



HAL
open science

Ontologies et relations spatiales dans une image : application aux images de lettrines

Mickaël Coustaty, Alain Bouju, Georges Louis, Norbert Tsopze, Karell Bertet,
Jean-Marc Ogier

► To cite this version:

Mickaël Coustaty, Alain Bouju, Georges Louis, Norbert Tsopze, Karell Bertet, et al.. Ontologies et relations spatiales dans une image : application aux images de lettrines. RFIA 2012 (Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle), Jan 2012, Lyon, France. pp.978-2-9539515-2-3. hal-00660972

HAL Id: hal-00660972

<https://hal.science/hal-00660972>

Submitted on 19 Jan 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Ontologies et relations spatiales dans une image : application aux images de lettrines

Mickaël Coustaty¹
Alain Bouju¹
Georges Louis¹

Norbert Tsopze¹
Karell Bertet¹

¹ Laboratoire L3I. Université de La Rochelle

Résumé

Cet article présente une analyse d'image de documents anciens, et plus particulièrement d'images de lettrines, qui vise à réduire le fossé sémantique entre des traitements d'images et les mots-clés d'un domaine d'expertise. Extraire automatiquement de l'information d'images de documents anciens n'est pas chose aisée, et l'information extraite n'est pas directement interprétable par les utilisateurs finaux (les historiens). Nous proposons donc dans cet article des méthodes d'extraction d'information adaptées au cas des images graphiques de documents anciens, et un cadre formel basé sur des ontologies de représentation de ces connaissances. De manière analogue, nous proposons également une ontologie qui permet de représenter les connaissances issues du domaine d'expertise des images : les historiens. Le lien entre ces deux domaines repose alors sur des règles d'inférences qui créent un pont entre mots-clés du domaine et caractéristiques bas-niveau.

Mots Clef

Ontologies, Documents anciens, Lettrines, Formes, Textures, Spatial

Abstract

This paper proposes a novel method of historical documents image analysis, and more specially images of lettrines, that aims at reducing the semantic gap between automatic image processing algorithms, and keywords from experts's domain. Automatic extraction of information from historical document is a difficult task, and the extracted information is not directly usable by end users (the historians). We thus propose some new adapted algorithms to extract a relevant information from these graphical images, and a formal framework based on ontologies, to represent them. Similarly, we propose an ontology to represent historians's knowledge. A link between these two domains then relies on inference rules, that create a bridge between experts's keywords and low-level features.

Keywords

Ontologies, Historical documents, Lettrines, Shapes, Textures, Spatial

1 Introduction

Etablir un lien entre une information bas-niveau et une information haut-niveau décrivant des images est une problématique importante dans le domaine de l'analyse d'images, identifiée sous le terme de *fossé sémantique*. Il s'agit là d'une problématique de *représentation des données complexes* décrivant l'image dans un objectif de *recherche d'information* qui peut regrouper l'aide à la recherche, l'extraction de primitives, la navigation dans des bases de grande taille, ou encore la recherche par le contenu. Ces problématiques se distinguent des problématiques de reconnaissance ou de classification d'images à partir d'une signature de l'image, classiquement abordées en *fouille de données* et en *apprentissage*.

Les technologies de types *ontologies*, récemment introduites dans le domaine du web sémantique pour permettre d'organiser les données et connaissances d'un domaine dans le but de les partager, diffuser et actualiser, fournissent un cadre méthodologique à la fois pertinent et novateur pour représenter des données complexes. Plus précisément, une ontologie permet une description à la fois structurelle et sémantique d'un ensemble de données hétérogènes, mais aussi des connaissances sous-jacentes. Dans le domaine de l'image, les ontologies semblent être une solution prometteuse pour définir une sémantique explicite : elles permettent de surmonter le problème de la représentation implicite et cachée d'une connaissance visuelle et peuvent être utilisées comme une référence commune pour échanger des contenus sémantiques. En conséquence, de nombreuses ontologies images ont récemment été construites, soit pour aider à la recherche et l'extraction de primitives, soit pour naviguer dans des bases de grande taille. Alors que les premières ontologies proposaient un mécanisme d'annotation automatique des images, des travaux plus récents ont été proposés dans un objectif de réduction du fossé sémantique [17], d'exploitation des mécanismes de raisonnement [14, 10, 17], ou encore de recherche par le contenu [13]. Un bon état de l'art est proposé dans [2]. Les ontologies peuvent être exploitées comme un modèle formel prenant en charge différents *mécanismes de raisonnement* permettant de déduire de la connaissance implicite à partir de la connaissance explicitement formalisée (par l'intermédiaire des logiques de description sous-jacentes)

ou d'opérations d'ingénierie (extraction automatique d'une information de bas niveau, construction semi-automatique de l'ontologie, généricité, modularisation, etc).

En analyse d'images, la signature d'une image consiste en une information condensée plus ou moins complexe qui permet de la décrire et de la caractériser, et qui peut s'organiser sous forme d'un vecteur numérique décrivant l'organisation des pixels dans l'image (signature globale), mais également sous une forme plus complexe où des primitives extraites de l'image (traits, arcs de cercles, ou plus généralement zones d'intérêt de l'image) sont décrites à la fois par leur contenu pixellaire (signature locale) et par leur agencement topologique (signature structurelle). Alors que l'analyse d'image s'intéresse en particulier à l'extraction de primitives dans un objectif de reconnaissance, leur *représentation spatiale* est une problématique complémentaire abordée en particulier dans les systèmes d'information géographique. En effet, la représentation de l'espace est un sujet de recherche qui suscite l'intérêt à la fois de différentes communautés scientifiques (géographie, linguistique, ...), mais aussi dans différents domaines en informatique (bases de données spatiales, systèmes d'information géographique (SIG), raisonnement spatial, bases de données d'images...). Une large gamme de modèles et outils adaptés à la *représentation spatiale* a été développée dans le domaine des systèmes d'informations géographiques (SIG) où les problématiques abordées concernent avant tout une *représentation de données complexes* décrivant des images géographiques, et où l'interopérabilité entre représentations joue un rôle majeur. Citons à titre d'exemple les travaux de [12].

Le domaine du document est principalement concerné par ces deux problématiques. Les archives de documents anciens représentent une vraie richesse qui n'ont pas seulement une valeur historique pour leur apparence physique mais également pour leur contenu. En effet, l'intérêt ici n'est pas seulement de numériser des documents mais également de créer une librairie numérique de documents enrichis par des annotations sémantiques permettant de décrire, classer et indexer des documents par leurs contenus.

Dans cet article, nous présentons nos travaux autour d'images de lettrines, travaux réalisés dans le cadre du projet ANR Navidomass dans lequel le laboratoire L3I est partenaire. Nous avons mis en place une ontologie intégrant des données complexes décrivant des images de lettrines. Cette ontologie intègre à la fois la connaissance métier des historiens ainsi que des informations sur des zones de l'image, et peut être interrogée sur ces deux types de propriétés. Nous l'avons enrichie de règles logiques pour une annotation sémantique de certaines zones de l'image, et de certaines images elles-mêmes. Il s'agit là d'un mécanisme d'ancrage sémantique des zones par inférence de règles, permettant de réduire le *fossé sémantique* entre description pixellaire et description sémantique d'une image.

Les images de lettrines sont décrites dans la section 2. La section 3 décrit l'ontologie mise en place. Des expériences



FIGURE 1 – Exemples de lettrines

tations sont ensuite proposées dans la section 4.

2 Images de lettrines

Les images de lettrines sont issues d'un domaine porteur d'une connaissance métier sémantiquement forte, à partir desquelles il semble naturel d'extraire une description spatiale décrivant leur structure.

2.1 Sémantique du domaine

Les images de lettrines sont des images graphiques que l'on retrouve dans des documents anciens des *XV^{ème}* et *XVI^{ème}* siècles. La Figure 1 en donne un exemple. Il s'agit d'une lettre décorée, en début des paragraphes des livres de cette époque, obtenue à l'aide de tampon en bois, sculptés à la main. Composée principalement d'une lettre en son centre, une lettrine se caractérise également par un fond qui peut être décoratif, ou bien représenter des scènes sociales de l'époque. Les nuances et les ombres étaient obtenues à l'aide de traits parallèles.

L'étude des lettrines fait l'objet de travaux au centre historique CESR de Tours qui en possède un fond documentaire. Les lettrines représentent une source d'information exploitée par les historiens pour situer les documents dans le temps, ou encore pour étudier les scènes sociales des fonds figuratifs. En effet, les tampons étant utilisés plusieurs fois, leur usure permet de situer les documents les uns par rapport aux autres. De plus, ils portent souvent des caractéristiques propres à celui qui les a sculptés.

La mise en place d'outils d'analyse d'images adaptés permet d'envisager des approches automatisées de recherche par le contenu, ou encore de navigation dans un document, lettrine par lettrine.

Les historiens ont identifié quatre niveaux de décomposition décrivant la sémantique d'une image de lettrine : le fond (figuratif ou non figuratif), le motif, la lettre et le bord. Chaque couche fournit une information spécifique (voir Figure 2) :

Lettre (Letter) : positionnée au centre de l'image, la couche lettre se caractérise par la lettre qu'elle contient, sa couleur (noire ou blanche), l'alphabet (latin, grec, hébreu, ..) et la police utilisée (romain, gothique).

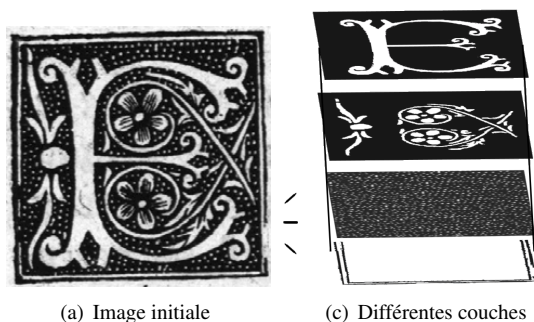


FIGURE 2 – Décomposition en couches des historiens

Motif (Pattern) : il est constitué des formes ornementales qui peuvent être décoratives (principalement des motifs) ou figuratives (personnages, bâtiments, arbres ...);

Fond (Background) : le fond peut être uniforme (noir ou blanc) ou hachuré.

Cadre (Frame) : le cadre correspond aux bords du tampon typographique. Il peut être composé de zéro, un ou deux traits.

Cette sémantique est décrite par un thesaurus [11], qui respecte à la fois le standard TEI (Text Encoding Initiative) [3] - standard de représentation des textes - et la classification Iconclass [18] - système standard de classification des documents d'une collection par sujets.

2.2 Extraction de zones pertinentes

Les images de lettrines sont des images particulièrement difficiles à traiter. En effet, ce sont des images qui se sont détériorées avec le temps - jaunissement du papier, pages abîmées, tachées - et les techniques développées doivent être robustes à ces détériorations. Par ailleurs, il s'agit d'images binaires à base de traits sur lesquelles les approches texture classiques d'analyse d'images ne peuvent pas s'appliquer. C'est pourquoi une approche spécifique d'extraction d'information à partir d'images à base de traits a été proposée dans [5].

Tout d'abord, l'image est décomposée en trois couches (texture, forme et bruit) selon une décomposition décrite dans [7], résultat d'une série de projections [8]. La géométrie d'une image se retrouve alors principalement sur sa *couche forme*, alors que la *couche texture* permet d'analyser les traits qui la composent.

Zones de formes. Une méthode d'extraction adaptée à la couche forme, décrite dans [6], permet d'en extraire certaines zones forme constitutives de l'image. En effet, la lettre, ou encore des éléments de scènes naturelles des lettrines à fond figuratif, correspondent à des formes de l'image. Ces zones de forme sont obtenues en deux étapes :

1. Les composantes connexes de la couche forme sont segmentées à l'aide d'une loi de Zipf [15],

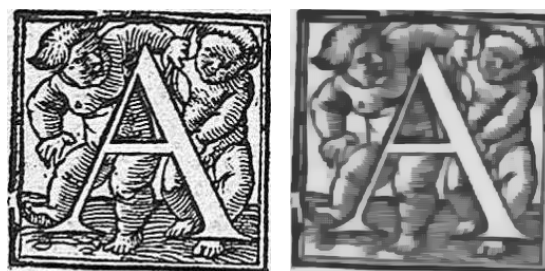


FIGURE 3 – Décomposition en couches d'une lettrine

particulièrement adaptée par sa robustesse aux variations de niveaux de gris, et par son indépendance à la couleur des composantes.

2. Enfin, ces composantes sont extraites de l'image, formant ainsi des zones. Seules les zones dont l'aire est supérieure à 1% de l'image sont retenues, les autres zones étant considérées moins pertinentes.

Zones de traits. Un traitement de la couche texture a également été mis en place pour en extraire des zones constituées de traits similaires [5]. Ces zones de traits sont obtenues en cinq étapes :

1. Un pré-traitement de binarisation est tout d'abord appliqué, (à l'aide d'un seuil adaptatif), suivi d'un débruitage (à l'aide d'un masque de 5 pixels) pour ne conserver que les traits dans l'image binarisée.
2. Une squelettisation permet ensuite d'extraire le squelette des traits qui peuvent être d'épaisseurs variables.
3. Chaque trait est caractérisé par des caractéristiques prégnantes pour la vision humaine, à savoir sa longueur, son épaisseur, son orientation, et ses changements de direction (codage de Freeman).
4. Les traits similaires sont ensuite regroupés par segmentation, puis par voisinage dans l'image, afin de construire des zones de traits similaires.

3 Ontologie des lettrines

Nous avons défini une représentation ontologique des images de lettrines. Cette ontologie offre une représentation standardisée des données complexes hétérogènes les décrivant (caractéristiques numériques, information spatiale, sémantique du domaine). Elle permet également de réduire le *fossé sémantique* entre description pixellaire et description sémantique d'une image à l'aide d'un mécanisme d'annotation automatique (par inférence) de certaines régions de l'image, ou de certaines images.

Nous avons défini cette ontologie en plusieurs étapes (cf Figure 4), chaque étape est décrite plus en détails dans les sections suivantes :

Connaissance métier (historian knowledge) (section 3.1) : la connaissance des historiens est décrite par un thesaurus que nous avons transcrit en une *ontologie métier*, i.e. en logique de description. Un fond de 4288 images de lettrines, annotées à la main par les historiens, est utilisé pour peupler la partie A-box de cette ontologie.

Zones forme et zones de traits des lettrines (section 3.2) : nous avons défini une *ontologie des zones* d'une image de lettrine composée de zones formes extraites à partir de la couche forme, et de zones de traits extraites à partir de la couche texture. Cette ontologie est peuplée par 911 images de lettrines (lettrines à fond blanc, hachuré, noir, criblé et indéfini), décrites par 5588 zones forme et par 451711 zones de traits.

Combinaison des deux ontologies (section 3.3) : l'ontologie métier fournit une représentation haut-niveau des lettrines, alors que l'ontologie des zones en est une représentation bas-niveau. Leur combinaison en une seule *ontologie des lettrines* permet de représenter l'ensemble des données décrivant les lettrines de façon homogène pour une meilleure interrogation. Une exploitation plus pertinente consiste à identifier certaines zones selon qu'elles correspondent ou non à une lettre, à un élément du fond figuratif, ou qu'elles participent à la constitution d'un fond hachuré. Il s'agit là de possibilités d'enrichissement qui reposent sur le mécanisme d'inférence.

Enrichissement des zones forme (section 3.4) : nous avons enrichi l'ontologie des zones avec un mécanisme de partitionnement de l'image et des relations spatiales, dans le but de pouvoir localiser chacune des zones forme selon qu'elle se situe au centre de l'image, ou sur un bord. Puis nous avons ajouté des descriptions logiques de propriétés permettant d'identifier et d'annoter certaines zones forme comme la lettre de la lettrine, ou encore une partie d'un personnage du fond de la lettrine

Enrichissement des zones de traits (section 3.5) : en ce qui concerne les zones de traits, c'est l'ensemble des zones constitutives d'une image qui fournit une information pertinente. Nous avons ici résumé les caractéristiques de l'ensemble des zones de traits à l'aide de nouvelles propriétés au niveau de l'image elle-même, puis utiliser ces nouvelles propriétés pour déterminer si l'image est une lettrine à fond hachuré ou non.

3.1 Connaissance métier : ontologie métier des lettrines

La T-box de l'ontologie métier est construite à partir du thesaurus défini par les historiens. Un concept - vocabulaire de la logique de description - ou classe - vocabulaire des ontologies - est défini pour chaque couche sémantique d'une lettrine (*Letter, Background, Pattern, Frame*) ; ainsi que pour spécifier la lettre (*ColorLetter, TypeFont, ...*). La

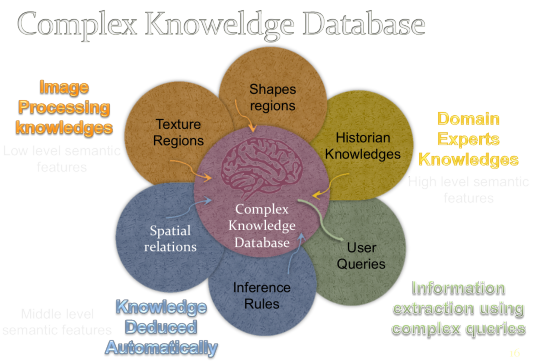


FIGURE 4 – Fleur ontologique

classe principale *Lettrine* est reliée à ces concepts par des propriétés :

- *Lettrine hasFrame Frame*
- *Lettrine hasBackground Background*
- *Lettrine hasPattern Pattern*
- *Lettrine hasLetter Letter*
 - *Letter hasIdentificationLetter IdentificationLetter*
 - *Letter hasColor ColorLetter*
 - *Letter hasAlphabet Alphabet*
 - *Letter hasTypeFont TypeFont*

3.2 Zones forme et zones de traits : ontologie des zones

Un concept *Image* permet de représenter chaque image de lettrine. Des informations globales relatives à l'image - unité de mesure, système de référencement utilisé - sont introduites par des propriétés :

- *Image hasImageMeasurementUnit MeasurementUnit*
- *Image hasImageReferenceSystem ImageReferenceSystem*

Les concepts *ROI* (Region Of Interest) et *ROISet* permettent d'associer un ensemble de zones à une lettrine :

- *Image hasROISet ROISet*
- *ROISet hasROI ROI*

Pour distinguer les zones forme des zones traits, nous avons créé deux sous-concepts du concept *ROI* :

- *ROI is-a ROIShape*
- *ROI is-a ROITexture*

Des caractéristiques communes à toutes les zones sont définies comme des propriétés du concept *ROI* :

- *ROI hasX* et *ROI hasY* : indique les coordonnées du centre de gravité de la zone, permettant ainsi de la situer dans l'image.
- *ROI hasAire* : indique l'aire de la zone, utilisée pour trier les zones selon leur taille.

Les zones forme sont caractérisées par trois propriétés supplémentaires :

- *ROIShape hasExcentricite* : indique l'excentricité *Ecc* de la zone, qui donne une indication de forme. L'excen-

tricité est définie comme le rapport entre le rayon minimal r_m et le rayon maximal r_M de l'ellipse minimale englobant la zone [16] :

$$E_{cc} = \frac{r_M - r_m}{r_M + r_m} \quad (1)$$

- *ROIShape hasGreyMean* et *ROI hasGreySTD* : indique la moyenne en niveaux de gris, ainsi que leur déviation, permettant d'estimer la couleur de la zone, ainsi que sa régularité.
- *ROIShape hasEuler* : indique le nombre d'Euler E_n de la zone, pour en estimer la compacité. Le nombre d'Euler introduit dans [16], permet d'estimer le plus généralement la compacité d'un ensemble de zones. Pour une seule zone, il se réduit à $E_n = 1 - H$, où H représente le nombre de trous dans la zone.

Les zones de traits sont caractérisées par six propriétés supplémentaires (rappelons qu'une zone de traits est composée de traits similaires) :

- *ROITexture hasStrokesNumber* : indique le nombre de traits d'une zone.
- *ROITexture hasStrokesLenght* : indique la longueur des traits d'une zone.
- *ROITexture hasStrokesWidth* : indique l'épaisseur des traits d'une zone.
- *ROITexture hasStrokesOrientation* : indique l'orientation des traits d'une zone.
- *ROITexture hasStrokesHomogeneity* : indique l'homogénéité des traits d'une zone.
- *ROITexture hasStrokescurvature* : indique la courbure des traits d'une zone.

3.3 Combinaison des deux ontologies

Nous avons ensuite combiné l'*ontologie métier* et l'*ontologie des zones enrichie* en une seule *ontologie des lettrines*. En effet, ces deux ontologies portent chacune une information pour une image de lettrine. Techniquement, la T-box de cette ontologie combinée s'obtient en liant le concept *Lettrine* de l'ontologie métier, et le concept *Image* de l'ontologie des zones. Nous avons utilisé pour cela le constructeur OWL :EQUIVALENTCLASS fourni dans la première version d'OWL. Le peuplement de la A-Box a quant à lui été réalisé à l'aide du constructeur OWL :SAMEAS. Nous avons également utilisé l'outil DLV¹, base de données déductive, pour construire et peupler ces ontologies. L'exécution en ligne de commandes basée sur la programmation logique déductive est simple à utiliser, DLV offre une facilité d'expression des requêtes, avec des temps de réponse relativement faibles.

3.4 Enrichissement de l'ontologie des zones forme

1. Le positionnement d'une région dans une image de lettrine est une information importante. En effet, la lettre est située au centre de l'image, et les bords sont

1	2	3
4	5	6
7	8	9

FIGURE 5 – Partitionnement d'une image utilisée pour localiser les zones.

représentés par un ou plusieurs traits. C'est pourquoi nous avons mis en place un mécanisme de partitionnement d'une image de lettrine : chaque image est divisée en neuf partitions (voir figure 5), une partition correspond au centre de l'image, 4 partitions correspondent aux différents bords, et les 4 dernières aux coins de l'image. Les partitions sont associées à l'image à l'aide d'un concept *Partition* et de la propriété suivante :

- *Image hasPartition Partition*

2. L'utilisation des relations spatiales est alors indispensable pour positionner une région dans un partition. C'est sur les préconisations de la norme Iso sur la manipulation des informations spatiales [1] que nous avons choisi d'utiliser l'algèbre RCC8 [4] qui propose huit types de relations spatiales entre deux objets spatiaux (cf Figure 6), ainsi que le format SFS (Simple Feature Specification) pour représenter des objets spatiaux, standard dérivé des spécifications spatiales de SQL préconisées par le consortium OGC (OpenGIS Consortium) [9].

Ainsi, les concepts *ROI* et *Partition* héritent de la classe abstraite *Surface* du standard SFS défini par l'OGC (cf Figure 7). La relation spatiale RCC8 *contains* se définit par une propriété de l'ontologie et permet de déterminer si une zone forme est située au centre de l'image (partition centrale) :

- *ROI contains Part*

Il est ici à noter que les relations spatiales entre une zone forme et chacune des neuf partitions peuvent également se calculer en pré-traitement lors de la phase d'extraction des zones, mais au détriment de l'aspect normatif.

3. Enfin, nous avons enrichi l'ontologie des lettrines avec de nouvelles propriétés qui intègrent expertise du domaine et celle du traitement d'images. Il s'agit de propriétés calculées, définies par une formule ou une règle logique, permettant d'annoter sémantiquement certaines zones d'une lettrine extraites de la couche forme : propriétés *isLetter* et *isBody* (cf Figure 8) :

Propriété *isLetter* pour une zone forme :

1. <http://www.dlvsystem.com/dlvsystem/index.php>

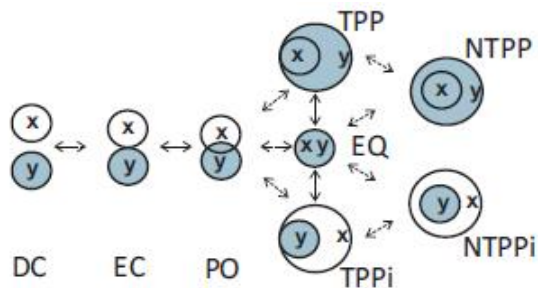


FIGURE 6 – Relations spatiales de l’algèbre RCC-8

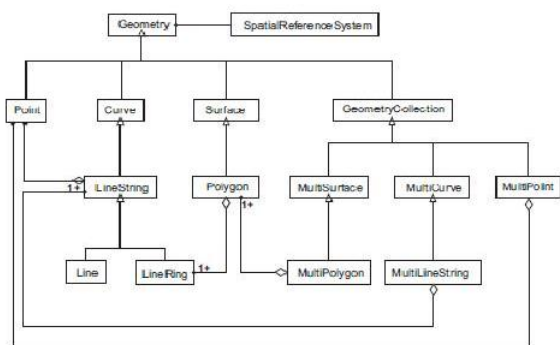


FIGURE 7 – Modèle de classe des types spatiaux dans le standard SFS de l’OGC

ROIShape isLetter.

Cette propriété indique si une zone est identifiée comme la lettre d’une lettrine. Elle s’exprime en fonction de trois propriétés qui intègrent des caractéristiques des zones forme, mais également une information spatiale avec le partitionnement de l’image :

(isLetter) zone d’aire maximale située au centre de l’image, contenant peu de trous et contenant le centre de l’image de la lettrine dans son rectangle englobant.

- (a) zone située au centre de l’image : cette propriété se teste à l’aide des relations spatiales. Il s’agit de vérifier que la zone est contenue dans la partition centrale, et ne chevauche par les zones du bord.
- (b) Zone avec peu de trous : le nombre d’Euler, associé à chaque zone dans l’ontologie des zones, est ici utilisé pour tester cette propriété. Après quelques expérimentations, nous avons positionner le nombre d’Euler entre -2 et +2 pour caractériser une zone sans trous.
- (c) contenant le centre de l’image de la lettrine dans son rectangle englobant : Cette propriété permet de préciser que le centre de la lettrine doit appar-

tenir au rectangle englobant de la zone choisie, avec une marge de 15 pixels.

- (d) zone d’aire maximale : dans l’ontologie des zones, l’aire est indiquée pour chaque zone. Parmi toutes les zones vérifiant les deux propriétés précédentes, celle d’aire maximale est retenue pour être annotée par la propriété *isLetter*.

Propriété isBody pour une zone forme :

ROIShape isBody.

Cette propriété indique qu’une zone est identifiée comme la partie d’un personnage du fond d’une lettrine. Elle s’exprime en fonction de cinq propriétés qui intègrent des caractéristiques des zones forme, une information spatiale avec le partitionnement, ainsi qu’une information de l’ontologie du domaine :

(isBody) zone d’une lettrine figurative située au centre de l’image, sans trous, de couleur gris-clair, et qui n’est pas une lettre.

- (a) zone d’une lettrine figurative : il s’agit là d’une propriété de l’ontologie métier.
- (b) zone située au centre de l’image : comme pour la propriété *isLetter*, cette propriété se teste à l’aide des relations spatiales de l’ontologie des zones enrichie.
- (c) Zone avec peu de trous : comme pour la propriété *isLetter*, il s’agit de tester le nombre d’Euler associé à chaque zone dans l’ontologie des zones.
- (d) zone de couleur gris-clair : la caractéristique colorimétrique d’une zone, présente dans l’ontologie des zones, doit être supérieure à 90 pour indiquer une couleur gris-clair.
- (e) zone qui n’est pas une lettre : parmi toutes les zones vérifiant les propriétés précédentes, seules celles qui ne vérifient pas la propriété *isLetter* sont annotées.

3.5 Enrichissement de l’ontologie des zones de traits

En ce qui concerne les zones de traits, ce sont les caractéristiques de l’ensemble des zones de traits qui portent une information pertinente au niveau de l’image elle-même. Ainsi, une lettrine hachurée peut se définir par un ensemble de zones de traits correspondant à des traits hachurés, et dont la superficie est suffisamment grande pour couvrir une bonne partie de l’image.

C’est pourquoi nous avons enrichi la description d’une image avec des propriétés décrivant l’ensemble des zones de traits qui la composent :

- Image hasYYY-XXX avec :

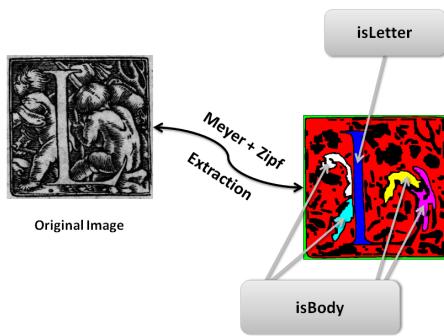


FIGURE 8 – Extraction de formes d’une lettrine

XXX : correspond à chacune des 6 propriétés spécifiques des zones de traits, à savoir **hasStrokesNumber**, **hasStrokesLength**, **hasStrokesWidth**, **hasStrokesOrientation** et **hasStrokesHomogeneity**.

YYY : correspond à la valeur minimale, maximale, moyenne, ou à l’écart-type (**Min**, **Max**, **Avg** et **Std**) de chacune des 6 caractéristiques de l’ensemble des zones de traits constitutives de l’image.

Enfin, nous avons enrichi l’ontologie des zones avec une propriété indiquant si une lettrine est constituée de suffisamment de zones de traits pour en déduire qu’elle a un fond hachuré :

Propriété *isHashed* pour une lettrine :

Image isHashed.

Cette propriété détermine si une lettrine possède un fond hachuré à partir des caractéristiques décrites ci-dessus qui résument celles de l’ensemble de ses zones de traits.

Cette propriété s’exprime seulement à partir de caractéristiques bas-niveau. C’est pourquoi nous avons pu utiliser une approche classique de classification supervisée (à savoir un arbre de décision C4.5) pour déterminer les seuils des différentes caractéristiques permettant de décider si la lettrine est hachurée ou non.

(isHashed) : comparaison des valeurs minimale, maximale, moyenne, ou d’écart-type des caractéristiques des zones de traits par rapport à des seuils (7 cas) obtenus par apprentissage :

	1	2	3	4	5	6	7
StLength seuil	Std > 27	Std > 27	Std > 27	Std > 27	Std > 27	Std ≤ 27	Std ≤ 27
StNb seuil	Moy > 1	Moy ≤ 1	Moy ≤ 1	Moy > 1	Moy ≤ 1	Moy > 1	Std > 4
StCurv seuil	Max ≤ 453		Max ≤ 400	Max ≤ 453	Max > 213	Max > 213	Max ≤ 213
StWidth seuil				Max ≤ 150	Max ≤ 150		Avg ≤ 216
StOrient seuil		Moy ≤ 38	Moy > 38				
StHom. seuil			Moy ≤ 824		Moy > 128		
X seuil	Max ≤ 574		Max > 238	Max ≤ 57	Max ≤ 5	Max > 241	Max > 241
aire seuil		Max ≤ 1	Std ≤ 884				
R	≤ 894	≤ 892		> 894	> 894		

4 Résultats expérimentaux

Règle pour la propriété *isLetter* : Cette règle a été appliquée sur l’ensemble des 909 lettrines peuplant l’ontologie des zones (lettrines à fond blanc, hachuré, noir, criblé et indéfini). Après vérification manuelle, 816 zones s’avèrent être correctement annotées, et 103 ne le sont pas, d’où un taux de reconnaissance de 89%, et un taux d’erreur de 11%. Cependant, cette règle ne garantit pas l’existence d’une zone annotée pour chaque lettrine.

Il serait ici possible de comparer la forme de la zone avec celle attendue de la lettre, information présente dans l’ontologie métier. Une telle extension permettrait de détecter les cas où la lettre se décompose en plusieurs zones, et ainsi réitérer la règle pour la propriété *isLetter* jusqu’à ce que toutes les zones de la lettre soient détectées.

Règle pour la propriété *isBody* : La validation des zones annotées est jusqu’à présent un processus manuel, nous avons sélectionné aléatoirement pour la règle *isBody* un sous-ensemble de 45 images de lettrines. Cet ensemble est constitué de 27 lettrines à fond décoratif, 18 lettrines à fond figuratif, à partir desquelles 112 zones forme au total ont été extraites. La règle *isBody* a permis d’annoter correctement des zones forme de 17 images sur 18 images figuratives, d’où un taux d’erreur inférieur à 2%.

La figure 9 représente la lettrine figurative dont les zones ne sont pas correctement annotées. On peut y observer que la zone jaune correspondant à une partie d’un personnage n’est pas annotée, son nombre d’Euler est trop grand. En revanche, la zone blanche est annotée alors qu’elle ne correspond pas à une partie d’un personnage. L’utilisation

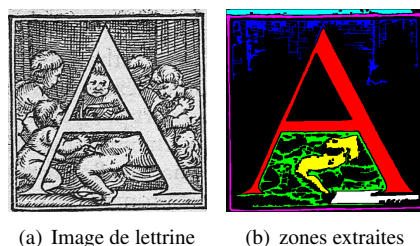


FIGURE 9 – L’image où des zones ne sont pas correctement identifiées comme partie de personnage par *isBody*

d’un partitionnement plus complexe de l’image, ou encore d’autres descripteurs statistiques des zones, pourrait permettre d’annoter correctement les zones de ce type.

Règle pour la propriété *isHashed* : Cette règle a été appliquée sur l’ensemble des 909 lettrines peuplant l’ontologie des zones parmi lesquelles 140 sont hachurées. 126 images sont annotées. Une vérification automatique est alors possible en interrogeant l’ontologie métier (des historiens) : 123 sont effectivement hachurées. D’où un rappel de $\frac{123}{140} = 87,8\%$, et une précision de $\frac{123}{126} = 97,8\%$.

5 Conclusion et perspectives

Dans cet article, nous avons décrit une ontologie d’images de lettrines permettant de représenter sous une forme standardisée des données complexes hétérogènes les décrivant (caractéristiques numériques, information spatiale, sémantique du domaine)

Ces travaux autour des lettrines sont des travaux récents, plusieurs perspectives sont d’ores et déjà envisagées, voire amorcées. L’amélioration des règles existantes est une première perspective : pour la règle *isLetter*, possibilité de comparer la zone lettre avec la forme attendue ; pour la règle *isBody*, mise en place d’un partitionnement plus sophistiqué, et utilisation de nouveaux descripteurs des zones. Sur le même modèle que la règle *isHashed*, une annotation des lettrines selon qu’elles soient lettrines à fond criblé, blanc, noir ou indéfini est envisageable.

Enfin, l’intégration d’une vérité terrain des zones d’une lettrine nous semble indispensable pour pouvoir vérifier automatiquement - et non manuellement - les règles mises en place, et ainsi les appliquer sur une plus grande quantité de zones et de lettrines. Des travaux en ce sens sont en cours.

Références

[1] ISO/IEC 13249-3 :2002. *Information technology- Database languages ; SQL Multimedia and Application Packages ; Part 3 : Spatial*. 2002.

[2] H. Bannour and C. Hudelot. Towards ontologies for image interpretation and annotation. In *International Workshop on Content-Based Multimedia Indexing*, 2011.

[3] D. T. Barnard, L. Burnard, J.-P. Gaspard, L. A. Price, C. M. Sperberg-McQueen, and G. B. Varile. Hierarchical encoding of text : Technical problems and sgml solutions. *Computers and the Humanities*, 29(3) :211–231, 1995.

[4] A.G. Cohn, B. Bennet, J. Gooday, and N.M. Gotts. Representing and reasoning with qualitative spatial relations about regions. In *Spatial and temporal reasoning*, pages 97–134. Kluwer, 1997.

[5] M. Coustaty. *Contribution à l’analyse complexe de documents anciens. Application aux lettrines*. PhD thesis, Université de La Rochelle, La Rochelle, France, 2011.

[6] M. Coustaty, J.-M. Ogier, R. Pareti, and N. Vincent. Drop Caps Decomposition For Indexing - A New Letter Extraction Method. In *Proc. of the IAPR 10th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR’09)*, pages 476–480, Barcelona Espagne, 2009.

[7] S. Dubois, M. Lugiez, R. Péteri, and M. Ménard. Adding a noise component to a color decomposition model for improving color texture extraction. In *proc. of the 4th European Conference on Colour in Graphics, Imaging, and Vision (CGIV’08)*, pages 394–398, 2008.

[8] A. El Hamidi, M. Ménard, M. Lugiez, and C. Ghanam. Weighted and extended total variation for image restoration and decomposition. *Pattern Recognition*, 43(4) :1564 – 1576, 2010.

[9] Open GIS Consortium Inc. Opengis simple features specification for sql. *OpenGIS Project Document 99-049*, 1999.

[10] Y. Gao J. Fan and H. Luo. Integrating concept ontology and multitask learning to achieve more effective classifier training for multilevel image annotation. *IEEE Trans. Image Processing*, 17(3) :407–426, 2008.

[11] R. Jimenes. Les bibliothèques virtuelles humanistes et l’étude du matériel typographique. Technical report, Centre d’Etude Supérieur de la Renaissance, 2008.

[12] J. Malki, W. Mefteh, and A Bouju. Une approche ontologique pour la modélisation et le raisonnement sur les trajectoires. Prise en compte des règles métiers, spatiales et temporelles. In *3ème édition des journées francophones sur les ontologies (JFO’09)*. 2009.

[13] Y. Avrithis G. Stamou N. Simou, V. Tzouvaras and S. Kollias. A visual descriptor ontology for multimedia reasoning. In *Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services (WIAMIS)*, 2005.

[14] B. Neumann and R. Möller. On scene interpretation with description logics. *Image Vision Computing*, 26(1) :82–101, 2008.

- [15] R. Pareti and N. Vincent. Ancient initial letters indexing. In *Proc. of the 18th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'08)*, pages 756–759, Hong Kong, China, 2006. IEEE Computer Society.
- [16] W.K. Pratt. *Digital Image Processing : PIKS Scientific Inside*. Wiley-Interscience, 4 edition, February 2007.
- [17] I. Kompatsiaris V. Mezaris and M. G. Strintzis. An ontology approach to object-based image retrieval. In *International Conference on Image Processing (ICIP)*, page 511–514, 2003.
- [18] H.V.d. Waal. *ICONCLASS, an Iconographic Classification System*. Completed and edited by L. D. Couprie et al, 1985.