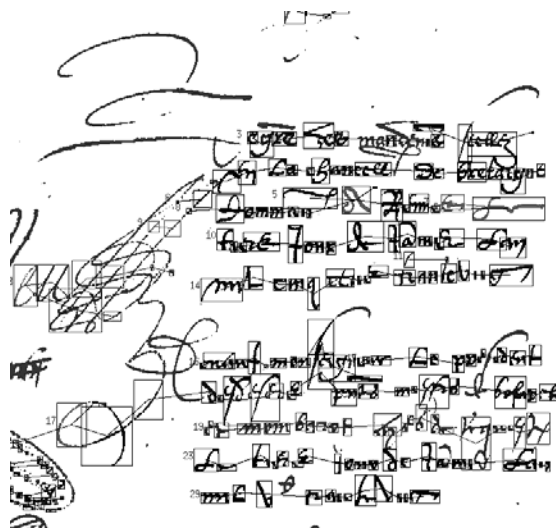


**Figure 3-a.** Extraction des lignes par une méthode de projection (méthode M1) sur le texte de la figure 2. La ligne 7 plus fluctuante n'a pas été extraite.

La méthode de projection M1 est très rapide mais sensible à l'inclinaison ou la fluctuation -même légère- des lignes. D'autre part, une ligne est repérée par un grand rectangle qui laisse en dehors des morceaux de composantes (hampes, jambages). Cette technique est à utiliser pour des documents imprimés ou calligraphiés dont les lignes sont largement espacées. Les méthodes M2 et M3 décrivent la ligne plus précisément puisque l'ensemble d'une composante est affecté à un alignement. La méthode M3 est plus rapide que M2 mais aussi plus sensible que M2 à la fragmentation de l'écriture. Cependant M3 départage certaines composantes de chevauchement.



**Figure 3-b.** Extraction des lignes par transformée de Hough (méthode M2)



**Figure 3-c.** Extraction des lignes par groupement perceptif (méthode M3)

Les méthodes M1 et M2 peuvent être améliorées par un post-traitement qui repérerait et traiterait les composantes de chevauchement. Cependant la tâche de séparation d'une composante en plusieurs parties est délicate, d'autant plus que

plusieurs lignes (jusqu'à 3 ou 4) peuvent être liées entre elles à travers une seule composante.

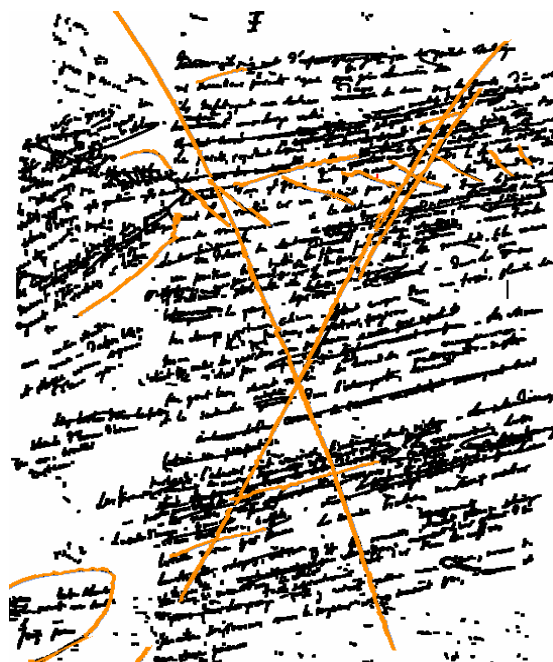
#### 4. Extraction de traits filiformes (couche graphique)

Les éléments graphiques (traits, ratures, lettrines) peuvent être plus ou moins proches du texte, voire collés ou superposés au texte. Les procédures de filtrage et de binarisation présentées en section 2.2 sont susceptibles d'éviter le fusionnement du texte avec les éléments graphiques très proches. La détermination préalable de la position du texte peut aider à repérer les composantes graphiques situées autour de ce texte comme cela est le cas pour certaines lettrines des manuscrits médiévaux<sup>6</sup>. Des critères liés à la taille ne sont pas toujours suffisants pour éliminer les grandes composantes graphiques car ces caractéristiques peuvent se retrouver aussi dans le texte (composantes de chevauchement). Quand les éléments graphiques sont superposés au texte, l'élimination de la composante graphique doit préserver l'écriture qu'elle recouvre.

Dans le dossier génétique de la *Légende de St Julien l'Hospitalier* de Flaubert, nous nous sommes intéressés à l'extraction des grands traits filiformes (croix de St André), grandes ratures apposées par l'écrivain sur une page de brouillon indiquant qu'il en avait terminé la recopie. L'extraction des traits permet de créer une image intermédiaire où le trait n'apparaît plus et l'écriture superposée restituée. Ces traits de rature peuvent être d'épaisseur fluctuante, dans différentes orientations, parfois interrompus et d'aspect très proche de l'écriture elle-même. Une procédure basée sur le filtrage de Kalman a été utilisée de manière interactive (Likforman-Sulem, 1998) sur des images intermédiaires réduites pour éviter que les traits de rature soient trop fins et pour accélérer le traitement (figure 4). L'utilisateur pointe à la souris le point de départ du trait à suivre, ainsi qu'un deuxième point sur le trait qui indiquera la pente initiale. Les portions d'image où l'écriture est superposée à la rature sont repérés lors du suivi. Lors du gommage de la rature, seuls les points de la rature non superposés sont retirés pour ne pas effacer le texte. Pour les grandes ratures, la difficulté consiste à suivre le trait malgré les interruptions et la superposition du trait avec l'écriture.

---

<sup>6</sup> L'équipe de l'IUT de Reims a notamment établi une procédure «d'effacement» des lettrines sur ce principe, ainsi que les filtres nécessaires pour améliorer la qualité des images.



**Figure 4.** Détection des éléments graphiques (en gris clair) sur un manuscrit de Flaubert. L'utilisateur a préalablement pointé à la souris les traits à éliminer

Une adaptation du suivi aux traits d'entourage ou de renvoi, plus courbes, a également été réalisée. Le suivi est d'autant plus efficace que la courbure des traits est douce.

## 5. Conclusion

Le traitement des images est une étape incontournable de la numérisation des manuscrits anciens. Les techniques relatives à ces traitements se situent à différents niveaux : prétraitements, segmentation couche texte (ou symboles)/ couche graphique, extraction de structures, reconnaissance ou interprétation. Ces traitements ont des fonctions variées : du nettoyage ou restauration de l'image, à la reconnaissance des symboles en passant par l'extraction de structures telles que les traits, les lignes, et la séparation des différents éléments du document. Si la plupart des traitements présentés ici sont automatiques, une certaine interactivité avec l'utilisateur peut être nécessaire.

## 6. Bibliographie

- Belaid A., Belaid Y., Reconnaissance de formes : méthodes et applications, Interéditions, 1992
- Bottou L., Haffner P., LeCun Y., Horward P., Vincent P., Riemers B., « DjVu : un système de compression d'images pour la distribution réticulaire de documents numérisés », *Actes de CIFED'2000*, Lyon, juillet 2000, pp. 453-462.
- Calabretto S., Pinon J-M, Bozzi A « Bambi : un système de gestion de manuscrits anciens pour historiens », numéro spécial Bibliothèques numériques, *Document numérique*, Hermès, Vol. 2, no 3-4, 1998, pp. 31-50.
- Caldas Pinto J., Vieira P., Ramalho M., Mengucci M., Pina P., Muge F., «Ancient Music Recovery for Digital Libraries», *4<sup>th</sup> European Conference ECDL 2000*, Lisbonne, Portugal, pp. 24-34, 2000.
- Carter N., « Segmentation and preliminary recognition of madrigals notated in white mensural notation », *Machine Vision and Applications* (1992), 5 :223-230.
- Philectre, «Philectre, Projet présenté dans le cadre du GIS Sciences de la Cognition sur le thème mutation de l'édition induite par le livre électronique», Cerquiglini B., Lebrave J-L (coordonnateurs) 1995.
- Debora, «Présentation du projet européen Debora, projet no LB 5608/A» R. Bouché (coordonnateur) document distribué lors de CIFED'2000, Colloque International Francophone sur l'Ecrit et le Document, Lyon, juillet 2000.
- André J., Chabin M-A (coordonnateurs), «Les documents anciens», *Document numérique*, Hermès, Vol. 3, no 1-2, juin 1999.
- Fekete J-D, Dufournaud N., « Analyse historique de sources manuscrites : application de TEI à un corpus de lettres de rémission du XVIe siècle », *Document numérique*, Hermès, Vol. 3, no 1-2, juin 1999, pp. 117-134.
- Feldbach M., « Generierung einer semantischen representation aus abbildungen handschriftlicher kirchenbuchaufzeichnungen, Diplomarbeit, Otto von Guericke Universität Magdeburg, juillet 2000.
- Feldbach M., Tönnies K.D., «Line detection and segmentation in Historical Church registers », *Actes de ICDAR'01*, Seattle, septembre 2001, pp. 743-747.
- Granado I., Mengucci M., Muge F., «Extraction de textes et de figures dans les livres anciens à l'aide de la morphologie mathématique», *Actes de CIFED'2000*, Colloque International Francophone sur l'Ecrit et le Document, Lyon, juillet 2000, pp. 81-90.
- Gusnard de Ventadert (nom collectif), « Les documents anciens », *Document numérique*, Hermès, Vol. 3, no 1-2, juin 1999, pp. 57-73.
- Lebourgeois F., «Localisation de textes dans une image à niveaux de gris », *Actes de CNED'96*, Colloque National sur l'Ecrit et le Document, Nantes, juillet 1996, pp. 207-214.
- Leplumey I., Camillerap J., Lorette G. «A robust detector for music staves», *Actes de ICDAR'93*, Tsukuba, , pp. 902-905.

- Lamouche I., Bellissant C., «Séparation recto/verso d'images de manuscrits anciens », *Actes de CNED'96*, Colloque National sur l'Écrit et le Document, Nantes, juillet 1996, pp. 199-206.
- Lins R.D., Guimaraes Neto M., França Neto L., Galdino Rosa L., «An Environment for Processing Images of Historical Documents », *Microprocessing and Microprogramming*, 40 (1994), pp. 939-942.
- Likforman-Sulem L., Faure C., «Extracting lines on handwritten documents by perceptual grouping», in *Advances in Handwriting and drawing : a multidisciplinary approach*, C. Faure, P. Keuss, G. Lorette, A. Winter (Eds), pp. 21-38, Europia, Paris, 1994.
- Likforman-Sulem L., Hanimyan A., Faure C., «A Hough Based Algorithm for Extracting Text Lines in Handwritten Documents» , *Actes de ICDAR'95* , Montréal 1995, pp. 774-777.
- Likforman-Sulem L., Robert L., Lecolinet E., Lebrave J-L « Edition hypertextuelle et consultation de manuscrits : le projet Philectre » Conférence Internationale Hypertextes et Hypermédias : Réalisation, Outils et Méthodes, sep 1997
- Likforman-Sulem L., «Extraction d'éléments graphiques dans les images de manuscrits » , *Actes de CIFED'98*, Québec, 1998, pp. 198-207.
- Mengucci M., Granado I., «Morphological Segmentation of text and figures in Renaissance books (XVI Century) », in *Mathematical Morphology and its applications to image processing*, J. Goutsias, L. Vincent, D. Bloomberg( eds), Kluwer, 2000, pp. 397-404.
- Robert L., Likforman-Sulem L., Lecolinet E.: «Image and Text Coupling for Creating Electronic Books from Manuscripts », *Actes de ICDAR'97*, Ulm, aout 1997.
- Tan C. L., Cao R., Shen P., « Restoration of archival documents using a wavelet technique », *IEEE PAMI*, Vol 24, no 10, octobre 2002, pp. 1399-1404.
- Viard-Gaudin C., Barba D., « Extraction robuste et structuration des informations par une approche multi-résolution pour la localisation du bloc adresse sur des objets postaux plats », *Actes de CNED'92*, Nancy, Bigre no 80, pp. 48-56.