

ENERATION AUTOMATIQUE DE CONTRAINTES POUR CARACTERES TYPOGRAPHIQUES A L'AIDE D'UN MODELE TOPOLOGIQUE

THESE N° 1156 (1993)

PRESENTEE AU DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE

ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE DE LAUSANNE

POUR L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR ES SCIENCES TECHNIQUES

PAR

CLAUDE BETRISEY

**Ingénieur informaticien diplômé EPFL
originaire de St-Léonard (VS)**

acceptée sur proposition du jury:

**Prof. R. Hersch, rapporteur
Dr J. André, corapporteur
Prof. G. Coray, corapporteur
Dr J. Gonczarowski, corapporteur
Prof. R. Ingold, corapporteur**

**Lausanne, EPFL
1993**



Remerciements

Je remercie le Professeur R.D. Hersch de m'avoir suivi et soutenu tout au long de ce travail. Sa grande expérience et son intérêt pour le sujet m'ont été très précieux.

Je remercie Dr. Jacques André, directeur de recherche à l'INRIA, de m'avoir conseillé sur l'utilisation correcte des termes français dans le domaine de la typographie numérique; je le remercie aussi d'avoir accepté d'être membre du jury.

Je remercie Dr. Jakob Gonczarowski qui, par ses conseils lors de sa présence comme professeur invité dans notre laboratoire, a contribué au développement du modèle topologique des polices de caractères typographiques présenté dans cette thèse; je le remercie aussi d'avoir accepté d'être membre du jury.

Je remercie le Professeur Giovanni Coray de l'EPFL et le Professeur Rolf Ingold du laboratoire d'informatique de l'université de Fribourg d'avoir accepté d'être membres du jury.

Je remercie le Professeur André Görtler de l'école de typographie de Bâle (*Schule für Gestaltung*) ainsi que ses collaborateurs Bruno Maag, Ralph Klevitz, John Brillon, Casper Mangold qui ont grandement contribué, par leurs conseils et leur expérience, à la qualité typographique du résultat obtenu.

Je remercie les collaborateurs du laboratoire qui ont travaillé avec moi sur le projet "Typographie Numérique": Justin Bur, Catherine André, Marc Morgan, Jacky Herz et Shan He Ping.

Je remercie toutes les personnes qui ont, à divers titres, contribué à faire avancer mon travail. Je remercie les collaborateurs du LSP et du LAMI. Je remercie les étudiants qui ont contribué par leurs projets de semestre à l'avancement de cette recherche.

Je remercie les personnes qui ont bien voulu passer un peu de leur temps à relire mon texte.

Je remercie ma famille et mes amis de m'avoir moralement soutenu dans ce travail.

Prologue

Dans le cadre des recherches entreprises au Laboratoire de Microinformatique, puis au Laboratoire de Systèmes Périphériques par le directeur de la thèse dans le domaine de la typographie numérique, les bases algorithmiques du dessin de caractères typographiques à partir d'une description de leur contour ont été développées.

Des algorithmes pour dessiner de manière efficace des courbes, remplir des formes, résoudre les problèmes de la dégénérescence de formes ont été proposées. Les bases d'un système de règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets ont été posées par le directeur de la thèse.

Depuis 1988, l'auteur de la thèse a participé à l'amélioration et à la généralisation de ce système. En collaboration avec les experts typographiques de l'école de typographie de Bâle (*Schule für Gestaltung*), l'auteur a examiné chaque élément composant les caractères pour définir la manière correcte de le placer sur une grille de points discrets.

D'autres projets au Laboratoire de Systèmes Périphériques ont utilisé ce système de règles d'adaptation du contour, notamment dans le cadre d'un projet de génération de caractères à niveaux de gris pour écran mené par Justin Bur. L'auteur a travaillé en étroite collaboration avec M. Bur pour étendre le système de règles en fonction de ses besoins et utiliser ainsi le même système de règles pour les caractères noir/blanc et pour les caractères à niveaux de gris.

Le passage du test de ces règles sur quelques caractères d'une police de caractères à des polices entières, puis à des centaines de polices de caractères, a nécessité une réflexion sur la manière d'appliquer automatiquement ces règles sur le contour des caractères. A cette fin, l'auteur a développé un modèle topologique des caractères des fontes latines. Ce modèle contient pour chaque caractère une information sur sa topologie et sur les éléments qui le composent.

Dans le cadre de ce travail de thèse, le problème de la mise en correspondance des points du modèle topologique avec les points d'une fonte latine a été résolu. Pour un caractère connu, un programme permet de localiser dans la fonte examinée la position des éléments décrits dans la base de connaissances typographiques associée à ce caractère.

Des règles généralisées d'adaptation du contour des caractères à la grille (méta-règles) sont associées à la description topologique afin de pouvoir être ajoutées automatiquement à la description d'un caractère d'une fonte particulière.

Ce travail a été complété par une recherche sur le calcul automatique de l'espacement entre caractères typographiques. Ce calcul est réalisé par une modélisation géométrique de l'espace visuel. Cette recherche complète harmonieusement ce projet et nous permet, avec notre programme *RastWare*, de produire des exemples de textes de qualité.

Résumé

La conversion ponctuelle des polices de caractères pour dispositifs de sortie graphique (écrans, imprimantes) est le plus souvent réalisée à partir de descriptions mathématiques de leurs contours. La description du contour des caractères ne suffit pas en elle-même à produire des résultats de qualité à n'importe quelle taille. Il est nécessaire d'associer à la description du contour des caractères des règles de placement de leurs différents éléments (jambages, parties courbes, empattements) sur la grille des points discrets imposée par le dispositif d'impression.

Ce travail de thèse présente une approche nouvelle permettant d'adoindre de manière automatique les règles d'adaptation du contour à la description des caractères décrits par leurs contours. L'auteur a essayé d'intégrer dans une base de connaissances les éléments de topologie des caractères des fontes latines, ainsi que le savoir-faire et les règles des experts typographiques.

Dans la première partie de la thèse, le système de *règles d'adaptation du contour à la grille* des points discrets a été étendu et généralisé. Les règles d'adaptation sont associées aux différents éléments qui composent le caractère. A chacune de ces règles est liée une information sur la zone de déformation autorisée pour placer chaque côté de l'élément sur la grille. Ces règles sont appliquées hiérarchiquement sur les caractères; en premier lieu des règles permettant de placer tout le caractère et d'assurer la conservation des propriétés de symétrie globale; ensuite chacun des éléments principaux composant les caractères est placé successivement sur la grille selon des règles qui ont été définies en collaboration avec des experts typographiques. Des règles complémentaires permettent de garantir des propriétés d'alignement et de forme à très basse résolution.

Dans la seconde partie, un *modèle de représentation de la topologie des caractères* des fontes latines est développé. Ce modèle décrit sous forme informatique l'information topologique essentielle à la localisation et à la définition des éléments qui composent le caractère. Les caractères y sont décrits à la fois sous une forme de description par contours avec des points de structure et des éléments de courbes qui les relient et sous une forme de squelette. A cette description de la structure topologique sont associées des règles généralisées d'adaptation du contour à la grille des points discrets. Ce modèle contient suffisamment d'informations pour permettre une localisation non ambiguë des points de structure topologique du modèle dans la plupart des fontes latines standard.

La troisième partie présente l'*étiquetage automatique des polices de caractères*. L'étiquetage permet, par une comparaison du modèle topologique et de la topologie locale des points de la fonte examinée, de localiser chacun des points de structure du modèle dans la fonte examinée. Cet étiquetage permet également d'appliquer automatiquement sur les caractères des fontes latines des règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets.

Enfin, la quatrième partie complète harmonieusement les deux parties précédentes et décrit une approche nouvelle permettant le *calcul automatique de l'espacement entre caractères* par modélisation géométrique de l'espace optique entre les caractères. Les parois de deux caractères qui se suivent sont filtrées afin d'obtenir une surface géométrique entre les caractères qui correspond à la perception visuelle de l'espace optique. Les caractères sont espacés de manière à uniformiser l'espace optique ainsi calculé. Cette méthode est nécessaire pour produire à basse résolution l'espacement discret le plus régulier entre caractères.

Ce travail représente la synthèse d'une étude théorique menée en étroite collaboration avec des experts typographiques et la réalisation concrète d'un ensemble d'outils, permettant d'adoindre et d'appliquer automatiquement des règles d'adaptation de contour à la grille des points discrets, afin de produire des caractères discrets de meilleure qualité. L'algorithme de calcul automatique de l'espace entre deux caractères assure le placement correct des caractères sur la grille des points discrets.

Abstract

Font rasterization for graphic output devices is based on the scan-conversion of outline characters. The character outline description itself is not sufficient to produce high quality results at low sizes and on low resolution devices. It must be associated with rules defining how the different elements of the character have to be placed on the grid.

This thesis presents a new approach for automatically adding grid-fitting rules, called hints, to the outline character description. The author has created a knowledge base containing elements of Latin character topology as well as rules deduced from know-how provided by typographic experts.

In the first part of the thesis, the basic set of grid-fitting rules has been extended and generalized. Each of these rules specifies bitmap domains such as rows and columns in which character elements are to be placed. Hints are applied to characters hierarchically; firstly, rules which enable the whole character to be positioned and global symmetrical properties to be conserved; thereafter, each of the main elements which form the character are placed one after another on the grid, according to rules defined with the help of typographic experts. Additional hints ensure that alignment and shape properties are maintained at very low resolution.

The second part includes a model which represents the topology of Latin characters. This model comprises a structural description of individual letter-shape parts using characteristic points. The description provides information about typographic structure elements such as stems, serifs and bowls. A set of generalized hints is associated to the model's structure elements. The model includes sufficient information to enable its topological structure points to be located without any ambiguity in traditional Latin fonts.

The third part discusses automatic labelling of character shape parts. This labelling system enables each of the structure points of the model to be located in a given font by comparing the topology described in the topological model with the local topology of the input shape. Such a labelling system enables hints to be added automatically to outline character description.

The fourth part describes a new approach for computing inter-character space by geometrically modelling the optical space between two characters. The sides of two consecutive characters are filtered, to obtain a geometric inter-character surface which corresponds to the perceived space between both characters. This method is required in order to produce regular discrete inter-character spacing at low resolution.

This thesis comprises a theoretical study carried out in close collaboration with typographic experts as well as an associated set of tools used to automatically add hints to character descriptions in order to produce high-quality raster characters. The algorithm for automatically computing the optimal visual space between pairs of characters ensures adequate placement of neighbouring characters at the target resolution.

Table des matières

Introduction	xiii
Historique	xiii
Dessin de caractères décrits par leurs contours	xiv
Organisation de la thèse	xiv
Résultats	xv
CHAPITRE 1 Dispositifs de rendu de caractères industriels	1-1
1.1 Rendu de caractères dans le format TrueType	1-1
1.2 Rendu de caractères dans le format Adobe Type1	1-3
CHAPITRE 2 Règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets	2-1
2.1 Règles d'adaptation du contour à la grille	2-4
2.1.1 Centrage vertical des caractères entre leurs lignes de référence	2-5
2.1.2 Placement horizontal des caractères symétriques	2-7
2.1.2.1 Placement symétrique des lettres rondes	2-8
2.1.2.2 Placement horizontal des caractères ayant un axe de symétrie	2-9
2.1.3 Centrage des barres horizontales et verticales	2-11
2.1.4 Centrage des éléments de courbe	2-14
2.1.5 Centrage des éléments de type barre oblique	2-18
2.1.6 Centrage des empattements	2-23
2.1.7 Centrage des signes diacritiques	2-27
2.2 Application de la déformation sur le contour	2-29
2.3 Uniformisation de l'épaisseur des éléments de courbe	2-32
2.3.1 Utilisation d'épaisseurs de référence	2-32
2.3.2 Cohérence entre l'épaisseur discrète des différentes parties de caractère	2-33
2.4 Conclusion du chapitre	2-34
CHAPITRE 3 Modèle topologique des fontes latines	3-1
3.1 Similitude entre caractères provenant de différentes fontes	3-2
3.2 Description topologique par squelette	3-4

3.3	Description topologique par contours	3-5
3.3.1	Figures et contours qui forment le modèle d'un caractère	3-5
3.3.2	Points de structure	3-7
3.3.2.1	Position des points de structure	3-9
3.3.2.2	Type des points de structure	3-11
3.3.3	Éléments de courbe caractéristiques	3-13
3.3.3.1	Type de courbe caractéristique	3-13
3.3.3.2	Orientation des courbes caractéristiques	3-17
3.3.3.3	Informations complémentaires sur la géométrie des courbes	3-19
3.3.4	Éléments de structure	3-20
3.4	Règles d'adaptation du contour associées au modèle	3-22
3.5	Représentation graphique de la description topologique	3-23
3.6	Conclusions et limitations	3-25
CHAPITRE 4	Etiquetage automatique des fontes typographiques	4-1
4.1	Recherche de la variante topologique	4-2
4.1.1	Localisation des figures topologiques	4-4
4.2	Localisation des contours topologiques	4-6
4.3	Localisation des points de structure topologique	4-9
4.3.1	Introduction des points dans la liste des candidats selon leur position	4-9
4.3.2	Application de critères de sélection sur la liste des candidats	4-11
4.3.2.1	Vérification de cohérence lors de l'application d'un critère de sélection	4-12
4.3.2.2	Application d'un critère de sélection sur la liste des candidats	4-13
4.3.2.3	Introduction d'une relation dans la liste des points étiquetés	4-15
4.3.2.4	Structuration hiérarchique des critères de sélection	4-15
4.3.2.5	Liste des critères de sélection	4-16
4.3.2.6	Critère final de sélection	4-24
4.3.3	Affinement de l'étiquetage automatique dans les empattements	4-25
4.4	Etiquetage des fontes italiques	4-26
4.5	Extraction de paramètres par utilisation de l'étiquetage automatique	4-26
4.6	Résultats de l'étiquetage automatique	4-27
CHAPITRE 5	Interlettrage automatique	5-1
5.1	Espacement fixe	5-1
5.2	Espacement proportionnel	5-2
5.3	Espacement proportionnel avec crénage	5-2
5.4	Calcul dynamique de l'interlettrage	5-4
5.4.1	Espacement entre caractères par approximation géométrique de l'espace visuel	5-4
5.4.1.1	Espacement visuel et espacement géométrique	5-4
5.4.1.2	Élimination des contours intérieurs	5-5
5.4.1.3	Extraction des faces extérieures	5-6
5.4.1.4	Élimination des parties cachées	5-7
5.4.1.5	Liaison des figures séparées	5-8
5.4.1.6	Projection d'une ombre sur les faces afin d'adoucir les bords des cavités	5-8
5.4.1.7	Limitation de la profondeur des cavités	5-9

5.4.1.8 Limitation globale de la profondeur des faces	5-11
5.4.1.9 Réglage de l'espacement par uniformisation de l'espace visuel	5-12
5.4.1.10 Maintien d'un espace minimum	5-14
5.4.2 Espacement entre parois type	5-16
5.4.2.1 Détection des faces formées d'une barre verticale	5-16
5.4.2.2 Détection des faces formées d'une courbe convexe	5-19
5.4.2.3 Table d'espacement entre faces types	5-22
5.4.3 Valeurs des paramètres d'espacement en fonction du type de fonte	5-24
5.4.3.1 Valeur de l'espacement minimal entre deux caractères	5-25
5.4.3.2 Influence de la graisse sur les valeurs de l'espacement	5-25
5.4.4 Espacement entre caractères italiques	5-26
5.4.5 Espacement entre les points discrets à basse résolution	5-27
5.4.6 Calcul de l'arrondi discret du vecteur de chasse	5-29
5.4.7 Espacement optimal et affichage WISYWIG	5-31
5.5 Conclusion du chapitre	5-31

Conclusion	A-1
------------	-----

Références	B-1
------------	-----

ANNEXE 1 Résultats obtenus	C-1
----------------------------	-----

ANNEXE 2 Exemple d'étiquetage automatique des fontes latines	D-1
--	-----

Exemple d'étiquetage, caractère "B", fonte "English-Times"	D-1
--	-----

Glossaire	E-1
-----------	-----

Index	F-1
-------	-----

Introduction

Historique

Dans les années 60, les ordinateurs servaient principalement au traitement de données scientifiques et administratives. Les premiers terminaux graphiques, apparus au milieu des années 70, permettaient la visualisation graphique de courbes. Ces terminaux étaient trop chers et pas assez performants pour effectuer de la mise en page de documents mixtes comprenant du texte et du graphique.

Les recherches entreprises à Xerox Parc dans ces années ont conduit au développement des stations ALTO [Thacker79]. Ces recherches ont jeté les bases du dessin de graphiques par ordinateur et de la mise en page de documents mixtes comprenant à la fois des textes et du graphique.

L'avènement des ordinateurs personnels et l'arrivée de langages de description de pages indépendants du dispositif de sortie [Adobe85] ont donné la possibilité d'imprimer les mêmes documents sur des imprimantes de moyenne résolution, sur les photocomposeuses à haute résolution, ainsi que de pré-visualiser ces mêmes documents sur l'écran des stations graphiques.

La production de caractères pour l'impression et la visualisation de documents décrits par des langages de description de page ne peut plus se faire par des polices de caractères décrites par des plans de bits préparés à l'avance. L'utilisation des langages de description de page rend nécessaire l'utilisation de caractères décrits par leur contour afin de réaliser la conversion ponctuelle des caractères à n'importe quelle taille et à n'importe quelle orientation.

Les premiers essais de dessins de caractères typographiques décrits par leur contour, réalisés à la fin des années 1970, utilisaient une description de caractères par segments de droite et arcs de cercles [Coueignoux81]. Le remplissage de ces formes se faisait alors par une méthode de tri des parois [Coueignoux80]. Nous avons essayé par la suite différents types de courbes, notamment des courbes polynomiales du 2ème degré [Pavlidis85]. Notre choix s'est finalement porté sur les courbes de Bézier. Les courbes de Bézier permettent un bon contrôle du comportement de la courbe et peuvent être rendues rapidement par une méthode de subdivision récursive.

Le problème de la dégénérescence des formes lors de la réduction de la taille des caractères a été partiellement résolu par le développement de nouveaux algorithmes incrémentaux de dessins de segments de droite, d'arcs de cercle et de courbes de Bézier, utilisant pour les calculs une précision supérieure à la taille des points discrets [Hersch87a].

Les premières polices de caractères typographiques décrites par contours étaient destinées à des dispositifs d'impression à très haute résolution comme des photocomposeuses [Coueignoux81]. A résolution élevée, les imperfections du rendu des algorithmes de dessin de caractères n'avaient que peu d'importance. L'apparition, dans les années 80, de la technique d'impression à laser et la diffusion de dispositifs d'impression à moyenne résolution (300 dpi), ont mené au développement de nouveaux algorithmes de dessin de caractères. Ces algorithmes utilisent des règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets [Karow89],[Apple90].

Une bonne introduction au domaine de la typographie numérique, un aperçu de l'état de l'art dans ce domaine et la description des problèmes nécessitant l'adaptation des contours à la grille des points discrets sont décrits dans le livre *Visual and Technical Aspects of Type* [Hersch93a].

Dessin de caractères décrits par leurs contours

Le traçage de caractères à partir d'une description du contour se fait en quatre étapes principales. Le contour est tout d'abord mis à l'échelle du dispositif de sortie. Une série de règles sont appliquées sur le contour pour l'adapter à la grille des points discrets et placer ainsi chaque élément composant le caractère sur la grille. Le contour, une fois adapté à la grille, est rendu par conversion ponctuelle, puis rempli.

Les problèmes de dessin rapide de contours décrits par des courbes géométriques et le problème du remplissage de formes ont déjà été abordés par le directeur de la thèse [Hersch87a]. Les recherches antérieures menées par le directeur de la thèse ont posé les bases algorithmiques nécessaires pour l'application de règles d'adaptation du contour des caractères à la grille des points discrets [Hersch87b].

Un des principaux problèmes dans la génération de caractères typographiques, à partir de leur contour, sur une grille de points discrets consiste en la *conservation des propriétés géométriques* essentielles (symétries, parties identiques, rapports des épaisseurs). Des parties de caractères décrites par des contours identiques doivent rester identiques après l'application du processus de discréttisation. Les caractères doivent également rester lisibles et conserver les caractéristiques principales de la forme originale jusqu'à de très basses résolutions. Les règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets permettent de résoudre ce problème.

Les problèmes qui ont motivé la présente recherche concernaient l'amélioration du système des *règles d'adaptation du contour à la grille* et l'*adjonction automatique de ces règles* aux caractères des différentes fontes. Pour résoudre le problème d'ajonction automatique des règles d'adaptation de contours aux caractères, deux voies principales s'ouvrivent: d'une part la détection automatique des éléments qui forment le contour des caractères et d'autre part, l'utilisation d'une base de connaissances décrivant la topologie des caractères typographiques. Dans le cadre de cette thèse, j'ai suivi la deuxième voie et j'ai développé un *modèle topologique* des caractères pour fontes latines. Ce modèle contient une description topologique de chaque caractère et des éléments qui le composent. Il permet par une localisation des points du modèle dans les différentes fontes, d'adoindre automatiquement les règles d'adaptation de contour aux caractères.

Organisation de la thèse

L'apport principal de cette thèse à la recherche dans le domaine de la typographie numérique concerne la modélisation de la géométrie des fontes typographiques latines et la localisation des éléments du modèle dans les fontes. Dans la suite de cette thèse nous allons utiliser le terme de *topologie* pour parler des diverses formes géométriques que peuvent prendre les caractères. Une recherche sur le calcul automatique de l'espacement entre caractères complète ce travail et permet de produire des textes d'exemple de qualité sur écrans et imprimantes.

Le chapitre 1 décrit les différentes solutions proposées par les principaux créateurs de logiciels pour améliorer le rendu de caractères.

Les règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets sont décrites au chapitre 2. Ces règles ne sont pas en soi entièrement nouvelles; cependant, leur formulation et la manière dont elles sont interprétées sont novatrices. L'auteur de la thèse, avec l'aide d'experts typographes et du directeur de thèse, a passé en revue les éléments qui constituent les caractères et pour chacun de ces éléments a défini de quelle manière ils devaient être placés sur la grille des points discrets. Il a contribué à améliorer l'interpréteur des règles d'adaptation du contour et à étendre et généraliser ce système de règles.

L'auteur a résolu le problème de l'adjonction automatique des règles d'adaptation du contour aux descriptions de caractères par l'utilisation d'un modèle topologique des fontes typographiques. Ce modèle, décrit au chapitre 3, contient toute l'information topologique essentielle à la localisation et à la définition des éléments qui composent les caractères.

L'étiquetage automatique des fontes typographiques est décrit au chapitre 4. Cet étiquetage est basé sur une comparaison entre l'information topologique contenue dans le modèle des fontes latines et la topologie locale des points dans la fonte examinée. L'étiquetage permet de localiser chaque point de la structure topologique dans la fonte examinée. Des règles d'adaptation généralisées du contour à la grille des points discrets sont associées aux points de structure du modèle topologique. Lors de l'étiquetage des points caractéristiques, ces règles généralisées sont copiées dans la fonte examinée en remplaçant, dans ces règles, les numéros de points de structure par les numéros des points correspondants dans la fonte examinée.

Dans les premiers exemples de tests produits avec notre logiciel, les caractères isolés étaient de bonne qualité mais l'espacement entre caractères mauvais. Pour compléter de manière harmonieuse cette recherche, l'auteur de la thèse a développé une méthode d'espacement visuel optimal pour l'interlettrage entre les caractères. Cette méthode est décrite au chapitre 5. Le calcul de l'espacement se fait par une modélisation géométrique de l'espace visuel entre les caractères.

La conclusion met en évidence l'intérêt de ce travail de thèse, les résultats originaux obtenus, l'utilisation possible des outils et des concepts développés dans cette thèse pour la suite de la recherche en Typographie Numérique.

Les annexes contiennent quelques exemples de textes produits avec le programme *RastWare*, développé dans le cadre de cette thèse; un exemple d'étiquetage automatique appliqué sur un caractère ainsi qu'un glossaire. Le glossaire contient la définition des termes particuliers utilisés dans cette thèse.

Résultats

Cette recherche a abouti au développement d'une série d'outils logiciels pour la production de caractères typographiques et le traitement du contour de caractères.

L'auteur est responsable depuis 1989 de la maintenance et du développement des outils logiciels liés au projet "Typographie Numérique". Il a lui-même développé les programmes permettant de tester et d'implémenter les idées nouvelles décrites dans ce travail (modèle topologique, étiquetage automatique, calcul automatique de l'espacement). Il a amélioré l'interpréteur des règles d'adaptation du contour des caractères à la grille des points discrets.

Cet ensemble d'outils comprend un noyau logiciel performant, *RastWare*, permettant de produire des caractères à différentes résolutions, aussi bien en noir/blanc qu'avec des niveaux de gris. Le

noyau intègre l'interpréteur des règles d'adaptation du contour à la grille (*hints*), l'application de transformations affines sur le contour de caractères, la conversion ponctuelle, le remplissage des formes ainsi qu'un algorithme permettant d'éviter les discontinuités discrètes (*dropouts*) dans le contour des caractères à basse résolution.

Ce noyau logiciel a été rendu portable et a été traduit du langage Modula-2 dans le langage C. Différents programmes de visualisation utilisent ce noyau sur des machines Macintosh, stations UNIX, sous environnement de fenêtre X et Smaky. Ces programmes permettent de visualiser sur l'écran et sur imprimantes les caractères produits automatiquement par notre logiciel.

Dans le cadre du projet ESPRIT de développement d'une nouvelle station de travail graphique (projet SPIRIT-2), ce noyau logiciel a été intégré à un interpréteur Postscript comme logiciel de production de caractères et de textes.

Un programme interactif sur Macintosh permet d'éditer les règles d'adaptation du contour à la grille. Ce programme, réalisé à la base comme projet d'étudiant, a été amélioré avec le soutien du projet COMETT DIDOT, pour devenir un outil d'enseignement permettant de sensibiliser les étudiants en typographie au problème de la discréétisation de caractères décrits par leurs contours. Ces étudiants sont également sensibilisés aux limitations matérielles imposées par la grille de points discrets. Ce programme est utilisé à l'école de typographie de Bâle (Schule für Gestaltung) dans le cadre d'un cours expérimental.

Un format a été défini pour la description de la topologie des caractères des fontes latines. Les caractères majuscules, minuscules, les chiffres ainsi que quelques signes ont été décrits dans ce format informatique. Des règles généralisées d'adaptation du contour à la grille des points discrets ont été associées à la description topologique de chacun des caractères.

Un programme d'étiquetage permet de rechercher automatiquement la correspondance entre les points de structure du modèle topologique et les points d'une fonte particulière. Ce programme permet également d'appliquer automatiquement les règles généralisées d'adaptation du contour à la grille des points discrets. Les règles généralisées associées au modèle topologique sont copiées dans la fonte considérée. Lors de l'étiquetage, différents paramètres spécifiques à la fonte (épaisseurs de référence, position des lignes de références) sont recherchés dans la fonte.

Un programme de calcul automatique de l'espacement entre les caractères complète ces outils. Ce programme permet, à partir de la description de contour de deux caractères qui se suivent et d'une information sur la résolution du dispositif de sortie, de calculer le vecteur de déplacement appliqué entre les deux caractères pour les espacer de manière optimale.

Le texte de cette thèse a été entièrement écrit et mis en page en utilisant le logiciel FrameMaker 3.0 sur Macintosh. Les illustrations sont réalisées pour la plupart avec FrameMaker avec adjonction de copies d'écrans produites à l'aide des programmes réalisés dans le cadre de ce projet.

Dispositifs de rendu de caractères industriels

Il y a 6 ans, au début de mon travail, les caractères utilisés sur la plupart des dispositifs informatiques étaient décrits sous la forme de plans de bits. Ces plans de bits étaient préparés à la main pour les différentes polices aux différentes tailles. A cette époque, le constructeur Apple, associé à Adobe, avait sorti une des premières imprimantes laser à moyenne résolution permettant de produire des caractères d'une qualité acceptable à partir d'une description des caractères par leurs contours. Cette imprimante utilisait le langage de description de page Postscript [Adobe85]. Le format de description utilisé et les techniques utilisées pour réaliser la conversion ponctuelle des caractères sont restées des secrets industriels jusqu'à récemment.

La description des caractères par leur contour est devenue la manière standard de décrire les polices de caractères pour les périphériques informatiques. Plusieurs formats de description de caractères par contour permettant d'inclure des règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets sont en concurrence sur le marché. Les principaux sont le format Type1 défini par Adobe et le format TrueType défini par Apple. En raison de la concurrence entre les compagnies de logiciels, les formats de description de polices de caractères par contour ont été publiés [Karow87], [Adobe90], [Apple90].

1.1 Rendu de caractères dans le format TrueType

Le format de description de polices de caractères TrueType [Apple80] ne contient pas de système de règles d'adaptation du contour mais un véritable langage de programmation binaire basé sur une manipulation de pile. Une série d'instructions de bas niveau nous permettent de manipuler des vecteurs et des coordonnées de points et de faire des calculs numériques complexes. La figure 1.1 montre le contour d'un caractère adapté à la grille et le plan de bits pour une taille de 36 points après applications des commandes TrueType qui sont affichées à droite de la figure.

TrueType ne contient pas un système de règles d'adaptation du contour mais les outils permettant de définir des règles et de les appliquer sur le contour. Les instructions du langage TrueType permettent de poser des étiquettes (Glyph) sur des points du contour, de calculer des distances entre ces points, pour appliquer des calculs mathématiques sur des valeurs précédemment posées sur la pile, et de déplacer des points du contour d'une valeur spécifiée sur la pile. Les déplacements peuvent se faire horizontalement, verticalement ou suivant un vecteur. Ce langage contient également des instructions pour mesurer des distances suivant un vecteur de projection, pour ajuster l'angle des diagonales, pour comparer la largeur des éléments avec des valeurs contenues dans une table et pour permettre de sélectionner certaines instructions pour ne les appliquer sur le contour qu'à certaines tailles.

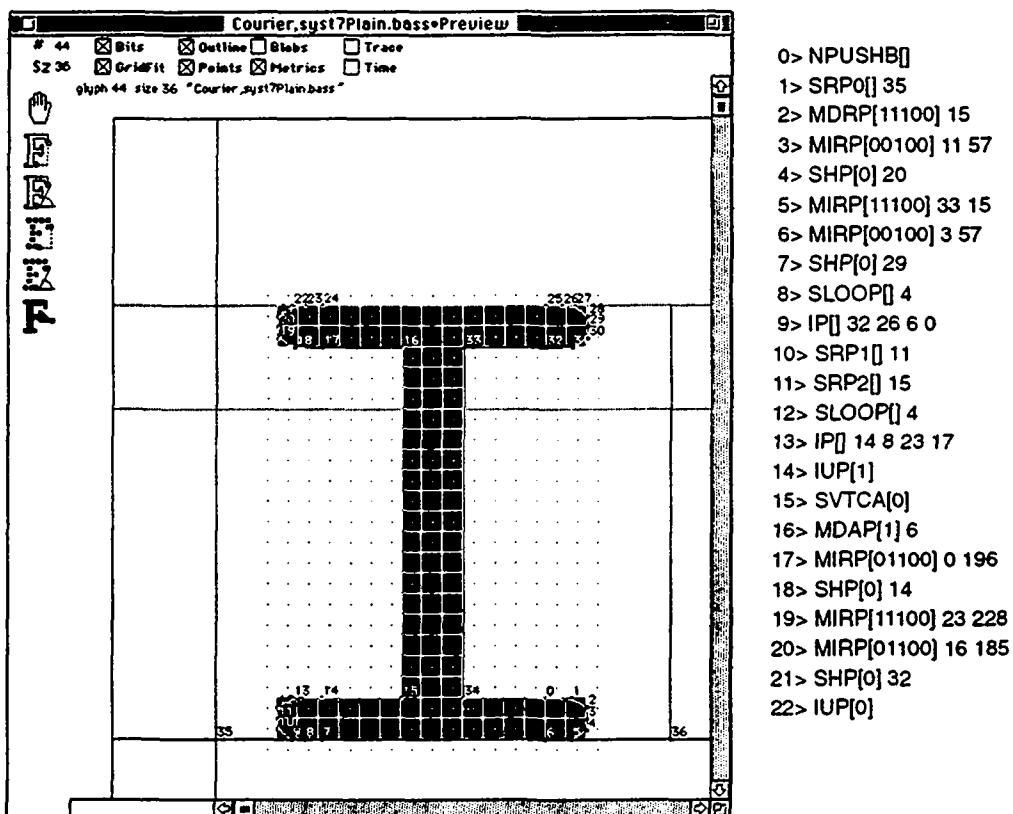


Figure 1.1 Format de description TrueType, représentation du caractère “I”, fonte TrueType Courier pour Macintosh système 7 et programme d’adaptation des points du contour à la grille de ce caractère dans le langage de TrueType

L'interpréteur de TrueType applique les procédures de déformation et d'adaptation du contour à la grille puis la conversion ponctuelle et le remplissage sont effectués. Pour le remplissage, les points discrets qui se trouvent à l'intérieur du contour après transformation sont affichés.

TrueType ne fournit pas une véritable solution au problème de l'adaptation du contour à la grille, chaque producteur de fonte doit créer ses propres routines d'adaptation du contour ou recourir à un outil automatique de production de règles d'adaptation du contour à la grille [Hersch91b].

Les règles d'adaptation du contour à la grille que nous avons développé (chapitre 2) peuvent être aisément traduites dans ce langage. Ce travail correspond à une traduction de nos procédures du langage Modula-2 dans lequel nous les avons écrites vers le langage de programmation spécifique de TrueType.

1.2 Rendu de caractères dans le format Adobe Type1

L'approche d'Adobe est assez différente de l'approche de TrueType. Dans TrueType le contour du caractère est déformé pour s'adapter à la grille des points discrets. La démarche d'Adobe [Adobe90] et de Bitstream [Appley87] consiste en une déformation de la grille des points discrets. Les lignes et les colonnes de la grille discrète sont distribuées horizontalement et verticalement de manière optimale afin d'obtenir une conversion ponctuelle correcte des caractères.

Dans la terminologie de Type1, les règles d'adaptation du contour sont introduites principalement sous la forme de lignes de référence. Horizontalement, un certain nombre de lignes de référence sont spécifiées pour toute la fonte. Ces paires de lignes comprennent chaque fois une ligne de référence et une ligne sur laquelle reposent les éléments qui dépassent cette ligne en raison de la correction optique. Dans les fontes latines, ces paires de lignes (blue lines) comprennent généralement la ligne de base, la ligne supérieure des minuscules et la ligne supérieure des majuscules avec chaque fois la ligne de correction optique associée. Ces lignes sont complétées par des paramètres (BlueScale et BlueShift) qui permettent de contrôler la taille en dessous de laquelle la correction optique doit disparaître et par des informations sur l'épaisseur de référence verticale et horizontale (figure 1.2).

```
/BlueValues [ -14 0 662 682 448 458 ] ND
/StdHW [ 32 ] ND
/StdVW [ 85 ] ND
```

Figure 1.2 Fonte Adobe Times, paramètres d'adaptation à la grille utilisés pour toute la fonte

Pour le placement des éléments qui composent les caractères, des bandes verticales ou horizontales (hstem, vstem) avec une largeur de domaine définissent des zones verticales ou horizontales qui ne doivent pas se chevaucher (figure 1.3).

```
396 53 vstem
0 92 vstem
160 79 vstem
644 32 hstem
-14 53 hstem
407 19 hstem
```

Figure 1.3 Fonte Adobe Times, Caractère "&", domaines verticaux et horizontaux spécifiés pour l'adaptation du caractère à la grille

Les différentes lignes et zones de référence qui sont spécifiées pour l'adaptation du contour à la grille correspondent aux positions des points extrêmes dans les parties courbes (figure 1.4) et à la position des différentes barres verticales et horizontales qui composent le caractère.

L'interpréteur Type 1 est capable d'optimiser pour chaque caractère, la position des bandes et des colonnes de points discrets en utilisant la spécification, des lignes de référence et des domaines, associée à la fonte. Le placement, des lignes et des bandes horizontales, se fait en élargissant et en rétrécissant des parties de caractères à l'intérieur de bandes verticales et horizontales. A de faibles résolutions, la correction optique est supprimée en plaçant les lignes de la grille des points discrets de manière à ce que chaque paire de lignes de référence (ligne et correction optique) soit placée à la même hauteur discrète.

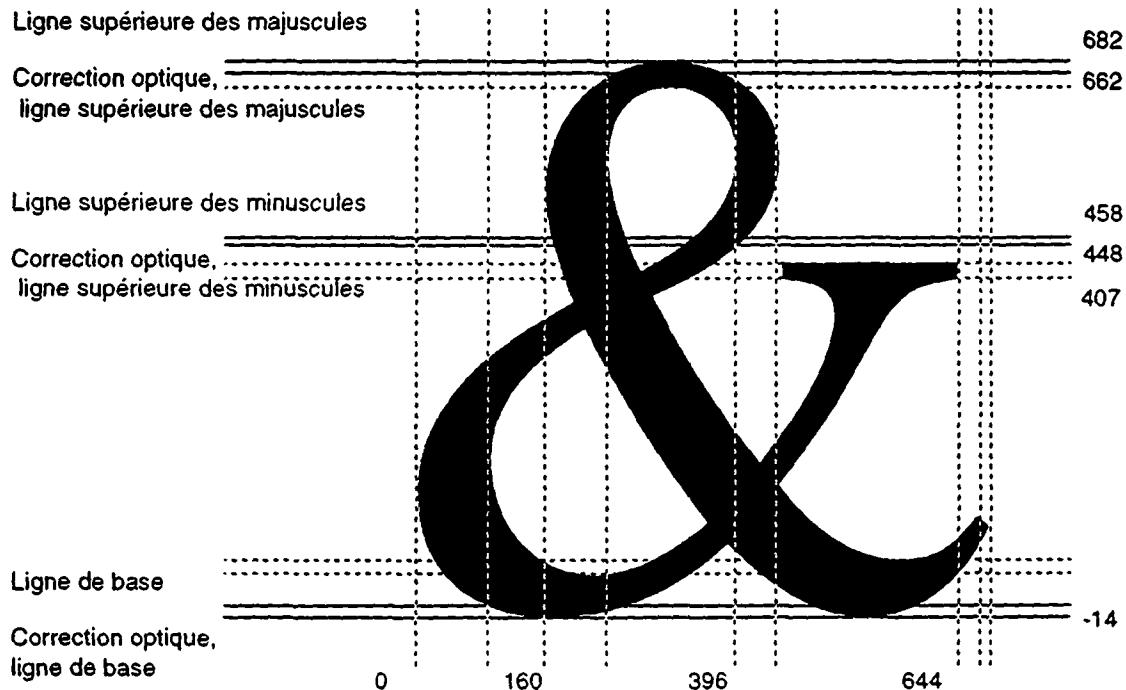


Figure 1.4 Indications (hints) au format Type 1: caractère “&”, avec lignes de références horizontales et verticales

Les contraintes d'adaptation du contour à la grille de Type1 n'offrent pas la même flexibilité que celles de TrueType mais elles sont plus faciles à décrire et à mettre en oeuvre. Comme les spécifications des règles d'adaptation de Type1 sont relativement simples, il est facile de réaliser un programme capable de localiser dans les polices de caractères les barres verticales, horizontales et les éléments de courbe [Andler90].

Règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets

Les premiers périphériques informatiques permettant d'afficher des caractères (écrans, imprimantes) utilisaient des caractères dessinés à la main, point par point sur la grille des points discrets, pour chaque taille. Ces caractères étaient stockés sous forme de plans de bits. Le dessin à la main des plans de bits pour chaque caractère, à chaque taille, dans chaque fonte, était un travail long et fastidieux. Pour donner un résultat de qualité, ce travail devait être réalisé par des personnes formées dans le domaine de la typographie. Le nombre de fontes et de tailles disponibles était à l'époque très limité. Une grande zone disque était nécessaire au stockage des ces plans de bits. Les premiers dessins de caractères par contours ont été utilisés pour des photocomposeuses [Coueignoux81]. Ces caractères étaient décrits par segments de droite et courbes de Bézier.

Le problème principal de la génération de caractères typographiques, à partir de leurs contours sur une grille de points discrets, réside dans la conservation de leurs propriétés géométriques essentielles (symétries, parties identiques, rapports des épaisseurs). Des parties de caractère décrites par des contours identiques doivent rester identiques après l'application du processus de discréttisation. L'application d'un algorithme de discréttisation simple ne suffit pas à respecter ces propriétés géométriques. Pour conserver la forme des parties de caractère et la cohérence de l'épaisseur, il est nécessaire d'appliquer des techniques d'adaptation du contour des caractères à la grille des points discrets.

Lors de la conversion ponctuelle des caractères sur une grille discrète (écrans, imprimantes), le contour des caractères est mis à l'échelle du dispositif de sortie, puis placé sur la grille des points discrets. En utilisant une règle selon laquelle tous les points discrets qui ont leur centre à l'intérieur du contour sont sélectionnés, le résultat que l'on obtient à basse et moyenne résolution est très irrégulier. Ce résultat dépend de la position du contour sur la grille. Un déplacement d'une fraction de point du contour sur la grille change complètement le résultat obtenu (figure 2.1).

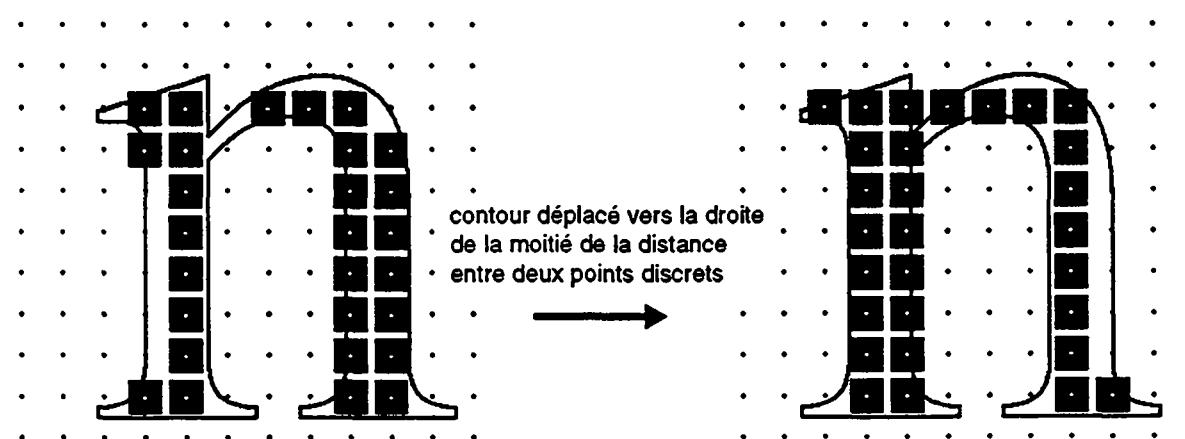


Figure 2.1 Influence de la phase du contour du caractère sur la grille des points discrets

Par déplacement du contour sur la grille d'une fraction de la distance entre deux points discrets, il n'est possible de placer qu'un seul élément correctement sur la grille. Dans l'exemple du caractère "n", il est possible de placer horizontalement l'un des jambages et de positionner verticalement le caractère symétriquement par rapport à ses lignes de référence (figure 2.2).

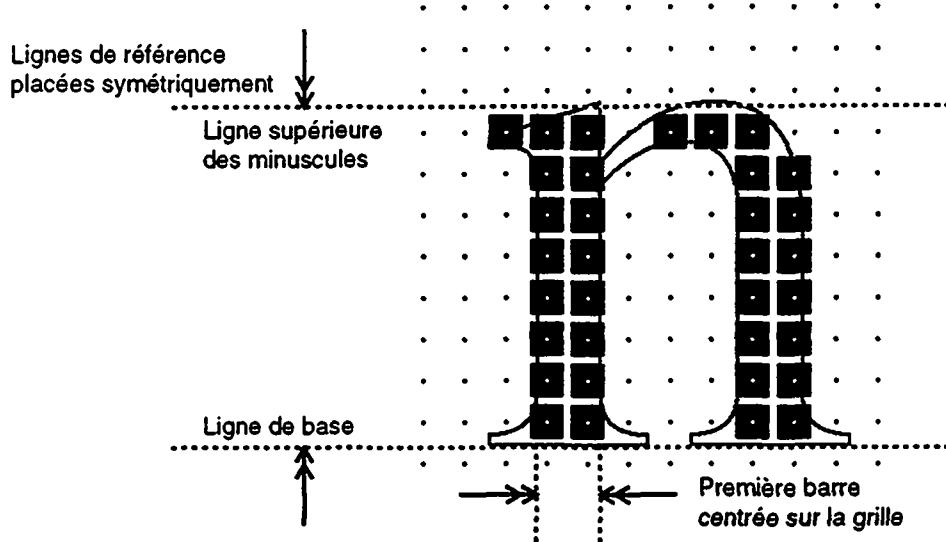


Figure 2.2 Placement du contour sur la grille des points discrets pour centrer horizontalement et verticalement le caractère

Par simple déplacement du contour sur la grille, il n'est pas possible de placer plus d'un élément horizontalement ou verticalement. Une déformation du contour pour l'adapter à la grille des points discrets est nécessaire (figure 2.3).

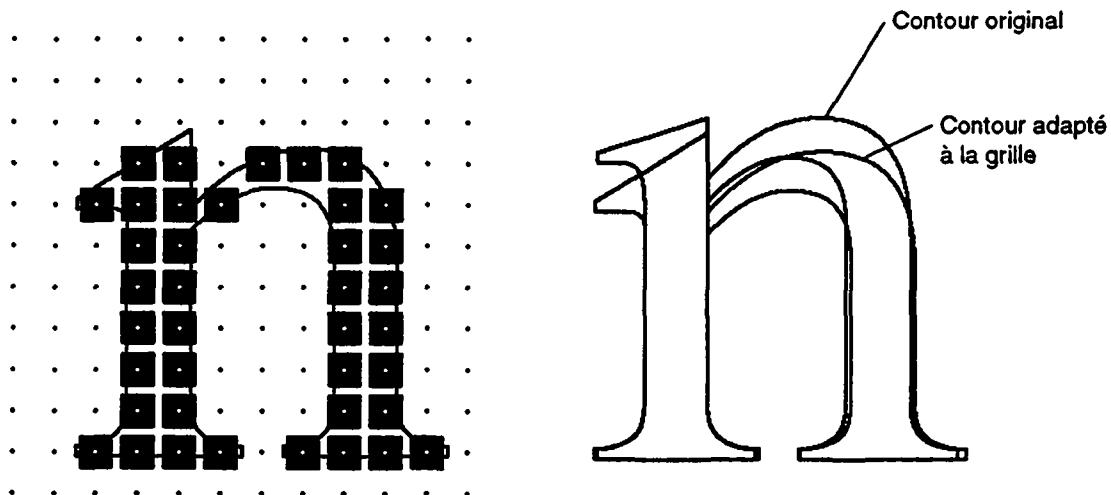


Figure 2.3 Caractère "n", contour déformé par application des règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets

Des règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets sont ajoutées à la description du caractère afin de permettre au programme de discréétisation de préparer le meilleur plan de bits pos-

sible pour un dispositif de sortie d'une résolution donnée. Les recherches antérieures menées au laboratoire [Hersch87b] ont permis de jeter les bases algorithmiques nécessaires au placement des éléments principaux (barres verticales, horizontales, éléments de courbe) sur la grille des points discrets.

Avec l'aide et les conseils des experts typographiques de l'école de typographie de Bâle, nous avons défini les différents éléments qui composent les caractères et quelle était la meilleure façon de les placer sur la grille des points discrets. Cette recherche a donné la possibilité d'affiner la définition des éléments qui doivent être placés sur la grille et d'appliquer ainsi des algorithmes spécifiques pour chaque partie de caractère.

Une recherche parallèle sur la génération de caractères pour des dispositifs d'affichage à niveaux de gris a été menée par Justin Bur [Hersch93b]. Cette recherche utilise le même système de règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets. Ce projet a nécessité une extension du système de contraintes afin que la même description de contours puisse être interprétée de manière différente selon s'il s'agit d'obtenir des caractères discrets noir/blanc ou des caractères discrets à niveaux de gris. Dans le caractère "T" par exemple, le centrage des terminaisons à droite et à gauche se fait de manière identique dans le cas des caractères à deux niveaux, mais doit se faire différemment pour le cas de caractères à niveaux de gris (figure 2.4).

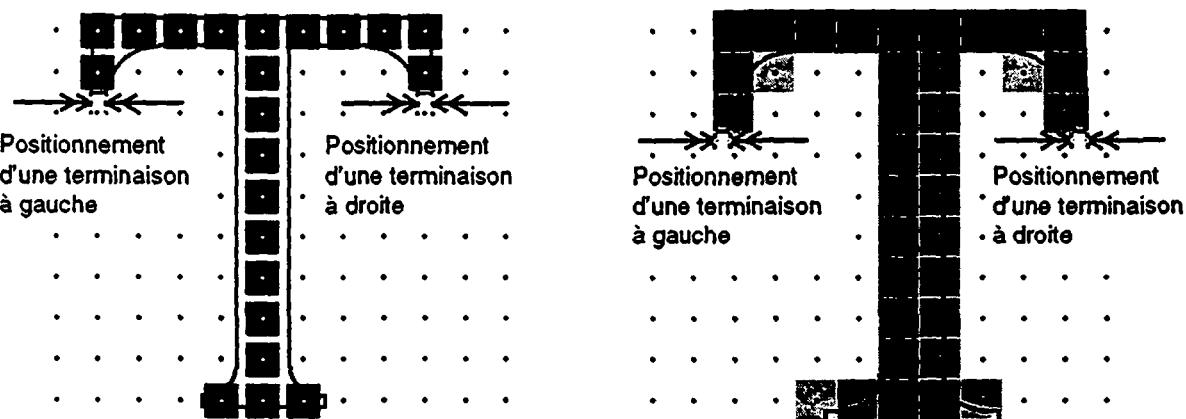


Figure 2.4 Caractère "T", algorithmes de centrage des terminaisons différents pour la génération de caractères à niveaux de gris

Pour passer de l'application des règles sur quelques caractères à l'application des règles sur tous les caractères d'une centaine de fontes, nous avons développé un programme permettant d'adoindre automatiquement les règles d'adaptation du contour à la grille sur les caractères des différentes fontes. Ce programme utilise la description topologique des fontes et l'étiquetage automatique qui sont décrits dans les chapitres suivants. Des règles généralisées d'adaptation du contour à la grille sont associées aux points de la structure du modèle topologique pour être copiées ensuite dans les différentes fontes lors de l'étiquetage automatique.

L'amélioration de notre système de contraintes grâce à l'expertise typographique, la recherche sur les caractères à niveaux de gris [Hersch93b] et la généralisation des règles d'adaptation du contour associées au modèle, ont permis une formalisation du système de règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets. Le système de règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets, issu de cette recherche, est décrit dans la suite du chapitre.

Pour l'application des règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets, nous avons défini deux notions essentielles :

- Les règles d'adaptation du contour à la grille que nous appellerons *contraintes*.
- Pour chaque contrainte, une *zone d'application* de la déformation sur le contour du caractère.

Nous avons passé d'un système de contraintes définissant directement les algorithmes à appliquer sur le contour, à un système de contraintes qui définissent le type de chaque élément composant le caractère et le domaine d'application des déplacements calculés par le programme d'interprétation des contraintes. Les contraintes permettent à l'interpréteur de calculer des vecteurs de déplacement qui doivent être appliqués sur l'élément considéré, pour le placer correctement sur la grille. Ces vecteurs de déplacement (un ou deux vecteurs, selon la contrainte) doivent s'appliquer chacun sur une partie du contour du caractère. Une liste des *zones d'application* est associée à chaque *contrainte*.

2.1 Règles d'adaptation du contour à la grille

Les règles d'adaptation du contour à la grille (*contraintes*) définissent les éléments que l'on veut placer sur la grille des points discrets et le type de topologie locale que l'on veut traiter. Les paramètres associés aux contraintes donnent des indications concernant la manière avec laquelle le programme doit placer l'élément considéré sur la grille des points discrets. La définition d'une contrainte contient une information sur les points qui délimitent l'élément. Pour les éléments liés à une des lignes de référence, un paramètre indique sur quelle ligne horizontale l'élément doit être placé. L'indication d'une épaisseur de référence permet de maintenir une cohérence dans l'épaisseur discrète des éléments d'un même type. Une indication de direction est également associée à chaque contrainte pour indiquer une direction de déplacement préférentielle. Dans la contrainte de centrage d'une barre verticale (figure 2.5), on retrouve les différents paramètres qui définissent une contrainte.

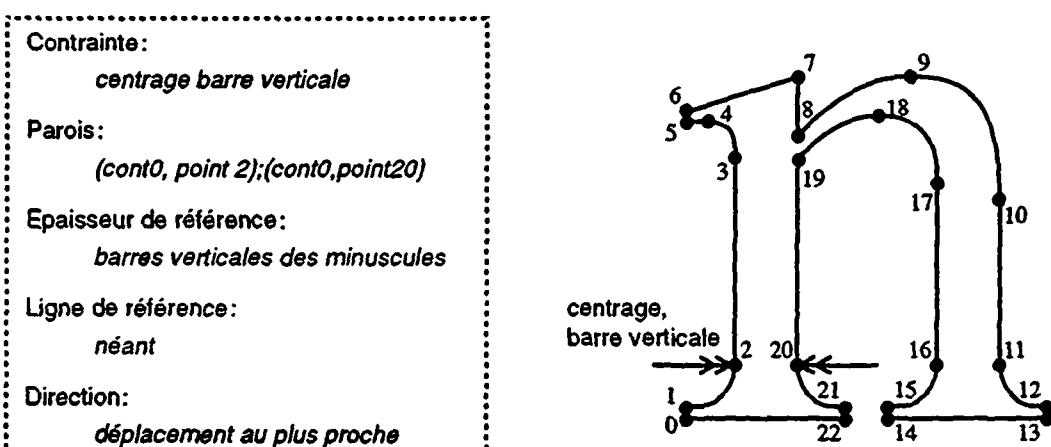


Figure 2.5 Définition des paramètres d'une contrainte, centrage du premier jambage du caractère "n", fonte Times

Les contraintes définissent le type de géométrie locale que l'on veut traiter. Pour chaque contrainte, un algorithme de placement de cet élément est défini dans le programme qui interprète les contraintes. Cet algorithme permet de calculer les déplacements qui doivent être appliqués sur les parois de l'élément considéré pour le placer correctement sur la grille.

Selon les contraintes, l'algorithme de placement des éléments est différent pour la génération des caractères à deux niveaux que pour les caractères à niveaux de gris.

Les règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets sont appliquées sur le caractère dans un ordre qui respecte une certaine hiérarchie. La liste des contraintes associées à un caractère contient d'abord un positionnement global (horizontal et vertical) de tout le caractère sur la grille, puis le placement des différents éléments qui composent le caractère. Les contraintes sont appliquées dans l'ordre suivant:

- En premier, les centrages vertical et horizontal sont appliqués sur tout le caractère. Le centrage vertical place le caractère symétriquement entre les lignes de référence. Le centrage horizontal de tout le caractère assure la conservation de caractéristiques de symétrie verticale.
- Les différents éléments qui constituent le caractère (barres verticales, horizontales, obliques, éléments de courbe) sont ensuite placés les uns après les autres sur la grille des points discrets.
- Des contraintes spécifiques contrôlent la forme et la longueur des empattements.
- Pour améliorer la qualité des caractères à très basse résolution, des contraintes spécifiques sont ajoutées pour indiquer quelles sont les parties de caractère qui doivent être alignées à de très basses résolutions et quelles sont les parties de caractère qui ne doivent pas se toucher.

2.1.1 Centrage vertical des caractères entre leurs lignes de référence

Afin de respecter la symétrie horizontale des caractères et obtenir une hauteur discrète cohérente, pour une même taille, entre tous les caractères de la fonte, il est nécessaire de placer les caractères de manière symétrique entre leurs lignes de référence (figure 2.6).

Contrainte:
<i>Centrage des lignes de référence</i>
Paramètres:
<i>Ligne de référence</i>
<ul style="list-style-type: none">• ligne supérieure des minuscules• ligne supérieure des majuscules• ligne supérieure des chiffres• position supérieure des minuscules montantes• position inférieure des minuscules descendantes
Action:
<i>Modifie légèrement la hauteur du caractère pour qu'elle corresponde à une hauteur discrète</i>
Résultat:
<i>Un vecteur de déplacement vertical</i>

Figure 2.6 Fiche signalétique, contrainte de centrage des caractères entre leurs lignes de référence

Les caractères des fontes latines sont centrés entre les lignes de référence qui leur servent de support. Chaque caractère est placé de manière symétrique entre la ligne de base et sa ligne supérieure (ligne supérieure des minuscules, ligne supérieure des majuscules, ligne supérieure des chiffres ou position supérieure des minuscules montantes). Pour les minuscules descendantes, l'espace entre la

ligne de base et la position inférieure des minuscules descendante est également centré sur la grille des points discrets (figure 2.7).

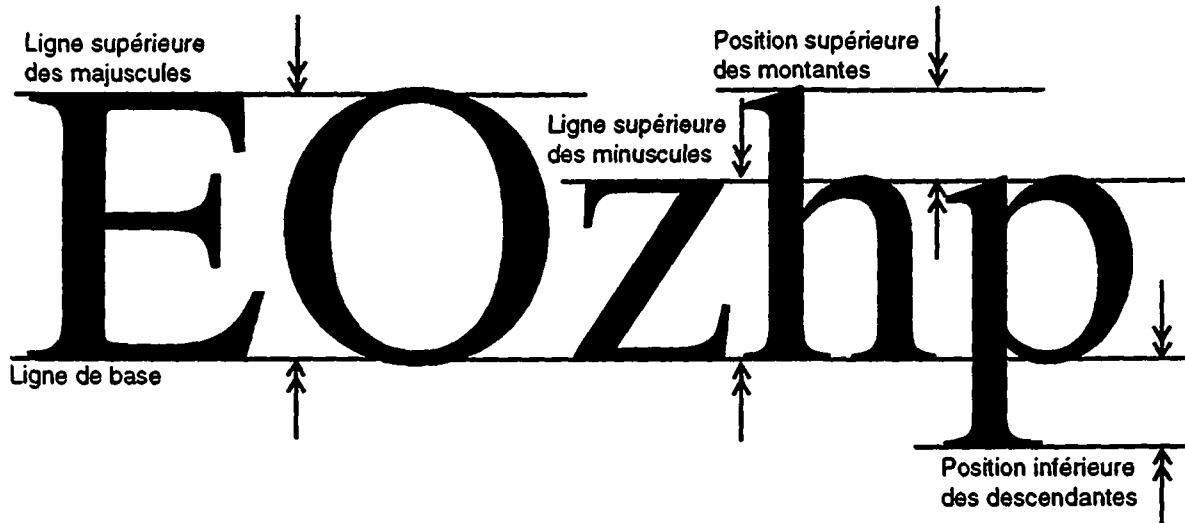


Figure 2.7 Centrage des caractères entre les lignes de référence

La contrainte de positionnement des lignes de référence calcule un déplacement vertical pour centrer le caractère entre la ligne de base et la ligne de référence transmise comme paramètre à la contrainte. La taille des caractères est légèrement modifiée pour qu'elle corresponde à la hauteur discrète. Les lignes de référence horizontales qui servent de support au caractère sont aussi placées exactement au milieu entre deux points discrets (figure 2.8).

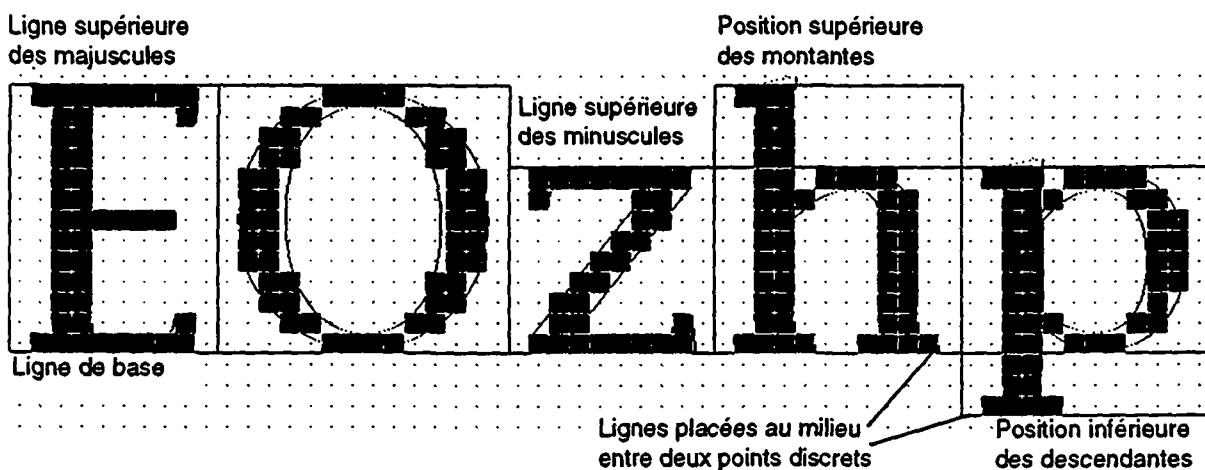


Figure 2.8 Résultat du centrage vertical des caractères et du placement des lignes de référence horizontales au milieu, entre deux points discrets.

A très basse résolution, la contrainte de centrage des lignes de référence influence également le rapport entre la hauteur discrète des caractères majuscules et celle des caractères minuscules. La hauteur discrète des majuscules comme celle des minuscules sont calculées par arrondi des hauteurs réelles au moment de l'application de la contrainte de centrage des lignes de référence. La taille des caractères est ensuite légèrement ajustée par un changement d'échelle pour obtenir une distance entre les lignes de référence correspondant exactement à cette hauteur discrète. Afin que les minuscules

cules restent lisibles à très basse résolution (caractères minuscules de taille inférieure à 5 points discrets), l'arrondi pour obtenir la hauteur discrète des minuscules n'est plus fait au point discret le plus proche mais avec un arrondi décalé vers le haut suivant la formule:

$$\text{HauteurDiscrète} = \text{ValeurTronquée}(\text{HauteurRéelle} + 0.75)$$

Dans l'exemple de la fonte Times, pour une hauteur des majuscules de 5 points discrets, les minuscules conservent une hauteur de 4 points discrets, ce qui permet de reconnaître presque tous les caractères minuscules malgré la très faible résolution (figure 2.9).

5 pixels / 4 pixels

A B C D E a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z

6 pixels / 4 pixels

A B C D E a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z

7 pixels / 5 pixels

A B C D E a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z

8 pixels / 5 pixels

A B C D E a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z

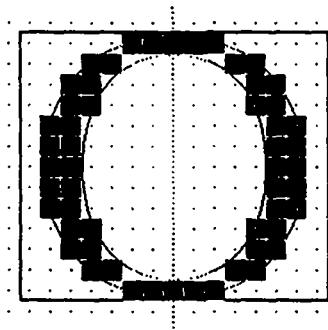
9 pixels / 6 pixels

A B C D E a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z

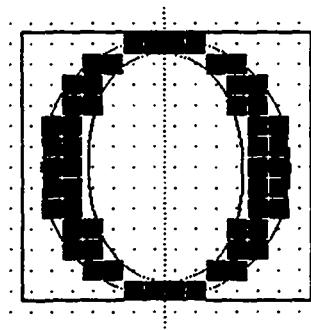
Figure 2.9 Rapport des hauteurs entre majuscules et minuscules à très basse résolution, fonte Times, représentation à 50dpi

2.1.2 Placement horizontal des caractères symétriques

La manière avec laquelle le contour du caractère est placé horizontalement sur la grille est très importante et influence directement la largeur discrète obtenue. Pour les caractères ayant une symétrie verticale, le fait de placer l'axe de symétrie au milieu, entre deux points discrets, ou sur une rangée de points discrets, change complètement la largeur discrète et la forme du caractère (figure 2.10).



Centre de symétrie placé sur une ligne de points discrets, largeur discrète impaire



Centre de symétrie placé au milieu entre deux points discrets, largeur discrète paire

Figure 2.10 Influence du placement de l'axe de symétrie vertical sur le résultat obtenu et la largeur discrète du caractère

2.1.2.1 Placement symétrique des lettres rondes

Contrainte:

Placement horizontal de l'axe de symétrie des lettres rondes

Paramètres:

Deux points extrêmes horizontaux ou un point extrême horizontal et une indication du côté pour lequel on ne connaît pas la position de ce point

Action:

Prendre comme référence la manière de centrer le caractère "O" ou "o" pour placer l'axe de symétrie de la même manière dans le caractère courant

Résultat:

Un vecteur de déplacement horizontal

Figure 2.11 Fiche signalétique, contrainte de placement de l'axe de symétrie des lettres rondes

La contrainte de placement symétrique des lettres rondes (figure 2.11) calcule la nouvelle position de l'axe de symétrie du caractère en fonction des paramètres transmis. En ce qui concerne les lettres rondes fermées (caractère "o", "e"), les deux points extrêmes horizontaux sont transmis comme paramètres et la position de l'axe de symétrie correspond à la coordonnée horizontale du milieu entre ces deux points. En ce qui concerne les lettres rondes ouvertes, comme le caractère "C", un seul point est donné comme paramètre. La position présumée du deuxième point est prise à une distance du premier point qui correspond à la largeur du caractère "O" ou "o" (figure 2.12). Ces largeurs ont été introduites dans les largeurs de référence de l'en-tête de fonte.

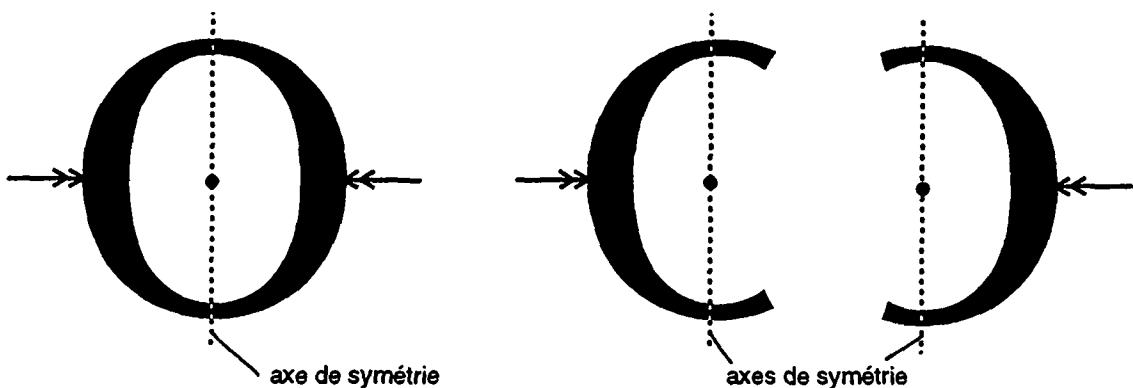


Figure 2.12 Contraintes de placement de l'axe de symétrie des lettres rondes, calcul de l'axe de symétrie pour les lettres rondes ouvertes

Pour le positionnement horizontal des lettres rondes, le caractère "O" minuscule ou majuscule est utilisé comme référence afin d'obtenir une bonne cohérence dans le positionnement de l'axe de symétrie dans toutes les lettres rondes d'une même taille. La largeur du caractère "O" minuscule ou majuscule est recherchée dans l'en-tête de fonte. Cette valeur est arrondie afin de déterminer quelle est la largeur discrète du caractère de référence. Si la largeur discrète du caractère de référence est paire, l'axe de symétrie sera placé sur une ligne de points discrets; si cette valeur est impaire, l'axe de symétrie sera placé au milieu entre deux points discrets dans le caractère courant.

Cette contrainte calcule un vecteur de déplacement horizontal pour placer l'axe de symétrie du caractère soit sur une ligne de points discrets, soit au milieu entre deux points discrets selon la manière avec laquelle l'axe de symétrie du caractère de référence "O" ou "o" est placé sur la grille des points discrets. L'application de cette contrainte de placement de l'axe de symétrie dans les lettres rondes nous donne une bonne cohérence dans la largeur discrète des différents caractères arrondis et dans la forme de la partie arrondie. Dans l'exemple de la figure 2.13, on observe un choix des points discrets identique dans les parties gauches des caractères "o", "c" et "d" et dans les parties droites des caractères "o" et "p".

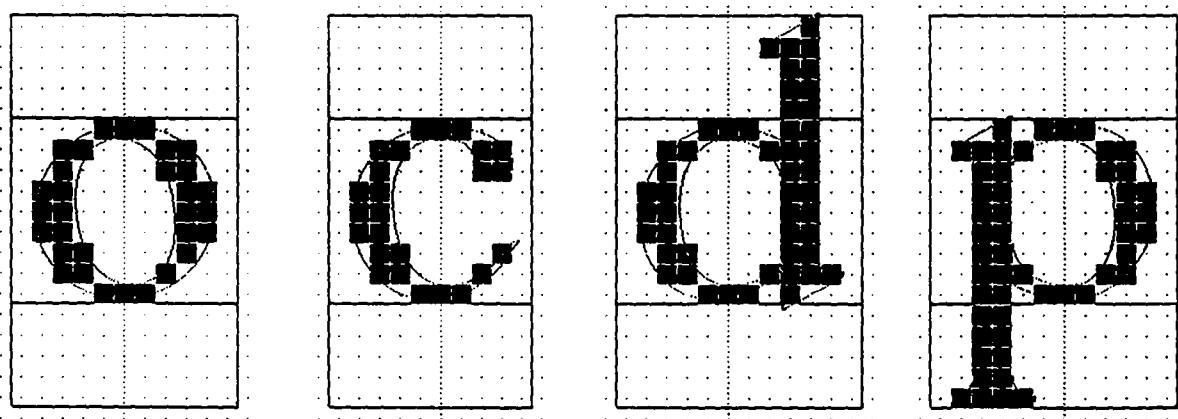


Figure 2.13 Cobérence de largeur et de forme des lettres minuscules rondes obtenue par un placement uniforme de l'axe de symétrie

2.1.2.2 Placement horizontal des caractères ayant un axe de symétrie

Contrainte:
<i>Placement horizontal des caractères ayant un axe de symétrie vertical</i>
Paramètres:
<i>Deux points placés symétriquement de part et d'autre de l'axe de symétrie</i>
Action:
<i>L'axe de symétrie est placé sur une rangée de points ou au milieu entre deux points discrets, selon la distance entre les deux points donnés comme paramètres</i>
Résultat:
<i>Un vecteur de déplacement horizontal</i>

Figure 2.14 Fiche signalétique, contrainte de placement horizontal des caractères ayant un axe de symétrie vertical

Les lettres rondes ayant une symétrie verticale sont placées sur la grille par la contrainte de placement de l'axe de symétrie des lettres rondes. Pour tous les autres caractères qui ont un axe de symétrie vertical, on utilise la contrainte de placement horizontal des caractères symétriques

(figure 2.14). Pour cette contrainte, deux points placés symétriquement de part et d'autre de l'axe sont transmis comme paramètres (figure 2.15).

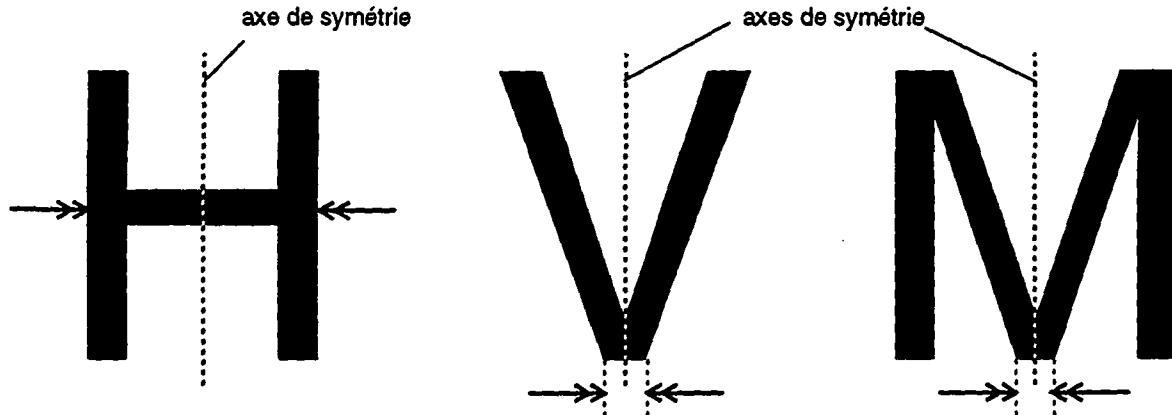


Figure 2.15 Contrainte de placement d'un axe de symétrie vertical

Cette contrainte calcule un vecteur de déplacement horizontal pour placer l'axe de symétrie, soit sur une ligne de points discrets, soit au milieu entre deux points discrets. Le choix du placement de l'axe de symétrie se fait selon la parité de la distance horizontale entre les deux points donnés comme paramètres. Si la valeur arrondie de cette distance est paire, l'axe de symétrie est placé au milieu entre deux points discrets; dans le cas contraire, l'axe de symétrie est placé sur une rangée de points discrets. Dans l'exemple de la figure 2.16, le placement de l'axe de symétrie du caractère "H" assure une largeur correcte du caractère alors que le placement de l'axe des caractères "V" et "M" assure une forme correcte de la pointe inférieure.

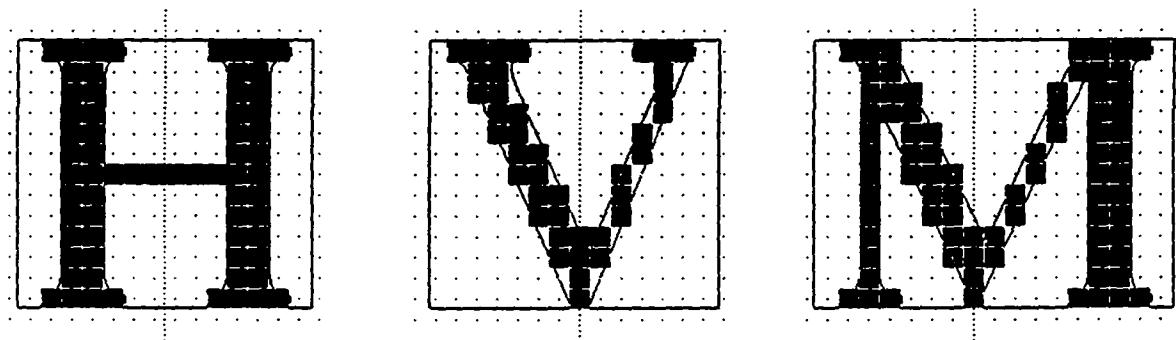


Figure 2.16 Conservation des caractéristiques de symétrie par placement horizontal de l'axe de symétrie sur la grille des points discrets

2.1.3 Centrage des barres horizontales et verticales

Contrainte:

Centrage des barres horizontales ou verticales

Paramètres:

- Deux points placés de part et d'autre de la barre
- Epaisseur de référence
- Orientation de la barre: verticale ou horizontale
- Direction du déplacement: gauche, droite, haut, bas ou déplacement au plus proche
- Indication si l'une des deux parois de la barre est déjà placée par une contrainte précédente

Action:

Comparaison de l'épaisseur de la barre avec l'épaisseur de la barre de référence

Centrage de la barre sur une rangée de points ou au milieu entre deux points discrets selon la distance entre les deux points donnés comme paramètres ou selon la valeur discrète de la largeur de référence

Résultat:

Deux vecteurs de déplacement, un pour chaque paroi de la barre

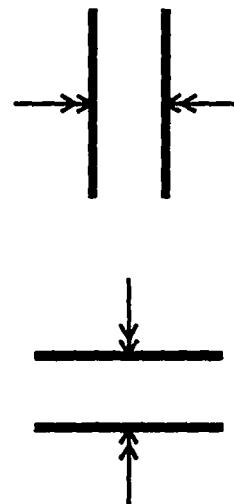


Figure 2.17 Fiche signalétique, contrainte de centrage des barres verticales et horizontales

La contrainte de centrage des barres verticales et horizontales permet de placer chacune de ces barres correctement sur la grille des points discrets (figure 2.17). Deux points, l'un de chaque côté de la barre, sont transmis comme paramètres à la contrainte, ces points permettent de spécifier l'emplacement de la barre. L'utilisation d'une épaisseur de référence permet de maintenir une cohérence dans l'épaisseur discrète des éléments qui composent le caractère. Pour les jambages verticaux du caractère "M" (figure 2.18), le premier jambage utilise l'épaisseur de référence des verticales étroites pour les caractères majuscules alors que le deuxième jambage utilise l'épaisseur de référence normale des verticales pour les caractères majuscules.

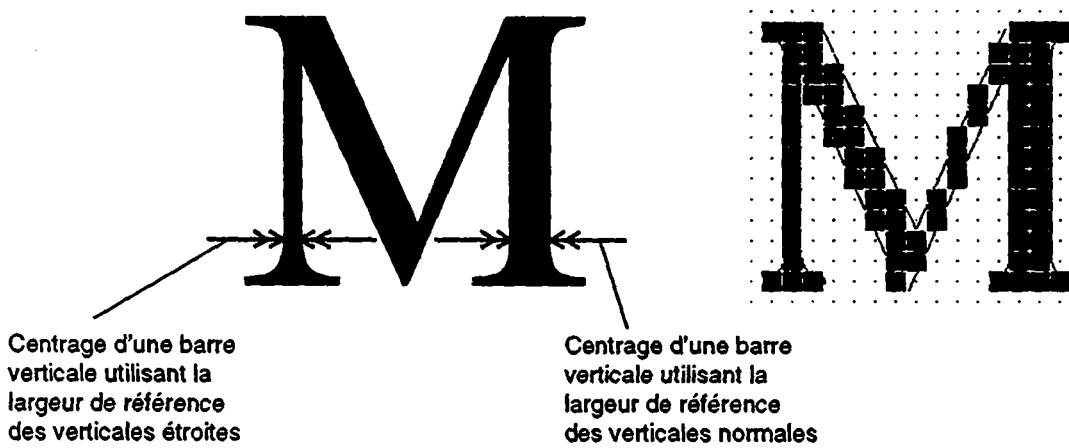


Figure 2.18 Utilisation des épaisseurs de référence dans le centrage des barres verticales

La direction du déplacement se fait le plus souvent en utilisant le déplacement le plus petit permettant de placer l'élément considéré correctement sur la grille des points discrets. Dans certains cas, il peut être intéressant de spécifier la direction dans laquelle l'élément doit être déplacé (à droite, à gauche, en haut ou en bas). Cette spécification de la direction de déplacement est utile, par exemple pour centrer une barre horizontale qui se trouve au milieu entre deux autres éléments. Elle permet d'éviter, pour ce genre de cas, que le déplacement se fasse dans une direction qui soit contraire aux règles typographiques.

Pour une hauteur discrète paire, et une épaisseur discrète impaire des éléments, il n'est pas possible de placer un élément exactement au milieu entre deux autres. Dans les caractères majuscules des fontes latines, la barre horizontale se trouvant au milieu des caractères "B" et "H" ne doit jamais être déplacée vers le bas afin de respecter les règles typographiques. Dans le cas où la hauteur du caractère est paire et que l'épaisseur des barres horizontales est impaire, il n'est pas possible de placer la barre horizontale du milieu exactement à égale distance des deux autres. Dans ce cas, un déplacement au plus proche peut provoquer un résultat contraire aux règles typographiques (figure 2.19).

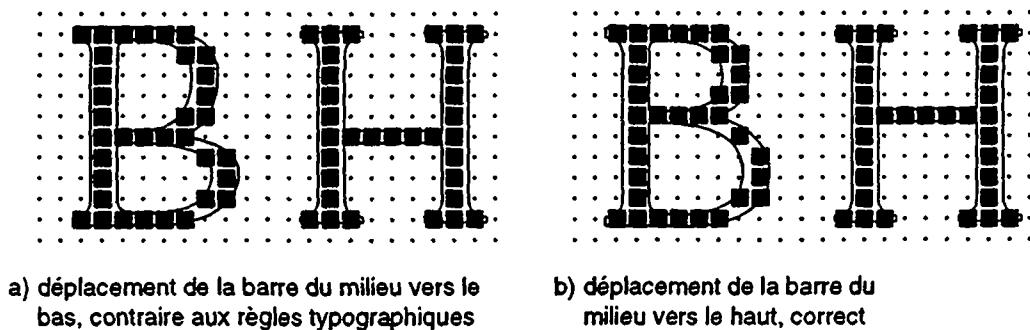


Figure 2.19 Placement de la barre horizontale du milieu vers le haut pour obtenir un résultat correspondant aux règles typographiques

Le déplacement d'une barre dans une direction imposée permet également de maintenir des espaces blancs entre certaines parties de caractère. Pour le placement des jambages des caractères minuscules "n" et "m" nous avons eu de longues discussions avec les experts typographiques pour savoir s'il était préférable d'écartier les jambages ou de les rapprocher. La forme individuelle de ces caractères, à basse résolution, est meilleure si on écarte les jambages (figure 2.20). Cependant dans l'ensemble d'un texte, la cohérence de largeur entre les caractères en est perturbée. Nous sommes arrivés à la conclusion qu'un déplacement du deuxième jambage au plus proche est préférable dans ce cas.

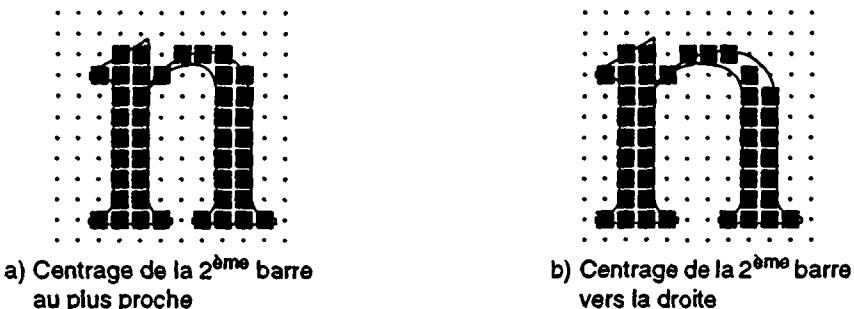


Figure 2.20 Caractère "n", choix entre le déplacement du deuxième jambage au plus proche et un déplacement qui écarte les jambages

Dans le cas où l'un des deux côtés d'une barre est déjà placé sur la grille des points discrets par l'une des contraintes précédentes, un paramètre supplémentaire permet de spécifier que l'un des côtés ne doit pas être déplacé d'une valeur qui le fasse passer dans une autre rangée de points discrets. Ce paramètre force le choix entre un déplacement de la barre vers le haut et un déplacement vers le bas évitant ainsi que le côté déjà placé sur la grille des points discrets ne soit déplacé jusqu'à la rangée de points discrets suivante. Ce paramètre est principalement utilisé dans les barres horizontales placées sur une ligne de référence (figure 2.21). Lorsque l'un des côtés d'une barre horizontale est placé sur une ligne de référence, il est déjà placé correctement entre deux points discrets par la contrainte de placement des lignes de référence. Un déplacement de ce même côté qui le ferait passer à la rangée de points discrets suivante aurait pour conséquence une modification de la hauteur du caractère.

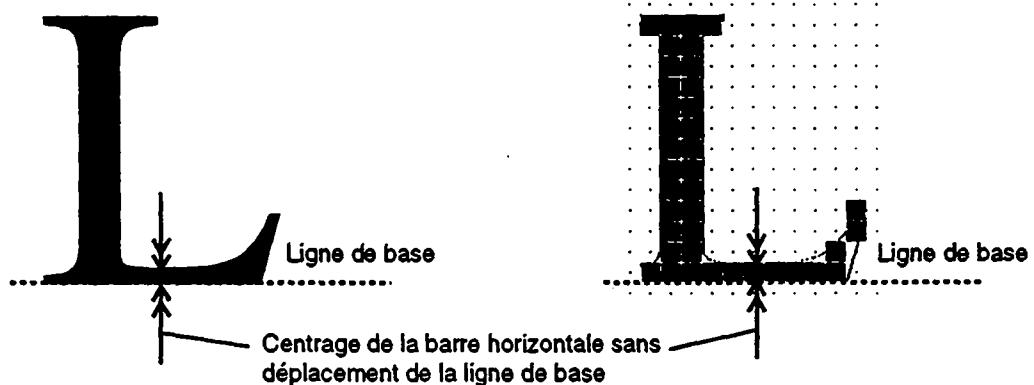


Figure 2.21 Caractère "L", placement de la barre horizontale sans modifier la position de la ligne de base

Pour la contrainte de centrage d'une barre verticale ou horizontale, il n'est pas possible, en appliquant un seul déplacement sur les deux parois qui délimitent la barre, de placer correctement cette barre sur la grille des points discrets et de contrôler son épaisseur. Cette contrainte fournit donc comme résultat deux vecteurs de déplacement horizontaux ou verticaux, le premier vecteur doit être appliqué sur la première paroi de la barre et le deuxième vecteur sur la deuxième paroi de la barre. L'épaisseur des barres verticales (resp. horizontales) est obtenue par la différence entre les coordonnées horizontales (resp. verticales) des deux points donnés comme paramètres à la contrainte. Dans le cas où une épaisseur de référence est spécifiée, l'épaisseur de la barre est comparée à l'épaisseur de référence. Si cette différence est faible (inférieure à 3/4 de la distance entre deux points discrets), l'épaisseur de la barre est modifiée pour prendre la valeur de l'épaisseur de référence (section 2.3.1).

L'épaisseur discrète des barres est calculée par un arrondi au plus proche de son épaisseur réelle. Les barres verticales ou horizontales, dans le cas de la génération de caractères à deux niveaux, sont centrées soit sur une rangée de points discrets, soit au milieu entre deux points discrets. Dans le cas où l'épaisseur discrète de la barre est paire, le déplacement est calculé pour placer le centre de la barre au milieu entre deux points discrets; dans le cas d'une épaisseur discrète impaire, pour le placer sur une rangée de points discrets.

La composition du déplacement appliqué sur toute la barre pour placer cette barre sur la grille des points discrets, avec la modification éventuelle de l'épaisseur de celle-ci, nous permet de calculer

les deux vecteurs de déplacement qui doivent s'appliquer chacun sur l'un des côtés de la barre (figure 2.22).

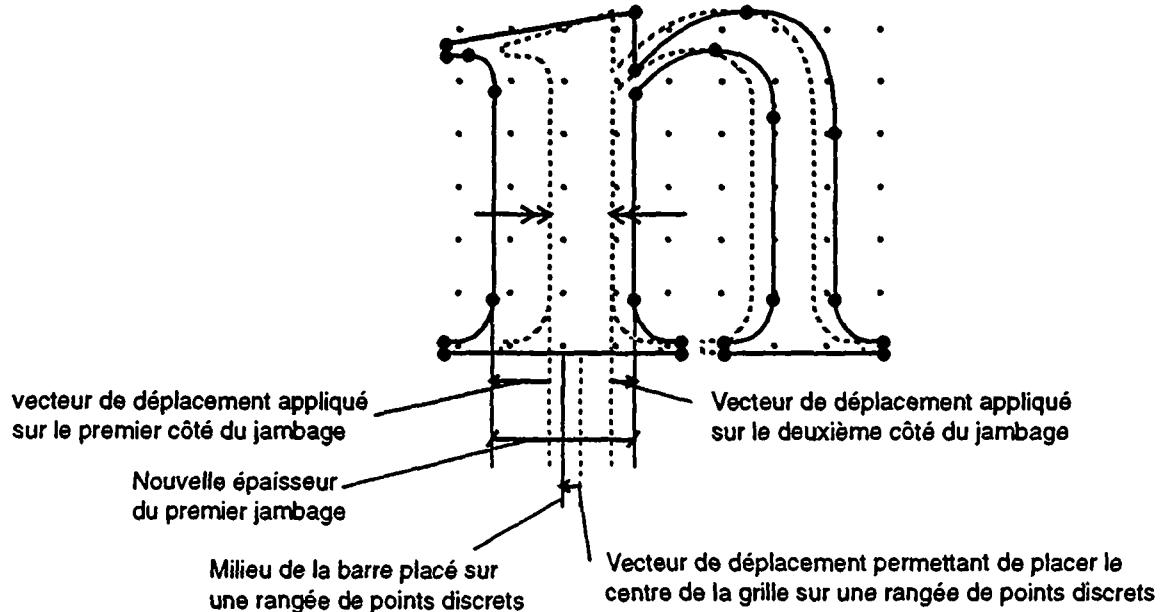


Figure 2.22 Centrage d'une barre verticale, calcul des vecteurs de déplacement à appliquer sur chaque paroi du jambage (exemple exagéré pour faciliter l'explication)

2.1.4 Centrage des éléments de courbe

En raison de l'orientation verticale et horizontale de la grille des points discrets, il n'est pas facile de contrôler le placement des éléments courbes ailleurs que dans les points extrêmes horizontaux et verticaux. Le placement des parties courbes sur la grille des points discrets vise à éviter des situations où la forme d'une partie courbe est rendue, lors de la discréttisation, par un point discret isolé; mais à l'inverse, par une longue rangée de points discrets (figure 2.23). Le contour d'un élément de caractère courbe, en son point extrême, ne doit passer ni trop près, ni trop loin des centres de points discrets [Hersch87b].

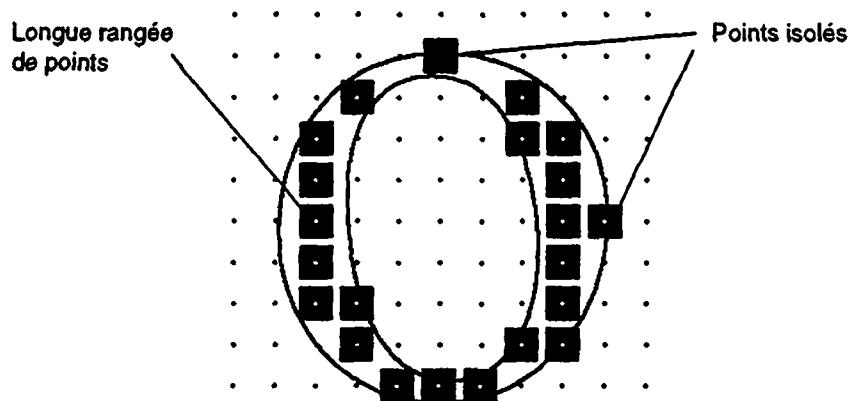


Figure 2.23 Caractère "O", fonte Times, sans application de contraintes, mise en évidence des problèmes dans la discréttisation des parties de type courbe

Les éléments de courbe que nous rencontrons le plus souvent dans les caractères des fontes latines sont délimités par deux morceaux de contour, l'un convexe, l'autre concave. Pour ce genre de courbes, des règles ont été définies sur la manière de placer le contour externe et le contour interne qui délimitent ces éléments sur la grille des points discrets [Hersch87b]. Pour un caractère comme le caractère "O", les éléments de type courbe doivent être contrôlés par des contraintes dans les quatre zones extrêmes (figure 2.24).

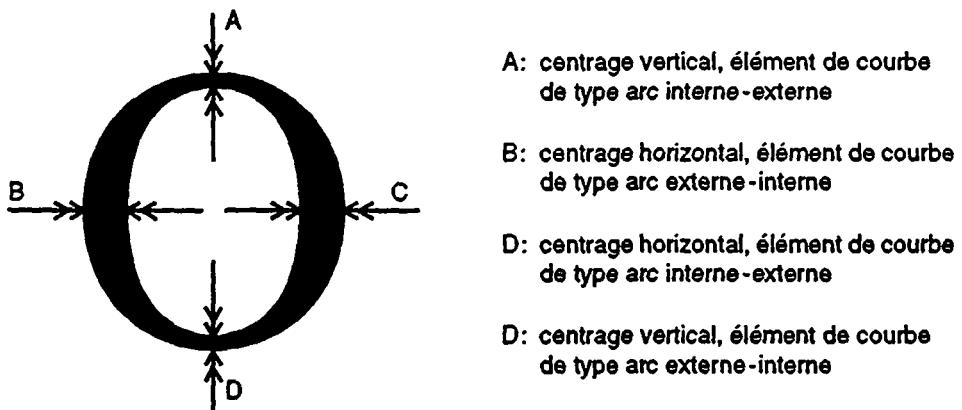


Figure 2.24 Caractère "O", contraintes de placement des parties de type courbe

Pour la description de l'orientation de l'élément de courbe (arc interne-externe ou arc externe-interne), nous utilisons une orientation gauche-droite et bas-haut (figure 2.25).

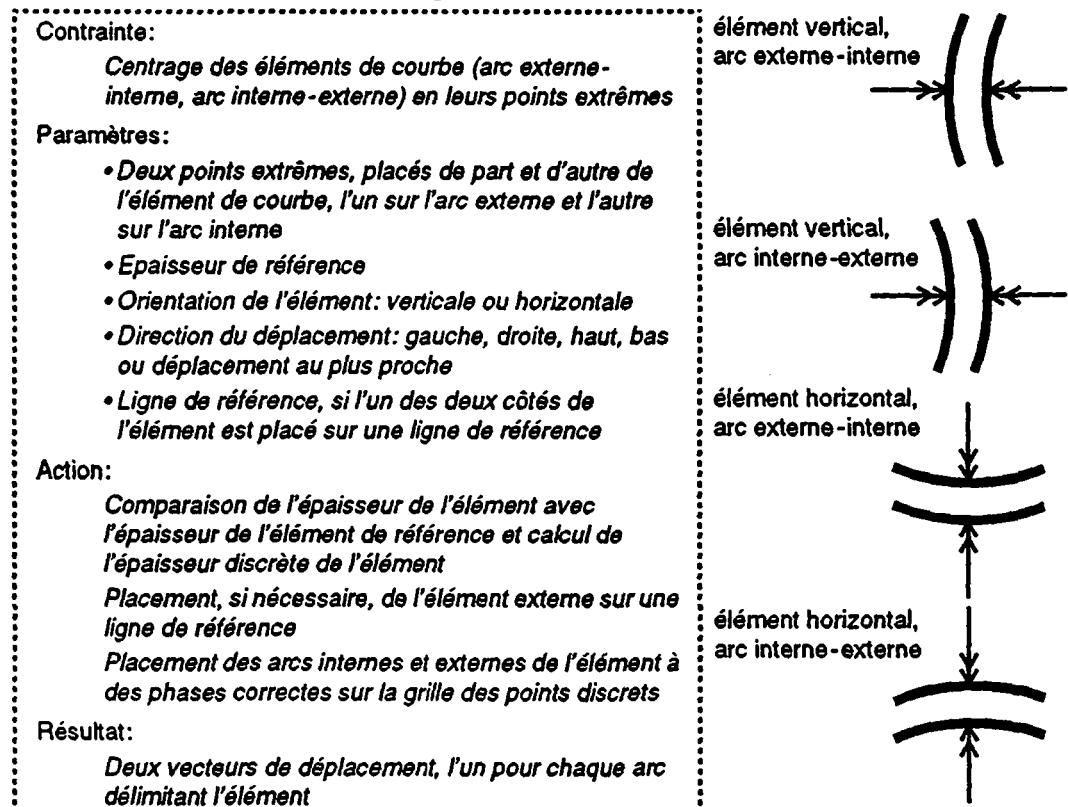


Figure 2.25 Fiche signalétique, contrainte de centrage des éléments de courbe de type courbe (arc externe-interne, arc interne-externe)

La contrainte de centrage des éléments de type courbe (arc externe-interne et arc interne-externe) permet de placer le contour externe et le contour interne qui délimitent cet élément à une phase correcte sur la grille des points discrets. Deux points extrêmes, l'un de chaque côté de l'élément, sont transmis comme paramètres à cette contrainte, ces points permettent de spécifier l'emplacement de l'élément de type courbe. L'utilisation d'une épaisseur de référence permet de maintenir une cohérence dans l'épaisseur discrète des différents éléments de type courbe qui composent les caractères.

La direction du déplacement se fait le plus souvent en utilisant le déplacement le plus petit, permettant de placer l'élément considéré correctement sur la grille des points discrets. Dans certains cas, il peut être intéressant de spécifier la direction dans laquelle l'élément doit être déplacé (à droite, à gauche, en haut ou en bas).

Dans le cas où l'arc externe qui délimite l'élément de type courbe est lié à une ligne de référence horizontale, cette ligne de référence est transmise comme paramètre à la contrainte (figure 2.26). La connaissance de la ligne de référence permet de contrôler de manière cohérente sur toute la fonte, la position discrète de l'arc externe par rapport à la ligne de référence.

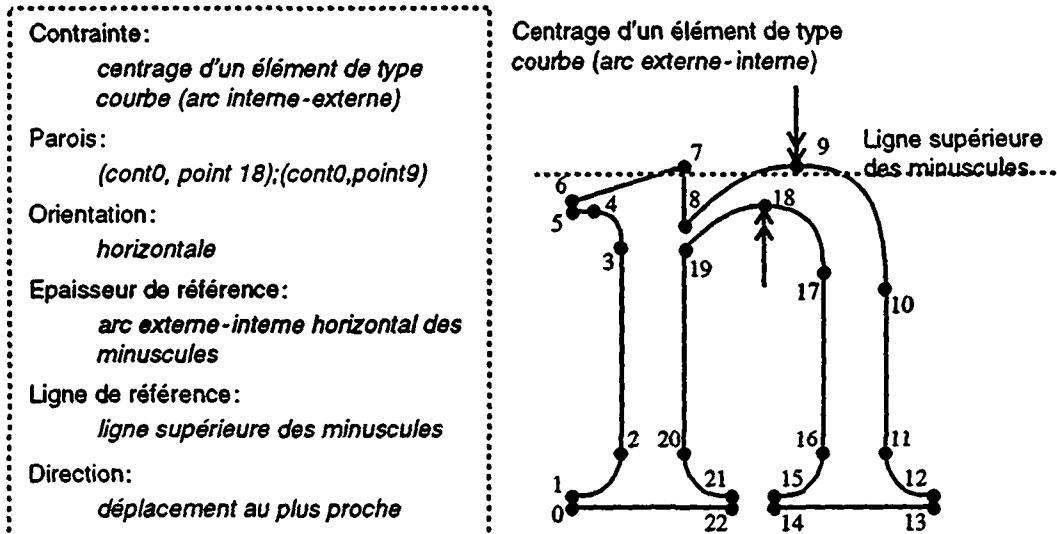


Figure 2.26 Exemple de contrainte de centrage d'un élément de type courbe arc interne-externe, caractère "n", fonte Times

L'utilisation des lignes de référence horizontales dans les paramètres de cette contrainte permettent de régler de manière globale pour toute la fonte le problème de l'apparition de la *correction optique*. Pour compenser un effet d'illusion optique, les caractères arrondis ont une taille légèrement plus grande que les autres caractères. A de faibles résolutions, il est nécessaire de contrôler la hauteur de cette correction optique en nombre de points discrets. Un paramètre de l'en-tête de fonte permet d'annuler la correction optique en dessous d'une certaine hauteur de caractère (figure 2.27).

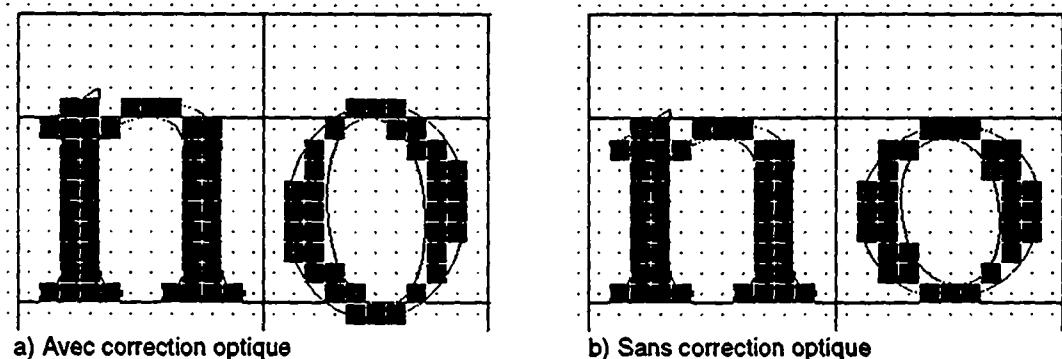


Figure 2.27 Comparaison à basse résolution du résultat obtenu avec application de la correction optique et sans application de la correction optique

Pour le centrage d'un élément de type courbe (arc externe-interne, interne-externe), il n'est pas possible, en appliquant un seul déplacement sur les deux arcs qui délimitent l'élément, de placer correctement chacun de ces arcs correctement sur la grille des points discrets et de contrôler l'épaisseur discrète de l'élément. Cette contrainte fournit donc comme résultat deux vecteurs de déplacement horizontaux ou verticaux, le premier vecteur doit être appliqué sur le premier arc et le deuxième vecteur sur le deuxième arc qui délimitent l'élément de type courbe. La distinction entre le premier et le deuxième arc se fait en suivant l'orientation gauche-droite et bas-haut. L'épaisseur de l'élément de type courbe est calculée par la différence entre les coordonnées horizontales (resp. verticales) des deux points extrêmes sur les arcs externe et interne. Cette épaisseur est comparée à l'épaisseur de l'élément de référence. Si la différence est faible (inférieure à 3/4 de la distance entre deux points discrets), l'épaisseur de l'élément de type courbe est modifiée pour prendre la valeur de l'épaisseur de l'élément de référence (section 2.3.1).

Le placement des arcs internes et des arcs externes se fait dans un intervalle entre les points discrets spécifiés par les paramètres de l'en-tête de fonte. Ces paramètres sont choisis de manière à éviter des situations de points discrets isolés et des situations de longues rangées de points discrets.

Le placement des arcs intérieur et extérieur et la modification éventuelle de l'épaisseur de l'élément de type courbe permet de calculer les deux vecteurs de déplacement qui doivent s'appliquer chacun sur un des côtés de l'élément de type courbe (figure 2.22).

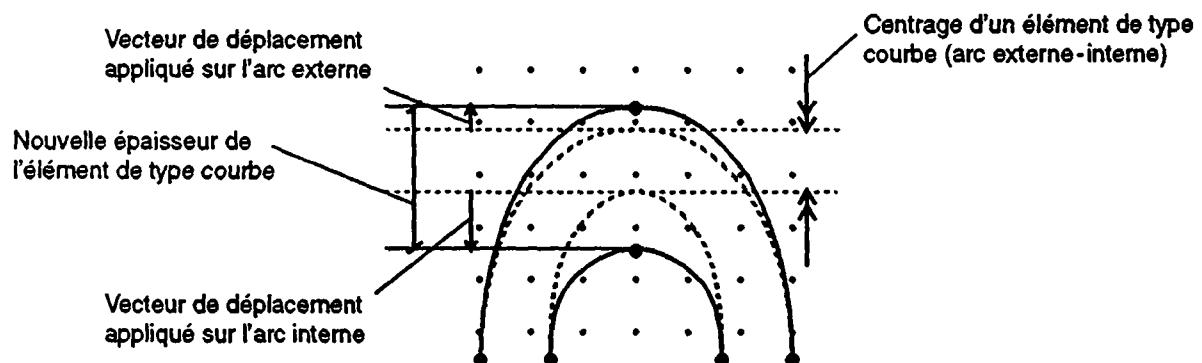


Figure 2.28 Centrage d'un élément de type courbe (arc interne-externe)

Le comportement des courbes entre les points extrêmes n'est pas encore résolu de manière satisfaisante. Il n'est pas possible par un simple déplacement linéaire des parties de contour d'obtenir une forme de courbe et un plan de bits résultant qui nous satisfasse complètement. L'introduction d'une technique évitant les discontinuités discrètes [Hersch91a] permet d'éviter les ouvertures dans le contour discret aux endroits où les courbes sont mal contrôlées. Une étude complémentaire du comportement géométrique et optique d'un élément de courbe entre ses extrémités pourrait permettre de produire des courbes plus esthétiques que celles obtenues par déformation linéaire.

2.1.5 Centrage des éléments de type barre oblique

Contrainte:
<i>Centrage des éléments de type barre oblique</i>
Paramètres:
<ul style="list-style-type: none"> • Quatre points, deux points pour définir la direction de chaque paroi de l'élément oblique • Epaisseur de référence • Orientation de l'élément: verticale ou horizontale • Indications pour le déplacement: déplacement de la première paroi seulement, de la deuxième paroi seulement, ou déplacement des deux parois
Action:
<p><i>Comparaison de l'épaisseur de l'élément avec l'épaisseur de l'élément de référence et calcul de l'épaisseur discrète de l'élément</i></p> <p><i>Calcul des vecteurs de déplacement pour que l'épaisseur de la barre oblique prenne une valeur entière de points discrets</i></p>
Résultat:
<p><i>Deux vecteurs de déplacement, l'un pour chaque paroi de l'élément oblique</i></p>

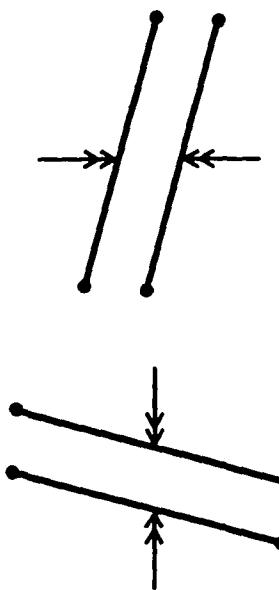


Figure 2.29 Fiche signalétique, contrainte de centrage des éléments de type barre oblique

La contrainte de centrage des barres obliques (figure 2.17) permet d'améliorer la qualité des éléments obliques lors de la conversion ponctuelle. Cette contrainte permet de placer chacune des parois délimitant l'élément oblique sur la grille des points discrets. Quatre points sont transmis à la contrainte, deux points pour spécifier la position et la direction de chaque paroi de l'élément oblique. L'utilisation d'une épaisseur de référence permet de maintenir une cohérence dans l'épaisseur discrète des éléments obliques qui composent le caractère et entre les éléments obliques et les autres éléments. Pour les barres obliques du caractère "V", la descendante utilise l'épaisseur de référence des obliques larges et la montante utilise l'épaisseur des obliques étroites (figure 2.18).

En raison de l'orientation verticale et horizontale imposée par le dispositif physique de sortie (grille des points discrets), l'épaisseur des obliques n'est pas calculée perpendiculairement à sa direction mais suivant une direction verticale ou horizontale selon que l'orientation de la barre oblique soit plutôt verticale ou horizontale.

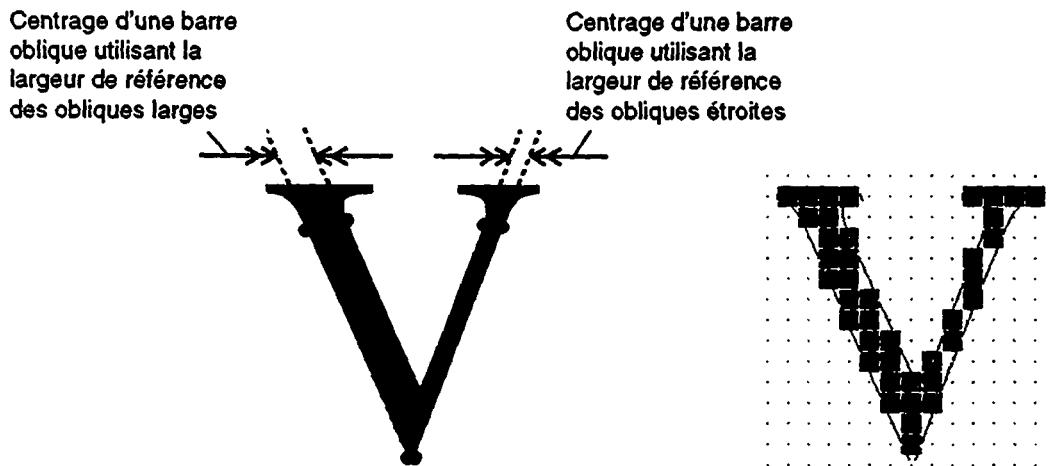


Figure 2.30 Epaisseurs de référence pour le centrage des barres obliques, épaisseurs discrètes obtenues différentes, caractère "V", fonte Times, hauteur 13 points discrets

Le paramètre d'orientation de l'élément indique si le contrôle de l'épaisseur de l'élément oblique considéré doit se faire dans une direction horizontale ou verticale. Dans les caractères des fontes latines, l'orientation la plus souvent utilisée pour placer les barres obliques sur la grille est l'orientation verticale. Il n'y a que peu de cas de barres obliques orientées horizontalement dans les caractères des fontes latines.

Pour la contrainte de contrôle de l'épaisseur des éléments obliques, le déplacement peut s'appliquer seulement sur l'une des parois de la barre oblique ou sur les deux parois. Un paramètre de la contrainte permet de spécifier quelle paroi peut être déplacée. Le fait de garder une paroi fixe et de reporter tout le déplacement sur l'autre paroi permet, par exemple dans le cas du caractère "V", de reporter tout le déplacement à l'intérieur du caractère. Il est possible d'éviter ainsi de modifier la forme extérieure de la pointe inférieure du caractère et sa position par rapport à la ligne de base (figure 2.31).

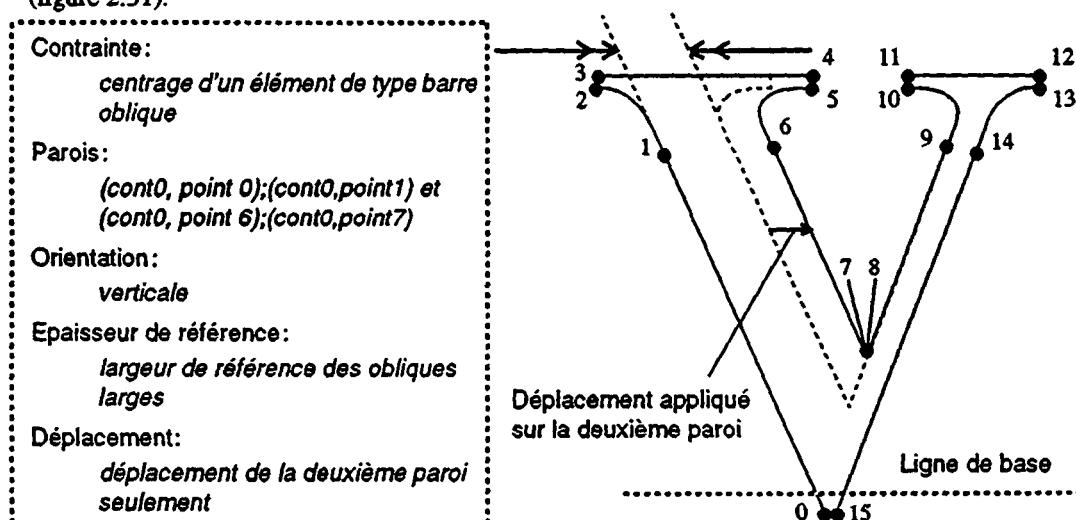


Figure 2.31 Contrainte de centrage de la barre descendante du "V", report de tout le déplacement sur la paroi intérieure de la barre

Contrairement aux contraintes de placement des éléments horizontaux et verticaux, la contrainte de placement des éléments de type barre oblique ne permet de contrôler que l'épaisseur de l'élément. Selon les paramètres spécifiés, la modification de l'épaisseur de l'élément calculée par la contrainte est reportée sur la première paroi de la barre oblique, la deuxième paroi ou bien répartie de manière égale sur les deux parois (figure 2.32).

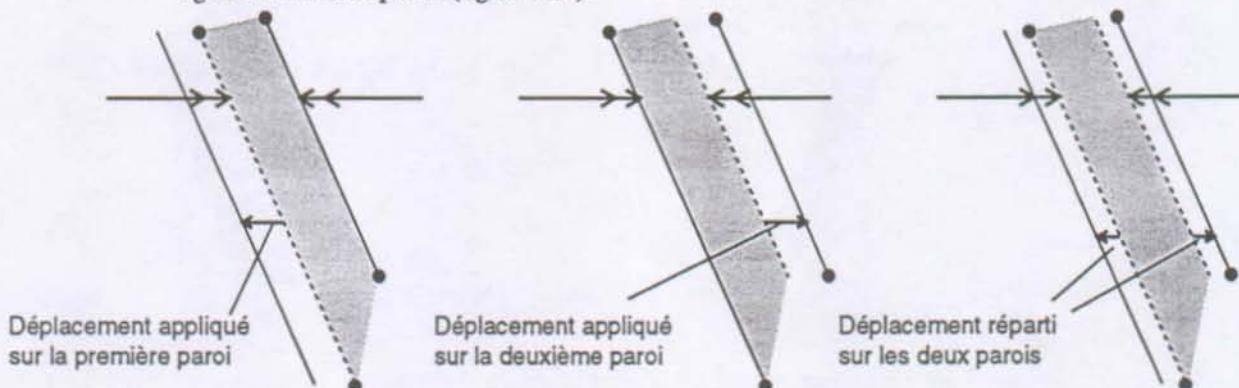


Figure 2.32 Application du déplacement sur les éléments de type barre oblique pour contrôler l'épaisseur de l'élément

L'épaisseur des éléments de type barre oblique est calculée à l'endroit où la barre oblique est la plus étroite. Pour une barre oblique orientée verticalement, le point le plus haut et le plus bas parmi les quatre points qui servent à définir la barre oblique sont recherchés. A la hauteur du point le plus haut et à celle du point le plus bas, la distance entre les deux intersections d'une droite horizontale avec les parois de la barre oblique est calculée. La plus petite de ces distances est utilisée comme épaisseur de la barre oblique dans la suite des calculs (figure 2.33).

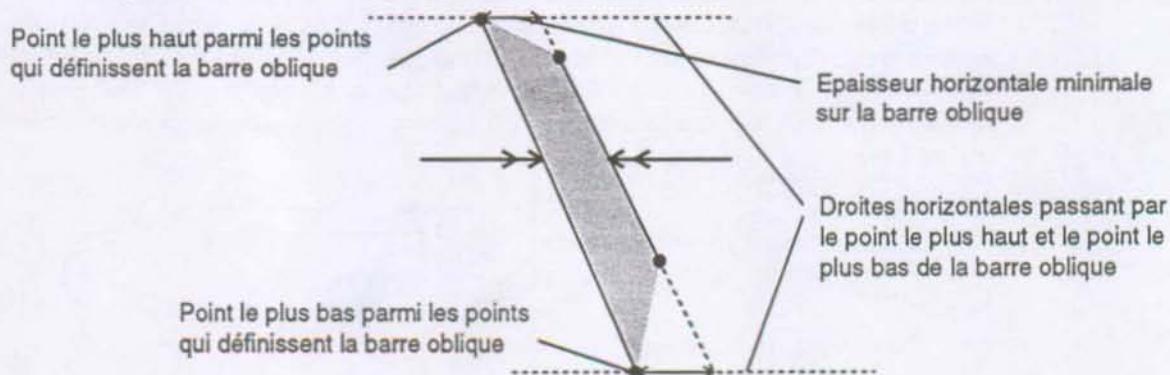


Figure 2.33 Calcul de l'épaisseur d'une barre oblique pour l'application de la contrainte de centrage des barres obliques

Comme un des buts importants de cette contrainte est d'éviter que la barre oblique disparaît à très basse résolution, le fait d'utiliser l'endroit où la barre oblique est la plus étroite pour les calculs garantit une épaisseur discrète minimale à cet endroit. Afin de simplifier les calculs, et comme l'épaisseur discrète qui nous intéresse est horizontale, l'épaisseur est calculée horizontalement plutôt que perpendiculairement à la direction de la barre oblique. L'épaisseur des barres obliques de référence est également stockée sous la forme d'une épaisseur prise horizontalement dans la table. Cette approximation peut donner des différences dans l'épaisseur visuelle perçue entre des caractères dont les barres obliques ont des inclinaisons différentes.

Dans le cas où une épaisseur de référence est spécifiée, l'épaisseur de la barre est comparée à l'épaisseur de référence. Si cette différence est faible (inférieure à 3/4 de la distance entre deux points discrets), l'épaisseur de la barre est modifiée pour prendre la valeur de l'épaisseur de la barre oblique de référence (section 2.3.1).

L'épaisseur discrète des barres obliques est calculée par un arrondi au plus proche de son épaisseur réelle. Si cette épaisseur discrète est très petite, une épaisseur minimale de 1 point discret est maintenue. Une amélioration de la contrainte de contrôle de l'épaisseur des barres obliques a été obtenue en n'autorisant une modification de l'épaisseur des barres obliques que si la différence d'épaisseur est inférieure à 1/4 de la distance entre deux points discrets [Hersch91a]. Le ou les vecteurs de déplacement qui doivent être appliqués, soit sur l'une des parois de la barre oblique, soit sur les deux parois, sont calculés par la différence entre l'épaisseur discrète voulue et l'épaisseur originelle réelle de la barre oblique.

La contrainte de centrage des éléments de type barre oblique que nous utilisons actuellement ne permet de contrôler que l'épaisseur. Cette contrainte ne permet pas de contrôler la régularité et la symétrie des points discrets obtenus. Une combinaison du contrôle de l'épaisseur des barres obliques avec une contrainte de placement d'un axe de symétrie (paragraphe 2.1.2.2) permet dans le cas d'un caractère formé d'une barre oblique descendante suivie d'une barre oblique montante de maintenir une régularité dans la forme de la pointe entre les deux barres obliques (figure 2.18).

Nous n'avons pas encore trouvé de solution permettant, uniquement par une déformation de contour, d'obtenir une forme satisfaisante des barres obliques à toute les tailles. Ce problème est particulièrement sensible lorsque les deux parois de la barre ne sont pas parallèles ou sont formées de parties courbes et que les barres se terminent par des éléments de type empattement. L'exemple de la figure 2.34 montre que grâce à la contrainte de contrôle de l'épaisseur des barres obliques, l'épaisseur discrète des barres obliques est régulière à travers toute la fonte, pour les différentes tailles. Néanmoins, la forme et le placement des éléments obliques sur la grille des points discrets donnent parfois des résultats contraires aux règles typographiques. Il n'est pas facile à de telles résolutions de maintenir des propriétés de symétrie et d'alignement entre éléments obliques.

7 pixels	A KMNRVWXYkvwx _y
8 pixels	A KMNRVWXYkvwx _y
9 pixels	A KMNRVWXYkvwx _y
10 pixels	A KMNRVWXYkvwx _y
11 pixels	A KMNRVWXYkvwx _y
12 pixels	A KMNRVWXYkvwx _y
13 pixels	A KMNRVWXYkvwx _y

Figure 2.34 Application des contraintes sur les barres obliques des caractères de la fonte Times, représentation à 50 dpi

Nous avons déjà exploré diverses solutions pour essayer d'améliorer le contrôle des éléments de type barre oblique: modifier l'épaisseur de la barre (figure 2.35b), rendre parallèles les parois de l'élément oblique (figure 2.35c), changer la pente de la barre oblique (figure 2.35d). D'après notre expérience, une trop forte intervention sur le contour des barres obliques dénature complètement la forme des caractères. Théoriquement, pour obtenir une épaisseur horizontale discrète régulière sur une barre oblique orientée verticalement, il faut que les deux parois de la barre soient exactement parallèles et que la distance horizontale entre les deux parois de la barre ait une valeur discrète. Pour que la forme discrète des parois de la barre soit également symétrique, il faut que la distance horizontale entre le point d'intersection de la barre avec la première rangée de points discrets et le point d'intersection de la barre oblique avec la dernière rangée de points discrets prennent des valeurs discrètes et que la barre soit centrée soit sur une rangée de points discrets, soit au milieu entre deux points discrets à la hauteur de la première et de la dernière rangée de points discrets (figure 2.35).

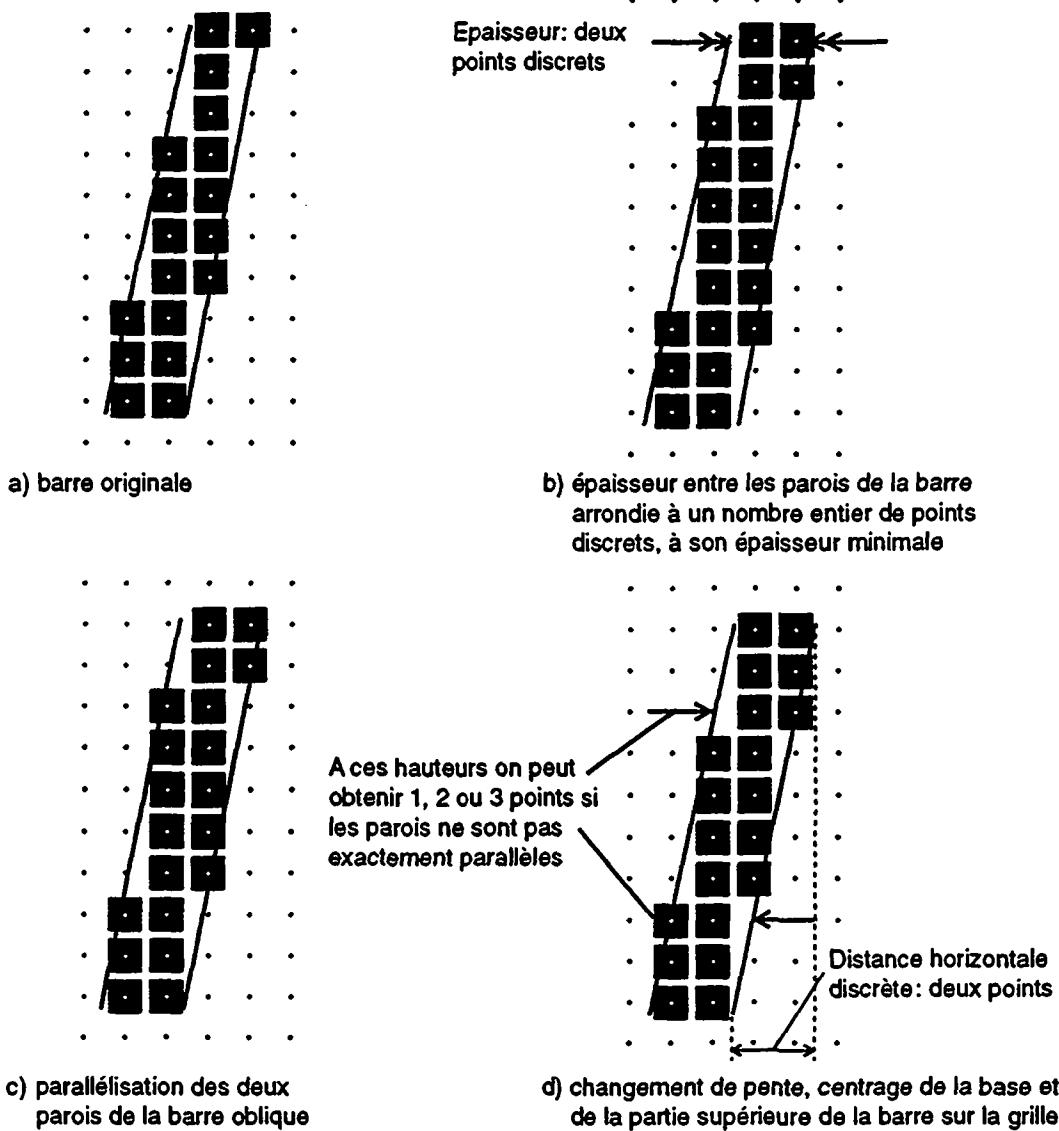


Figure 2.35 Tentatives de contrôle des barres obliques pour assurer une forme discrète régulière

La solution extrême de contrôle de l'épaisseur, de parallélisation et de changement de pente paraît séduisante, mais cette solution est très instable par rapport aux erreurs numériques. Un manque de parallélisme ou une épaisseur prise horizontalement légèrement différente peut faire apparaître des points discrets supplémentaires. Nous avons essayé cette technique sur des polices de caractère italiques. Le changement d'orientation des caractères italiques qui en résulte perturbe et donne des résultats contraires aux règles typographiques.

Nous utilisons aussi la contrainte de contrôle de l'épaisseur des éléments obliques dans le caractère "S" afin de contrôler l'épaisseur de la partie de courbe comprise entre les points d'inflexion (figure 2.36). Selon le type de fonte, cette partie de courbe peut être considérée comme une barre oblique plutôt verticale ou plutôt horizontale. Dans le cadre d'une extension du système des contraintes, une contrainte spécifique permettant de traiter ce cas serait souhaitable.

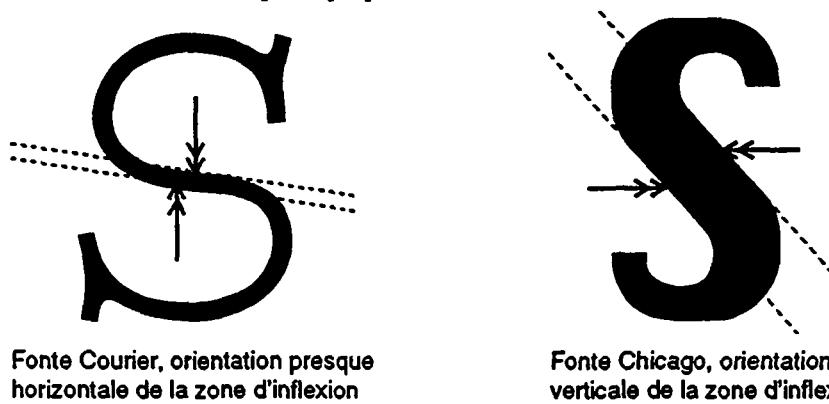


Figure 2.36 Utilisation de la contrainte de contrôle des barres obliques pour uniformiser l'épaisseur des parties courbes, entre les points d'inflexion, dans le caractère "S"

2.1.6 Centrage des empattements

Les éléments principaux composant les caractères des fontes latines commencent ou se terminent souvent par une forme particulière. Ces formes terminales s'appellent des empattements. Les empattements qui nous intéressent principalement ici sont ceux qui terminent les barres verticales, horizontales et obliques. Chacun de ces éléments doit être placé à une certaine phase horizontalement et verticalement sur la grille des points discrets afin de contrôler sa forme, son épaisseur et sa longueur et assurer ainsi une conversion ponctuelle cohérente à travers toute la fonte des éléments de ce type.

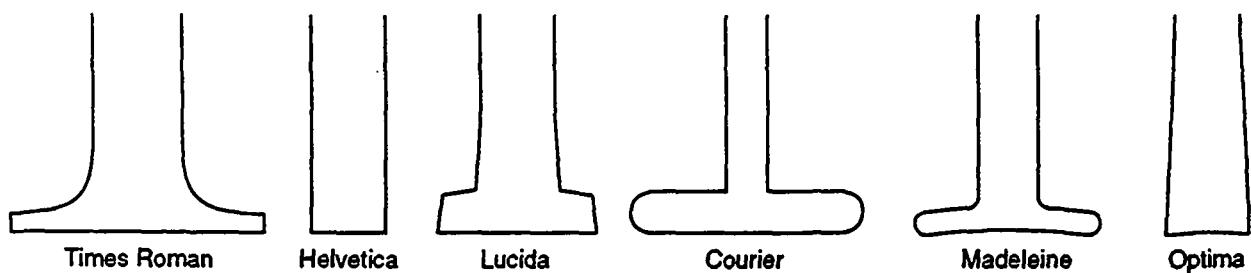


Figure 2.37 Formes diverses que peuvent prendre les empattements terminant les barres verticales dans les différentes polices de caractères.

Selon les fontes, les empattements qui terminent les barres verticales peuvent avoir des formes très diverses ou être remplacés par un simple segment de droite ou par une légère courbe (figure 2.37).

Malgré la diversité des formes que peuvent prendre les éléments de type empattement, ils ont tous en commun certaines caractéristiques essentielles (longueur et épaisseur). Dans le processus de conversion ponctuelle des empattements ce sont les deux caractéristiques de longueur et d'épaisseur que nous voulons préserver et rendre de manière uniforme, à une même taille, pour tous les caractères d'une fonte.

Nous contrôlons avec nos contraintes séparément chaque demi-empattement. Pour un empattement de pieds, sa longueur correspond à la distance horizontale entre un point qui se trouve sur le jambage et le point qui se trouve à l'extrémité de l'empattement. Nous mesurons l'épaisseur de l'empattement entre un point se trouvant sur la base du jambage et un point se trouvant sur l'empattement, ce deuxième point correspond généralement à un point d'inflexion (figure 2.38).

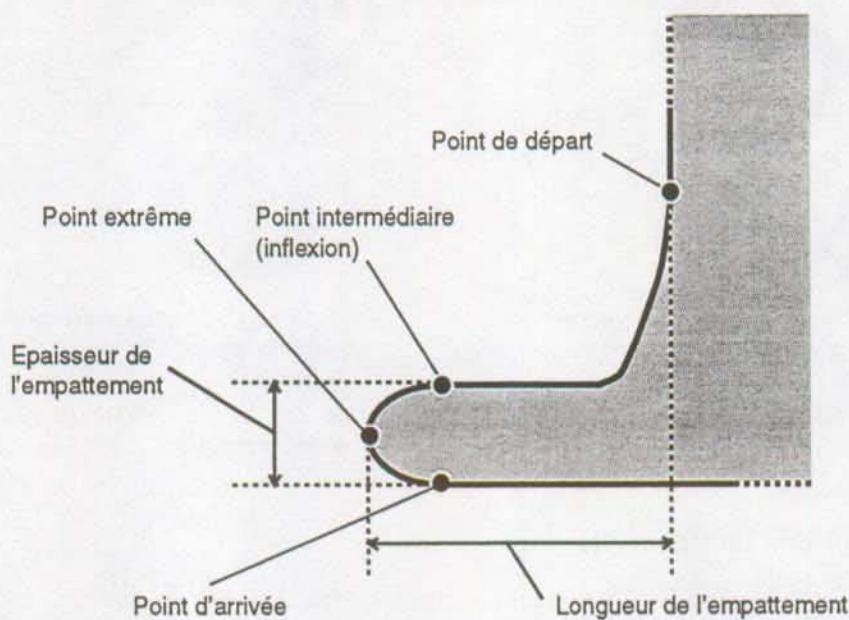


Figure 2.38 Forme générale d'un élément de type empattement, demi-empattement à gauche d'un jambage vertical, longueur et épaisseur contrôlées par des contraintes

Les empattements qui sont situés aux extrémités des jambages verticaux et obliques reposent le plus souvent sur une des lignes de référence horizontales (figure 2.39). Lors de l'application du contrôle de l'épaisseur sur ces empattements, nous devons éviter de déplacer la base de l'empattement afin de ne pas modifier la position de la ligne de référence et la hauteur des caractères. La position de la ligne de référence est déjà contrôlée par l'une des contraintes de positionnement des lignes de référence (section 2.1.1).

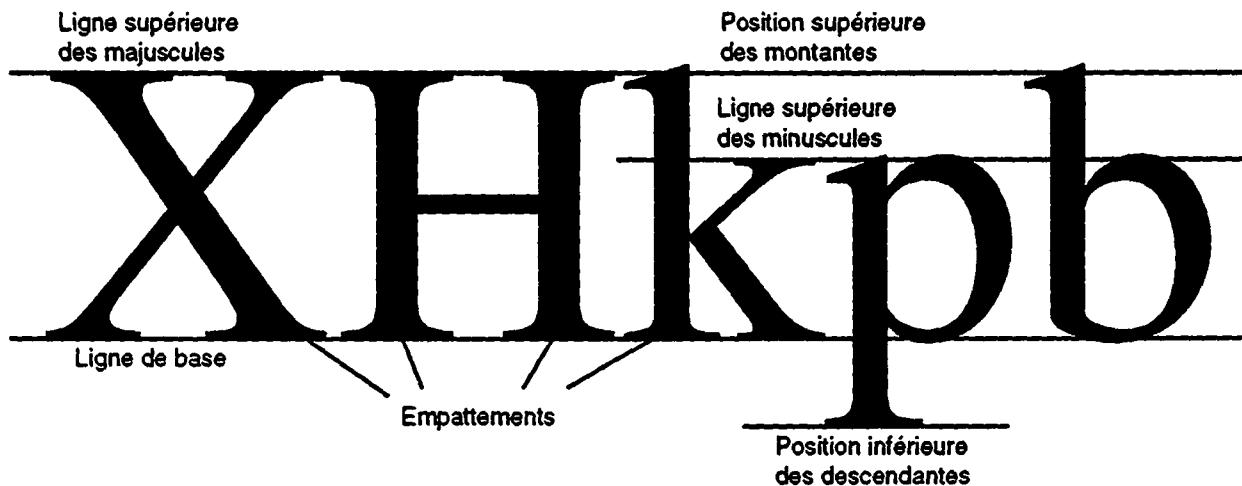


Figure 2.39 Empattements situés à la base des jambages verticaux et obliques qui reposent sur les lignes de référence horizontales

Pour le contrôle de l'épaisseur des éléments de type empattement nous utilisons la contrainte de centrage des barres horizontales et verticales (section 2.1.3) à laquelle nous spécifions par un paramètre d'utiliser comme épaisseur de référence l'épaisseur des empattements préalablement tabulée. Pour les empattements placés sur une ligne de référence horizontale, nous indiquons par un autre paramètre que l'un des points donnés en paramètre à la contrainte est déjà placé correctement sur la grille des points discrets. Dans l'exemple du contrôle de l'épaisseur de l'empattement du premier jambage du caractère "n" (figure 2.40), nous utilisons la contrainte de centrage d'une barre horizontale à laquelle nous spécifions comme épaisseur de référence celle des empattements horizontaux des minuscules.

Contrainte:	<i>centrage barre horizontale</i>
Parois:	<i>(cont0, point 0);(cont0,point1)</i>
Epaisseur de référence:	<i>épaisseur des empattements horizontaux des minuscules</i>
Indication de placement:	<i>(cont0, point 0) déjà placé, doit rester entre les deux mêmes lignes de points discrets</i>
Direction:	<i>déplacement au plus proche</i>

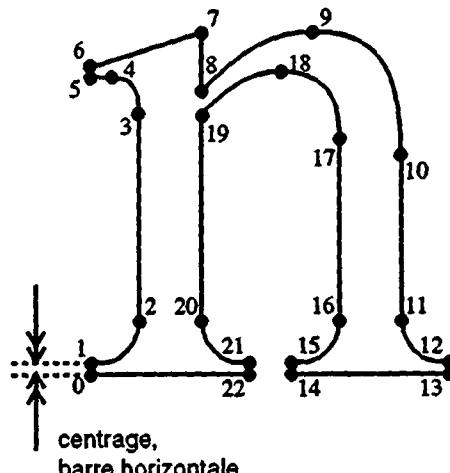


Figure 2.40 Exemple de contrainte de contrôle de l'épaisseur d'un élément de type empattement, caractère "n", fonte Times

Pour le contrôle de la longueur des éléments de type empattement nous avons introduit une contrainte spécifique permettant à la fois de contrôler la longueur de l'élément et de placer son extrémité à une phase correcte sur la grille, c'est à dire sur les séparations entre deux points discrets (figure 2.41).

Contrainte:

Contrôle de la longueur des éléments de type empattement

Paramètres:

- Deux points: un point en prolongement du jambage et un point à l'extrémité de l'empattement
- Orientation de l'élément: verticale ou horizontale

Action:

Comparaison de la longueur de l'empattement avec la longueur de référence d'un empattement; calcul de l'épaisseur discrète de l'élément

Calcul du vecteur de déplacement permettant de placer l'extrémité de l'empattement à une distance discrète correcte du jambage et à une phase correcte

Résultat:

Un vecteur de déplacement à appliquer sur le point à l'extrémité de l'élément de type empattement

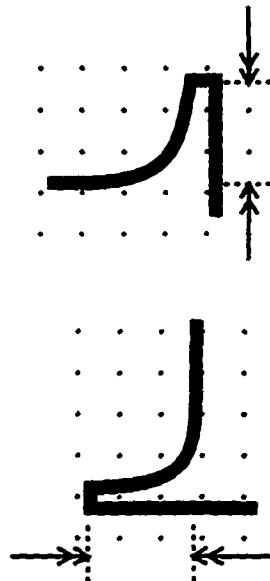


Figure 2.41 Fiche signalétique, contrainte de contrôle de la longueur des éléments de type empattement

La contrainte de contrôle de la longueur des éléments de type empattement permet de placer l'extrémité de l'empattement à une distance discrète correcte du jambage et à une phase correcte. Deux points sont transmis comme paramètres à cette contrainte, un point sur le jambage et un point à l'extrémité de l'empattement. Le paramètre d'orientation permet de spécifier si l'empattement considéré est du type horizontal ou vertical. Nous avons défini que l'orientation d'un empattement se trouvant à la base d'un jambage vertical a une orientation horizontale.

Dans l'exemple du contrôle de la longueur du demi-empattement se trouvant à gauche et à la base du premier jambage du caractère "n" (figure 2.42), nous utilisons une contrainte de contrôle de la longueur de l'empattement entre un point sur le prolongement du jambage et un point à l'extrémité de l'empattement.

Contrainte:

contrôle de la longueur d'un empattement

Point sur le prolongement du jambage:

(cont0, point 2)

Point à l'extrémité de l'empattement:

(cont0,point0)

Orientation:

Horizontale

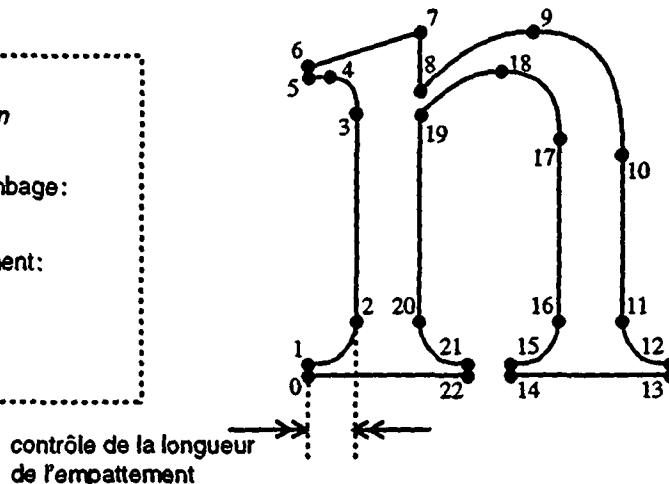


Figure 2.42 Contrôle de la longueur du demi-empattement à gauche et à la base du premier jambage du caractère "n", fonte Times

La distance entre le point se trouvant sur le jambage et le point à l'extrémité de l'empattement est calculée. Dans le cas d'un empattement se trouvant dans le prolongement d'une barre oblique, cette distance se mesure à la hauteur de la ligne des points discrets se trouvant à la base du jambage, entre le point d'intersection du prolongement de la barre oblique avec la ligne de points discrets et le point à l'extrémité de l'empattement.

Cette distance est comparée avec la longueur de référence d'un empattement qui se trouve dans l'en-tête de fonte. Si cette différence est faible (inférieure à 3/4 de la distance entre deux points discrets), la longueur de référence d'un empattement est utilisée dans les calculs à la place de la longueur réelle de l'empattement (section 2.3.1).

Si la longueur de l'empattement est inférieure à un point discret, une longueur minimale d'un point discret est maintenue. Cette longueur est ajoutée à la coordonnée du point qui se trouve sur l'empattement pour obtenir la nouvelle coordonnée réelle du point à l'extrémité de l'empattement. Dans le cas des caractères noir/blanc, le point extrême est placé exactement au milieu entre deux points discrets. La longueur du vecteur de déplacement résultant correspond à la différence de coordonnées entre la nouvelle position et l'ancienne position du point d'extrémité de l'empattement. Ce vecteur sera appliqué sur le contour du caractère de manière élastique de façon à laisser fixe la paroi du jambage et à déplacer le point à l'extrémité de l'empattement avec le déplacement entier.

2.1.7 Centrage des signes diacritiques

Le placement d'un signe diacritique (accent, point sur le i) se fait en deux étapes, dans un premier temps le caractère est placé sur la grille et l'élément de ponctuation suit le même déplacement que le reste du caractère; dans un deuxième temps, l'élément de ponctuation est placé de manière plus précise sur la grille par une contrainte spécifique. Cette manière de faire permet de garder l'élément de ponctuation centré par rapport au caractère notamment dans le cas des caractères "i" et "j".

Contrainte:

Centrage des signes diacritiques

Paramètres:

- Deux points, un point de chaque côté de l'élément
- Epaisseur de référence horizontale
- Orientation de l'élément: verticale ou horizontale

Action:

Comparaison de l'épaisseur de l'élément avec l'épaisseur de référence horizontale et calcul de l'épaisseur discrète de l'élément

Centrage de l'élément de ponctuation sur une rangée de points ou au milieu entre deux points discrets selon la distance entre les deux points donnés comme paramètre ou selon la largeur horizontale donnée comme paramètre.

Pour de petites tailles, élargissement de l'élément de ponctuation afin d'éviter une forme discrète incorrecte

Résultat:

Deux vecteurs de déplacement, l'un pour chaque côté de l'élément de ponctuation

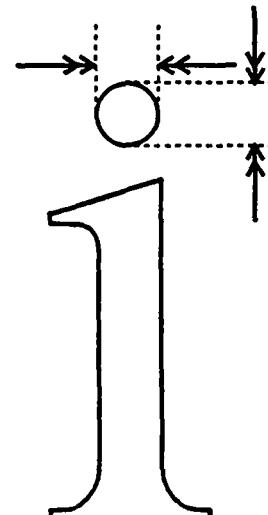


Figure 2.43 Fiche signalétique, contrainte de centrage des éléments de ponctuation

Le centrage des éléments de ponctuation nous a posé un problème particulier intéressant. Ces éléments doivent conserver une symétrie centrale. Il n'est pas possible horizontalement de les centrer en utilisant une des épaisseurs horizontales de référence et verticalement de les centrer avec une des valeurs verticales de référence. Nous devons utiliser horizontalement et verticalement la même épaisseur de référence. A très basse résolution, l'élément de ponctuation au-dessus du caractère "i" doit avoir visuellement la même épaisseur que la barre verticale sur laquelle il est posé. Il est clair que pour une largeur de la barre verticale d'un point discret, l'épaisseur de l'élément de ponctuation doit aussi avoir un point discret d'épaisseur. Pour une largeur de 2 points discrets, l'élément de ponctuation doit être formé du carré de deux sur deux points discrets. Pour une largeur discrète de trois points discrets, il y a deux solutions pour l'élément de ponctuation, un carré de trois sur trois points discrets et une forme de croix. D'après les experts typographiques, il faut éviter d'avoir un élément de ponctuation en forme de croix, même si dans la fonte considérée l'élément de ponctuation est dessiné par un cercle. Cette forme n'est visuellement pas assez forte par rapport à la largeur discrète de la barre. Afin de contrôler complètement le comportement des éléments de ponctuation à basse résolution, nous avons introduit une contrainte spécifique (figure 2.43).

La contrainte de centrage des éléments de ponctuation permet de placer chacun des deux arcs ou des deux segments externes qui délimitent l'élément de ponctuation correctement sur la grille des points discrets. Deux points, l'un de chaque côté de l'élément de ponctuation, sont transmis comme paramètres à la contrainte, ces points permettent de spécifier l'emplacement des courbes qui délimitent l'élément. Un deuxième paramètre indique la direction dans laquelle la contrainte doit s'appliquer sur l'élément. Cette contrainte utilise toujours l'épaisseur de référence des barres verticales quelle que soit l'orientation transmise comme paramètre. La même contrainte est utilisée pour les éléments de ponctuation délimités par des courbes et ceux délimités par des segments de droite. Cette contrainte doit permettre à haute et moyenne résolution de placer les courbes qui délimitent l'élément sur la grille. A basse résolution et principalement lorsque l'épaisseur discrète des jambages est de 3 points discrets, elle doit permettre d'éviter certaines formes discrètes incorrectes (figure 2.44).

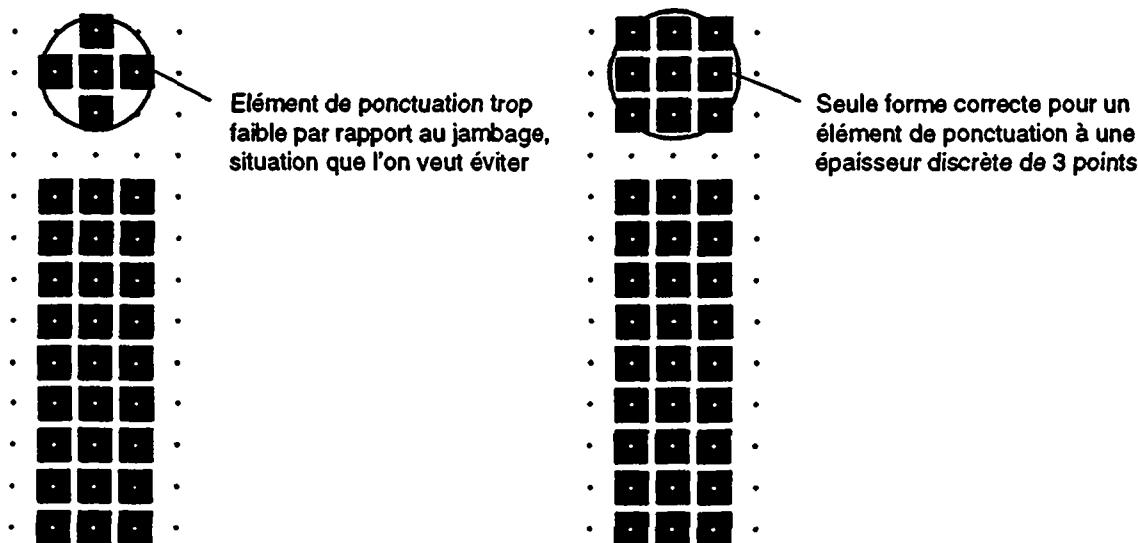


Figure 2.44 Elément de ponctuation, choix de la forme discrète pour une épaisseur de 3 points

L'épaisseur de l'élément de ponctuation est calculée par la différence entre les coordonnées horizontales (resp. verticales) des deux points donnés comme paramètres à la contrainte. Cette épaisseur est comparée avec l'épaisseur d'un jambage vertical. Si cette différence est faible (inférieure à 3/4 de la distance entre deux points discrets), l'épaisseur de l'élément de ponctuation est modifiée pour prendre la valeur de l'épaisseur de référence des barres verticales (section 2.3.1).

L'épaisseur discrète de l'élément est calculée par un arrondi au plus proche de son épaisseur réelle. Si cette épaisseur est inférieure ou égale à 3 points discrets, les deux cotés de l'élément sont placés à une phase extrême (1/16 et 15/16 de point discret) de manière à élargir l'élément et éviter ainsi une forme incorrecte. Dans les autres cas, le calcul des déplacements à appliquer sur chacun des cotés de l'élément de ponctuation se fait de la même manière que pour les barres verticales ou horizontales (section 2.1.3). Chaque élément de ponctuation est contrôlé horizontalement et verticalement par cette contrainte. Nous obtenons comme résultat une cohérence entre l'épaisseur des jambages verticaux et l'épaisseur discrète horizontale et verticale des éléments de ponctuation (figure 2.45).

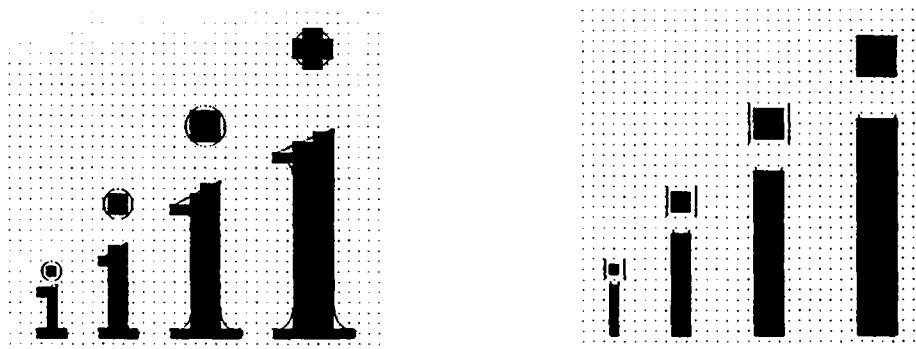


Figure 2.45 Forme correcte pour les éléments de ponctuation de type carré et cercle par rapport à l'épaisseur discrète du jambage

2.2 Application de la déformation sur le contour

Chaque déplacement calculé pour une contrainte doit s'appliquer sur une partie spécifiée du contour du caractère. Seuls le premier déplacement horizontal et le premier déplacement vertical peuvent être appliqués sur tout le caractère. Pour les contraintes suivantes, le déplacement permettant de placer l'un des éléments sur la grille ne doit pas déplacer d'autres éléments du caractère qui sont déjà correctement placés sur la grille des points discrets par l'une des contraintes précédentes.

A chaque définition d'une contrainte de placement d'un élément du caractère sur la grille est associée une description de la zone d'application des déplacements. Pour les contraintes qui permettent à la fois de placer un élément sur la grille et de contrôler l'épaisseur discrète de l'élément, deux déplacements différents sont calculés, l'un pour chaque côté de l'élément. Dans l'exemple du centrage du premier jambage du caractère "n", la description de la zone d'application spécifie les

points sur lesquels doit s'appliquer chaque vecteur de déplacement afin que les deux parois du premier jambage soient placées correctement sur la grille des points discrets (figure 2.46).

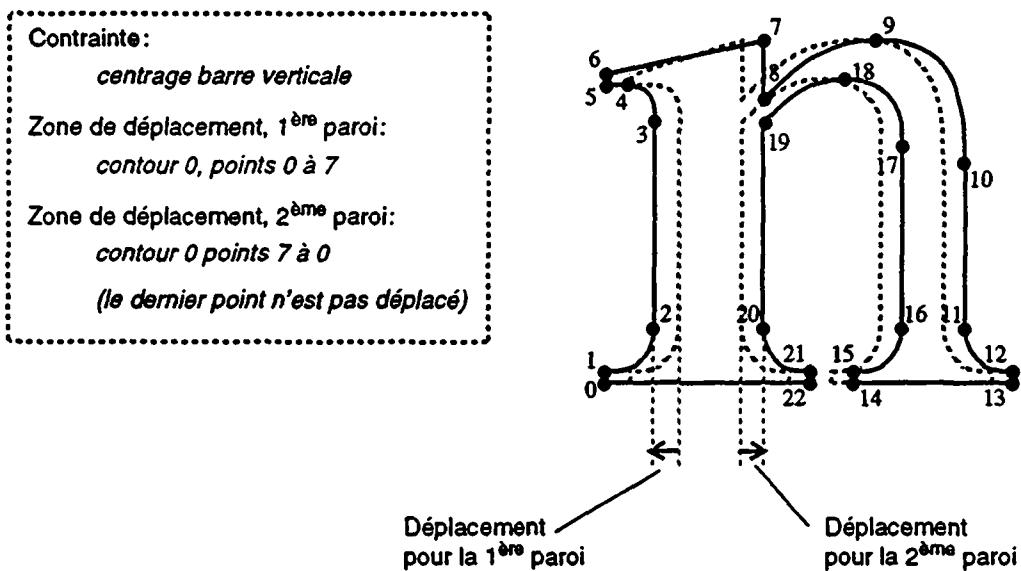


Figure 2.46 Définition de la zone d'application du déplacement pour la contrainte de centrage du premier jambage du caractère "n"

L'application du ou des vecteurs de déplacement calculés par la contrainte peut se faire sur tout le caractère ou seulement sur une partie du caractère. La spécification de la zone de déplacement peut se faire par une liste de points ou de contours sur lesquels le vecteur de déplacement doit s'appliquer. Dans le cas où une partie du contour du caractère est déjà placé sur la grille et que l'on veut placer une autre partie, nous utilisons une déformation de type élastique entre les points de la zone qui sont déjà placés et les points de la zone que l'on veut placer sur la grille.

Les déplacements de type élastiques sont spécifiés par une liste des points à déplacer, par un point fixe et par un point sur lequel le déplacement doit être entièrement appliqué. Pour un vecteur de déplacement horizontal, le point fixe définit une droite verticale qui n'est pas déplacée. Le point à déplacer définit une droite verticale sur laquelle le vecteur de déplacement est entièrement appliqué. Entre ces deux droites, les points sont déplacés selon leur rapport de distance entre ces deux droites. Les points qui ne se trouvent pas entre ces deux droites sont soit entièrement déplacés, soit ils ne sont pas déplacés selon le côté de la zone de déplacement dans laquelle ils se trouvent (figure 2.47).

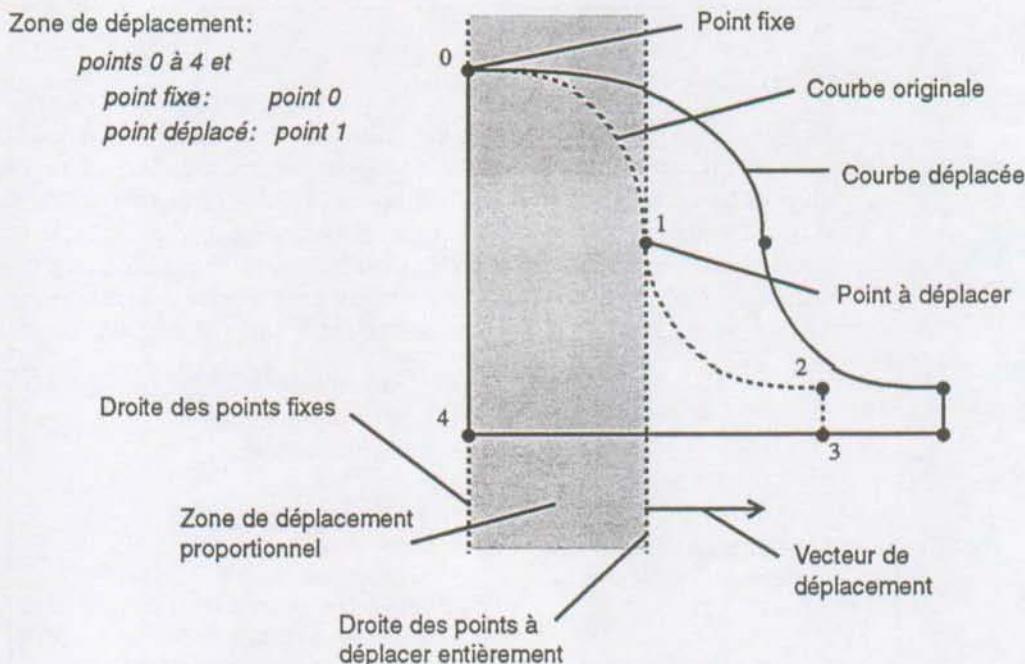


Figure 2.47 Application d'un déplacement proportionnel avec spécification d'un point fixe et d'un point à déplacer

Dans l'exemple du centrage du deuxième jambage du caractère "n", l'application du déplacement entre les points du premier jambage qui sont déjà placés correctement sur la grille et les points du deuxième jambage que l'on désire placer sur la grille se fait de manière élastique (figure 2.48).

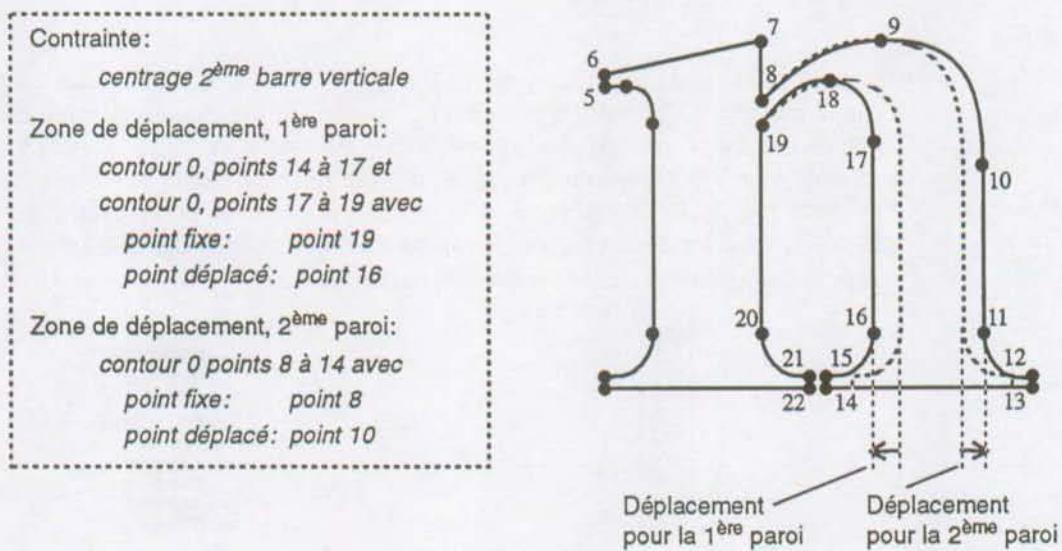


Figure 2.48 Définition de la zone d'application du déplacement pour la contrainte de centrage du deuxième jambage du caractère "n", utilisation d'un déplacement de type élastique

2.3 Uniformisation de l'épaisseur des éléments de courbe

2.3.1 Utilisation d'épaisseurs de référence

Lors de l'étiquetage automatique des fontes (Chapitre 4), un certain nombre de largeurs de référence sont recherchées dans des caractères types pour être mis dans l'en-tête de fonte. Cette en-tête contient pour les caractères majuscules, minuscules et les chiffres des valeurs de référence pour chaque type d'élément (barre verticale, horizontale ou oblique, partie courbe, longueur et épaisseur des empattements). Pour certains type d'éléments, deux largeurs de référence différentes sont introduites dans cette table. Dans des fontes avec empattement comme le Times, les jambages verticaux peuvent avoir deux épaisseurs différentes (normale et étroite) (figure 2.49).

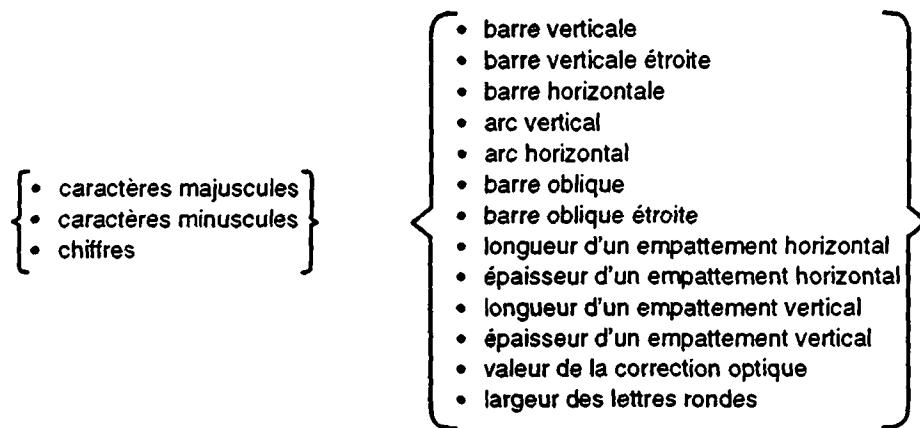


Figure 2.49 Epaisseurs de référence introduites dans l'en-tête de fonte

Le programme d'étiquetage automatique contient pour chacune de ces épaisseurs, une indication du caractère et de l'élément dans ce caractère qui doit être pris comme référence (chapitre 4, paragraphe 4.5).

La plupart des contraintes (paragraphe 2.1.3-2.1.7) permet de spécifier une valeur de référence comme paramètre. Ces valeurs permettent d'assurer une certaine régularité d'épaisseur discrète entre les éléments d'un même type. Dans certaines fontes, il est possible, suite à des irrégularités numériques ou à la volonté du typographe, d'obtenir des épaisseurs discrètes différentes pour des épaisseurs réelles très semblables. Avec la méthode d'arrondi au plus proche utilisée pour le calcul de l'épaisseur discrète, deux barres d'un même type peuvent avoir des épaisseurs discrètes différentes, pour des épaisseurs réelles très proches (figure 2.50).



Figure 2.50 Différence d'épaisseur discrète pour une différence réelle très faible : 2ϵ

Lors du calcul de l'application d'une contrainte, l'épaisseur de l'élément est comparée à l'épaisseur de référence donnée en paramètre. Si cette différence est faible la valeur de l'épaisseur de référence est utilisée à la place de l'épaisseur de l'élément dans les calculs. La valeur limite que nous avons choisi pour déterminer qu'une épaisseur correspond à son épaisseur de référence peut paraître élevée ($3/4$ de la distance entre deux points discrets); cette valeur a été augmentée en raison de l'utilisation d'un deuxième niveau d'uniformisation d'épaisseur avec le maintien d'une cohérence discrète entre les différentes épaisseurs de référence (section 2.3.2).

L'utilisation d'épaisseurs de référence dans la conversion ponctuelle des caractères nous protège contre des irrégularités numériques dans les coordonnées des éléments qui composent les caractères. Parmi la centaine de fontes que nous avons traduites dans le format *RasiWare* afin de tester nos algorithmes, nous avons décelé de nombreux cas d'irrégularités numériques (épaisseurs différentes de quelques unités entre des éléments identiques). Ces différences peuvent provenir de la manière avec laquelle les fontes ont été introduites sous forme informatique (tablette de digitalisation, souris). Pour les principaux fournisseurs de fontes informatiques, l'absence de telles irrégularités est maintenant devenu un critère de qualité. Notre programme, grâce à l'utilisation d'épaisseurs de référence, peut néanmoins garantir une régularité dans les épaisseurs discrètes pour des fontes qui ne respectent pas ce critère de qualité.

2.3.2 Cohérence entre l'épaisseur discrète des différentes parties de caractère

L'utilisation d'épaisseurs de référence permet d'éviter, pour un même type d'élément, à une même taille, d'avoir des épaisseurs discrètes différentes. Cette méthode ne suffit pour obtenir, dans toute la fonte, pour une même taille, des épaisseurs discrètes cohérentes entre les différents éléments.

Dans l'exemple (figure 2.51), sans application de règles de cohérence supplémentaires entre épaisseurs, on obtient des épaisseurs discrètes différentes entre les horizontales et les verticales, sans que la typographie de la fonte ne justifie cette différence.

17 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJ
18 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFG
19 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF

Figure 2.51 Epaisseurs discrètes différentes entre éléments pour une même taille

Afin de résoudre ce manque d'uniformité, nous avons introduit un deuxième niveau d'uniformisation entre les épaisseurs de référence. Les épaisseurs de référence sont comparées entre elles pour décider de l'épaisseur discrète que doit prendre chacune d'elle.

Une série de règles simples permettent de comparer deux épaisseurs de référence et de décider, pour de faibles résolutions (épaisseurs entre 1 et 4 points discrets) si la différence entre les épaisseurs discrètes des deux éléments examinés est justifiée ou pas. Les épaisseurs des barres verticales/horizontales sont comparées aux épaisseurs des éléments de courbes et aux éléments diagonaux. Les épaisseurs des éléments verticaux sont comparés aux épaisseurs des éléments horizontaux. Les épaisseurs de référence des majuscules sont comparées aux éléments de référence des minuscules et des chiffres.

Les épaisseurs réelles des deux éléments sont comparés. Une formule permet de calculer le rapport entre les deux épaisseurs examinées :

$$RapportDesEpaisseurs = \frac{ValeurLaPlusGrande - ValeurLaPlusPetite}{ValeurLaPlusGrande}$$

Pour des épaisseurs discrètes jusqu'à 4 points discrets, une table (figure 2.52) nous donne, en fonction des épaisseurs discrètes des deux éléments comparés, une valeur limite pour le rapport des épaisseurs. Si le rapport des épaisseurs est en dessous de la limite, les deux épaisseurs de références comparées doivent donner la même épaisseur discrète.

Epaisseur discrète la moins élevée	Epaisseur discrète la plus élevée	Valeur limite pour le rapport des épaisseurs
1 point discret	2 points discrets	0.35
1 point discret	3 points discrets	0.50
2 points discrets	3 points discrets	0.20
1 point discret	4 points discrets	0.40
2 points discrets	4 points discrets	0.25
3 points discrets	4 points discrets	0.15

Figure 2.52 Table de comparaison entre épaisseurs de référence discrètes

Dans les exemples que nous produisons, nous pouvons observer à chaque taille une cohérence entre les épaisseurs de tous les éléments (barres, courbes, empattements). Le passage d'une épaisseur de 1 point discret à deux points discrets se fait de manière cohérente à la même taille. L'exemple de la figure 2.53, reprend l'exemple de la figure 2.51 après application des règles de cohérence entre épaisseurs discrètes.

17 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJ
 18 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFG
 19 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF

Figure 2.53 Epaisseurs discrètes après application de la règle de cohérence

2.4 Conclusion du chapitre

Au cours de cette recherche, nous avons passé d'une situation où l'on était capable de rendre de manière correcte quelques caractères d'une seule fonte à des tailles supérieures à 20 points discrets, à une situation où l'on est capable d'obtenir un rendu correct des fontes latines à des tailles inférieures à 10 points discrets de haut.

La recherche que j'ai menée sur le problème des règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets a mené à une formalisation plus complète du système de contraintes. Le système de règles que nous avons établi [Betrisey93b] spécifie les différents éléments qui forment le caractère ainsi que les zones de déplacements qui leur sont associées.

Cette formalisation nous donne une très grande souplesse. Elle nous permet avec le même jeux de règles, en associant des algorithmes différents, d'adapter le contour autant pour le cas de caractères noir/blanc que pour celui des caractères à niveaux de gris.

CHAPITRE 3 Modèle topologique des fontes latines

Les fontes typographiques utilisées dans des périphériques informatiques sont le plus souvent stockées sous la forme d'une description de contour (segments de droite et courbes de Bézier). La description de caractères par contours n'est pas la forme de description la plus naturelle pour créer et manipuler des fontes typographiques. Une description par tracé de plume pour les fontes manuscrites et par éléments de structure pour les fontes mécaniques sont des formes qui correspondent mieux à la structure des caractères.

Différents travaux dans le domaine de la typographie informatique ont montré que des caractères peuvent être assemblés à partir d'éléments de structure associés à des paramètres spécifiques à la fonte [Knuth86]. Des outils d'aide à la création de caractères basés sur la connaissance de la structure des caractères ont fait l'objet de recherches récentes. Les différents éléments de structure (barres, courbes, empattements) se retrouvent sous des formes très similaires dans les différents caractères. Les nouveaux outils d'aide à la création de fontes devraient permettre à partir du dessin de quelques caractères typiques d'obtenir automatiquement une première ébauche de la forme des caractères de toute une fonte par copie et adaptation automatique d'éléments de contour extraits à partir de caractères typiques [Adams89].

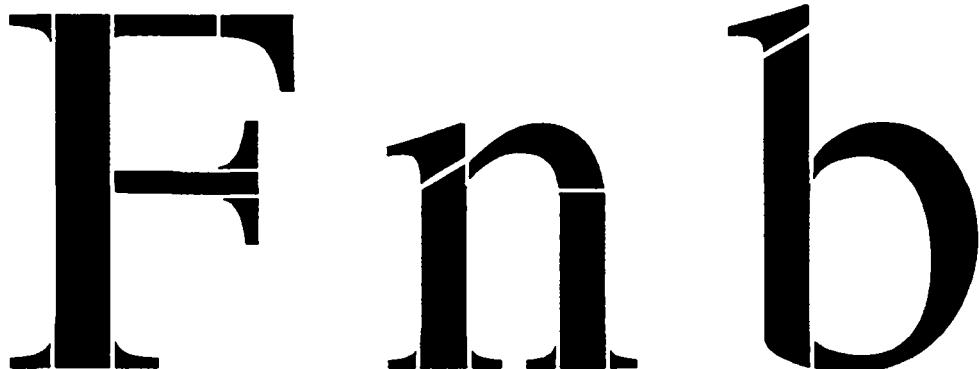


Figure 3.1 Caractères découpés en leurs éléments de structure

Afin de produire des caractères de qualité, des règles d'adaptation du contour à la grille doivent être appliquées sur les caractères (Chapitre 2). L'introduction à la main de ces règles sur chaque caractère de chaque fonte est un travail long et fastidieux. L'introduction automatique de ces règles nécessite la connaissance de la structure des éléments qui composent les caractères. La recherche de ces informations de structure dans une fonte peut se faire par extraction automatique à partir du contour. Dans le cas des fontes latines, la topologie des caractères est connue. Il est possible de décrire, pour chaque caractère, cette information structurelle, dans un modèle topologique.

Des travaux scientifiques antérieurs ont déjà développé des modèles topologiques de caractères. Ces modèles étaient développés principalement dans un but de reconnaissance de caractères. Les modèles utilisaient les caractéristiques topologiques avec un haut pouvoir de discrimination pour faire correspondre un contour inconnu avec l'un des codes ASCII [Eden62], [Feng75], [Shapiro80].

En typographie informatique, différents traitements que l'on désire appliquer sur la forme des caractères (application automatique de règles d'adaptation du contour à la grille, dessin de caractères typographiques assisté par ordinateur, reconnaissance de caractères, modification intelligente de la graisse des caractères) nécessitent une connaissance de la structure topologique. Afin de nous aider à résoudre ces problèmes, nous avons développé un modèle topologique des caractères de l'alphabet latin. Une syntaxe particulière permet de décrire la structure et la topologie de chaque caractère. Notre but est de faire correspondre à un caractère d'une fonte donnée, son modèle topologique afin d'y localiser les éléments de structure [Hersch91b].

3.1 Similitude entre caractères provenant de différentes fontes

Malgré la diversité des fontes, chaque caractère conserve toujours certaines caractéristiques topologiques. C'est cette similitude entre les différentes formes que peut prendre un caractère, qui nous permet de le reconnaître et de le différencier des autres. Dans le caractère "B" (figure 3.2), on retrouve dans toutes les fontes les mêmes éléments de structure (une barre verticale à la droite de laquelle viennent se connecter deux courbes). La description de ces éléments de structure est à la base du modèle topologique.

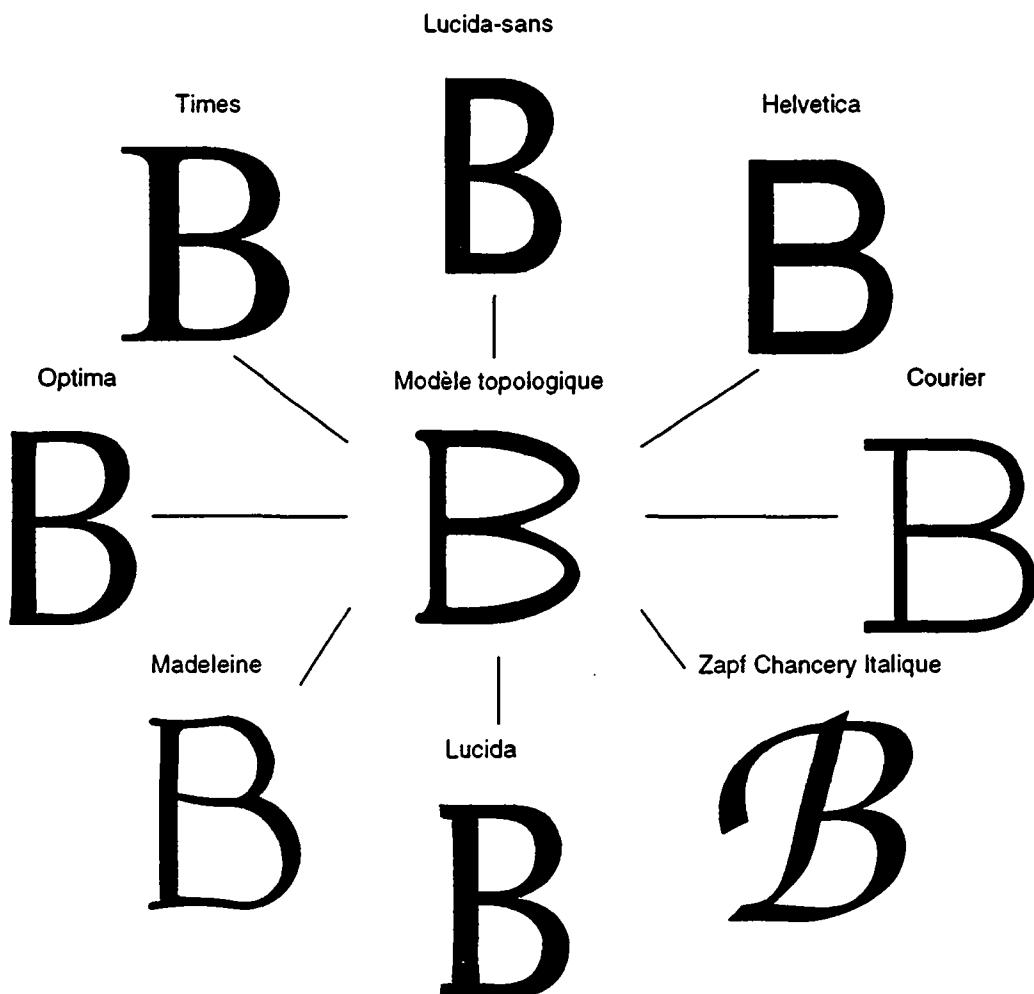


Figure 3.2 Caractère "B", différentes formes pour une même topologie

Certains caractères peuvent être dessinés sous plusieurs formes très différentes les unes des autres. Pour ces caractères, il est nécessaire d'introduire différentes variantes topologiques pour un même caractère. Le caractère "g" peut être dessiné sous deux formes très différentes, une forme arrondie pour la plupart des fontes avec empattements et une forme droite pour les autres fontes (figure 3.3).

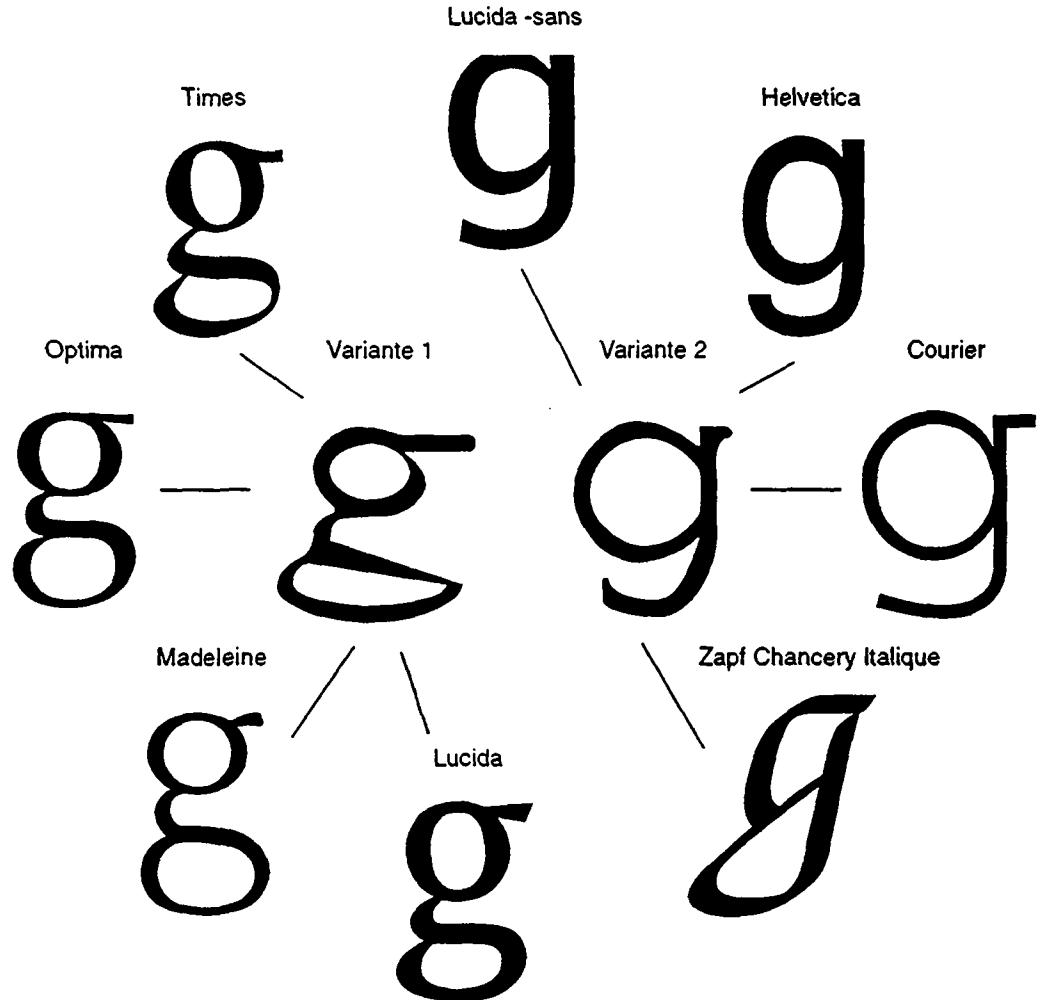


Figure 3.3 Caractère "g", deux variantes topologiques

Pour réaliser un modèle topologique des caractères, deux démarches principales sont possibles, une approche par squelette et une approche par contours. Dans une approche par squelette, la base du modèle topologique est formée par la description des éléments (barres, courbes) qui forment le caractère. Nous avons choisi de décrire notre modèle topologique avec une structure basée sur des contours avec une description très similaire à la description d'une fonte (contours, points de structure et éléments de courbe). Dans notre description topologique les points et les courbes sont remplacés par des *points de structure* et par des *éléments de courbe*. Des points de structure sont introduits à tous les emplacements dans le caractère où une situation géométrique particulière est susceptible d'apparaître. Les coordonnées sont remplacées par des informations de position et de direction. Une information sur le squelette des caractères est ajoutée au-dessus de cette description par contours. Cette description topologique par contours, étant plus proche de la description d'une fonte par coordonnées, cela va nous faciliter par la suite le travail de localisation des points du modèle sur une fonte particulière.

3.2 Description topologique par squelette

Une description topologique par squelette consiste en un graphe du squelette principal du caractère avec les connections, la position relative des éléments ainsi qu'une information sur les éléments optionnels qui peuvent se rajouter entre ces éléments et à côté de ces éléments pour certaines fontes. Dans une telle description le caractère "B" serait décrit comme une barre verticale à la droite de laquelle viennent se connecter deux courbes, l'une sur la moitié supérieure, l'autre sur la moitié inférieure (figure 3.4). Ce squelette principal correspond au minimum des éléments qui sont indispensables à la reconnaissance du caractère. Les différents éléments peuvent également ne pas être reliés mais simplement placés les uns à côté des autres.

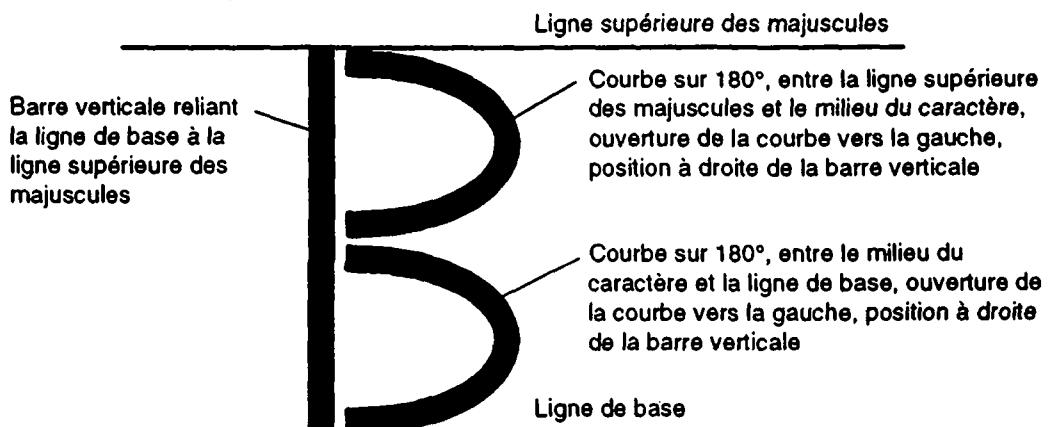


Figure 3.4 Squelette principal de la topologie du caractère "B"

A partir de ce squelette principal, peuvent se rajouter des éléments optionnels (empattements, éléments de jonction, ornements). La liste des éléments optionnels doit être aussi complète que possible pour s'adapter à tous les types de fontes. Dans le cas du caractère "B", ces éléments optionnels sont des éléments de jonction entre les courbes et la barre verticale ainsi que des demi-empattements à gauche de la barre verticale (figure 3.5).

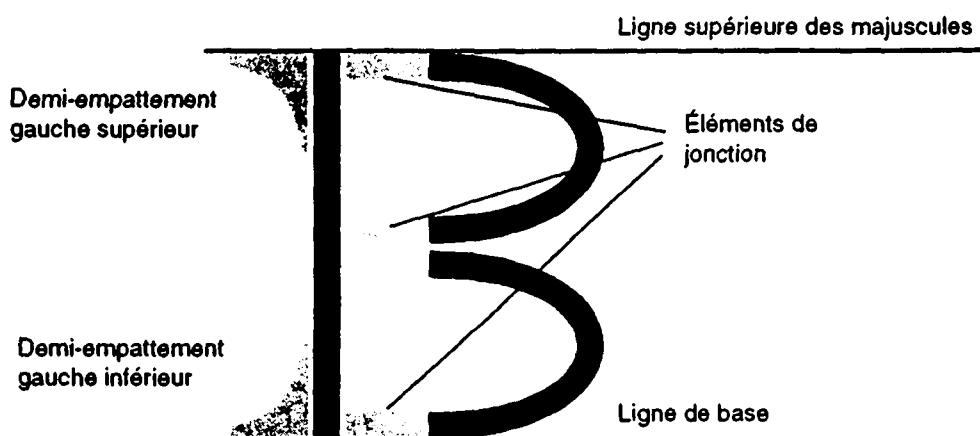


Figure 3.5 Description du squelette du caractère "B", éléments optionnels

Dans le cadre de notre travail, nous avons préféré utiliser, pour les caractères latins, une description topologique par contours plutôt que par squelette. La description topologique par contours est plus proche de la description d'une fonte et va faciliter l'étiquetage automatique de celle-ci (chapitre 4).

3.3 Description topologique par contours

Notre modèle topologique est basé sur une description floue, par contours, de toutes les formes possibles que peut prendre chaque caractère. Cette description est aussi concise que possible dans ses éléments obligatoires et aussi complète que possible dans les détails optionnels qui y sont rattachés.

Les éléments obligatoires sont ceux qui doivent absolument être présents pour que le caractère soit reconnu. Les éléments optionnels correspondent à tous les détails qui peuvent apparaître dans une fonte particulière.

Les contours de notre modèle topologique sont décrits par des points caractéristiques et par les éléments de contours qui relient ces points. Une description de la structure du caractère (barres et courbes) complète le modèle topologique.

3.3.1 Figures et contours qui forment le modèle d'un caractère

Dans notre description, les contours sont classés hiérarchiquement en caractères, variantes, figures et contours. Un caractère peut se dessiner sous différentes variantes (figure 3.3). La variante topologique d'un caractère contient une ou plusieurs figures. Chaque figure est formée d'un contour extérieur et des contours intérieurs qui y sont inclus.

Les *figures* correspondent aux parties de caractère non connectées. Le caractère et son accent forment deux figures différentes. Le signe “%” contient trois figures séparées (figure 3.6).

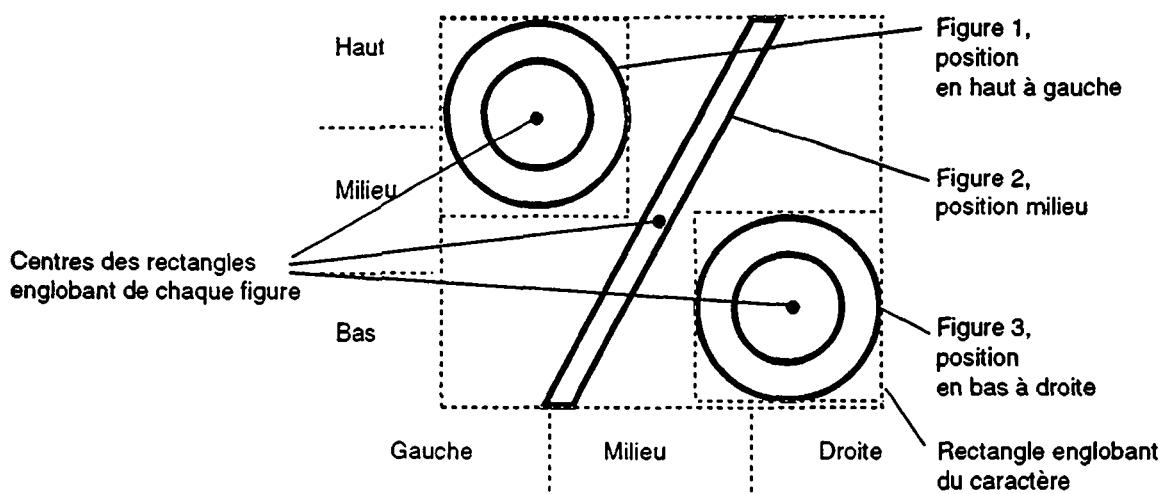


Figure 3.6 Exemple du caractère “%”, composé de trois figures

La position des figures est donnée de manière relative au rectangle englobant du caractère en utilisant une grille de coordonnées simplifiées (*Gauche, Milieu, Droite*) pour la coordonnée horizontale et (*Haut, Milieu, Bas*) pour la coordonnée verticale. L'utilisation de ces coordonnées simplifiées nous permet de donner une relation de position entre les figures afin d'indiquer qu'une figure est plus à droite qu'une autre ou plus en haut qu'une autre.

La valeur de la position des figures est donnée par rapport à la position du centre du rectangle englobant de chaque figure. Horizontalement, la figure la plus à droite aura la position *droite*, la

figure la plus à gauche, la position *gauche* et s'il reste une au milieu, sa position sera *milieu*. Verticalement, la figure la plus en haut aura la position *haut*, la figure la plus en bas, la position *bas* et la figure placée au milieu, la position *milieu*.

Cette grille de position simplifiée est suffisante pour éviter des ambiguïtés dans les caractères des fontes latines mais ne permet pas de traiter correctement des fontes plus complexes comportant plus de trois figures ou de trois contours à l'intérieur de la même figure.

Les *contours* peuvent être de deux types, *intérieurs* ou *extérieurs*. Il ne peut y avoir qu'un contour *extérieur* par figure.

La position des contours est donnée de manière identique aux figures, en utilisant une grille de coordonnées simplifiée (*Gauche*, *Milieu*, *Droite*) pour la coordonnée horizontale et (*Haut*, *Milieu*, *Bas*) pour la coordonnée verticale. La position du contour *extérieur* (un seul par figure) est toujours *milieu*. La grille de coordonnées utilisée pour indiquer la position relative de chaque contour intérieur inclus dans le contour extérieur est donnée par rapport aux bornes du contour extérieur.

Dans le cas où il n'y a qu'un seul contour intérieur, sa position horizontale et verticale est *milieu*. Si plusieurs contours intérieurs sont inclus dans le contour extérieur, l'utilisation de leur position relative permet de les classer selon leurs positions horizontales et verticales.

La position des contours intérieurs est donnée par rapport à la position du centre du rectangle englobant de chaque contour. Horizontalement, le contour le plus à droite aura la position *droite*, le contour le plus à gauche, la position *gauche* et s'il reste un au milieu, sa position sera *milieu*. Verticalement, le contour le plus en haut aura la position *haut*, le contour le plus en bas, la position *bas* et le contour placé au milieu, la position *milieu*.

Le caractère "B" est formé d'une seule figure qui comporte un contour *extérieur*. Ce contour *extérieur* contient deux contours *intérieurs*, l'un placé en *haut* et l'autre en *bas* par rapport au contour *extérieur* (figure 3.7).

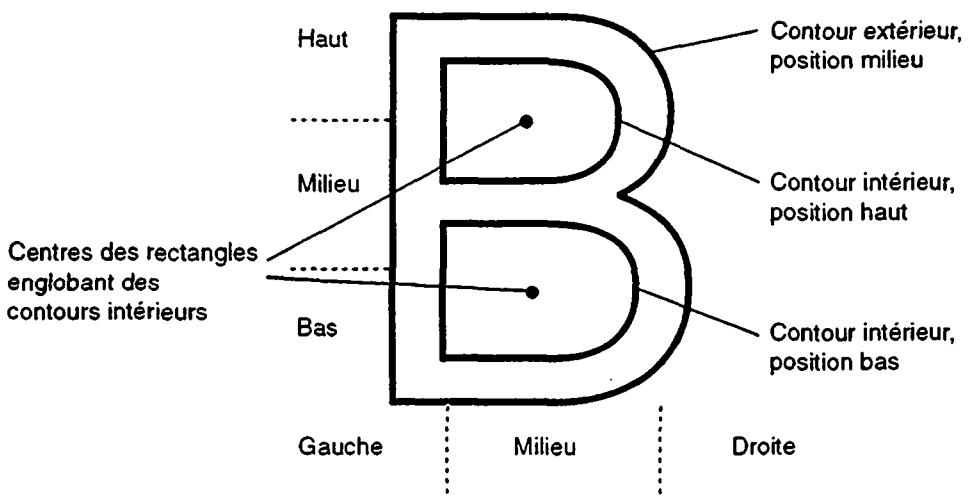


Figure 3.7 Position relative des contours, caractère "B"

3.3.2 Points de structure

Les contours de notre description topologique sont orientés dans le sens des aiguilles d'une montre pour les contours extérieurs et dans le sens inverse pour les contours intérieurs. Ces contours sont composés de points de structure. Les points de structure sont numérotés en suivant l'orientation des contours avec le premier point placé généralement en bas à gauche. Lors de la recherche de la correspondance entre les points d'une fonte et les points de structure de la description topologique, chaque point de structure doit correspondre à un seul point dans le caractère de la fonte particulière. Pour cette raison, nous avons introduit dans notre modèle autant de points de structure que comporterait la fonte latine la plus compliquée (à l'exception des fontes ornementales et de celles reproduisant une écriture manuscrite).

Des points de structure sont introduits à tous les endroits dans le contour du caractère où une situation topologique particulière peut se produire. Ces situations peuvent être des points extrêmes horizontaux ou verticaux, des points d'inflexion, des changements brusques de courbure. Dans le caractère "B", des points de structure sont introduits à tous les emplacements où un point extrême, suivant la coordonnée horizontale ou verticale, peut être présent. (figure 3.8).

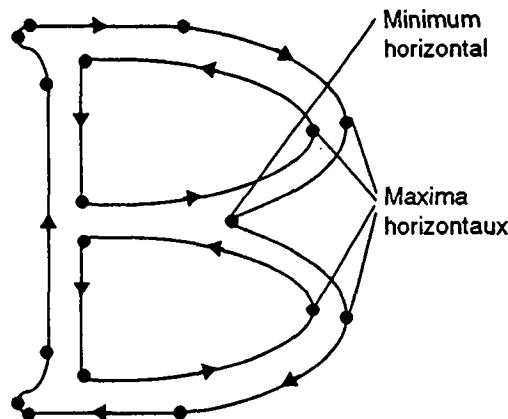


Figure 3.8 Modèle du caractère "B", points extrêmes horizontaux et verticaux

Les points de départ et d'arrivée des segments horizontaux, verticaux et diagonaux et des éléments de courbes sont introduits dans la liste des points de structure (figure 3.9).

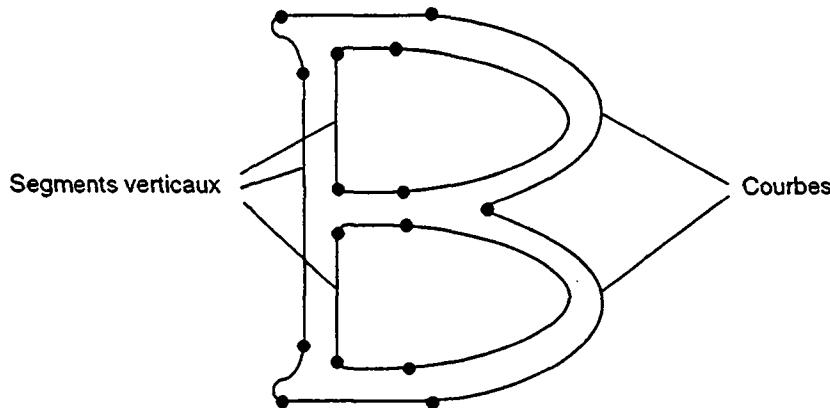


Figure 3.9 Modèle du caractère "B", points de départ et d'arrivée des éléments de courbes

A chaque endroit où deux éléments de courbe se joignent sans être tangents, le point de structure est dédoublé afin d'introduire un élément de jonction entre les éléments de courbe (figure 3.10).

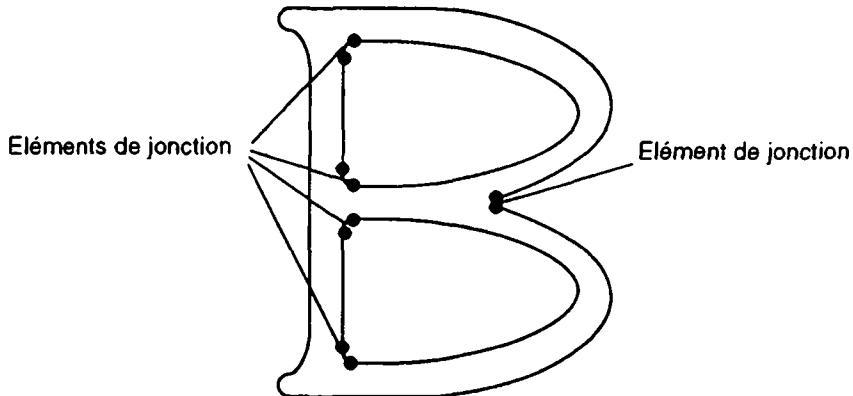


Figure 3.10 Modèle du caractère "B", points de jonction dédoublés

Aux emplacements où un demi-empattement peut venir se raccrocher sur une barre, quatre points de structure sont introduits, les points de départ et d'arrivée de l'empattement et deux points intermédiaires. Ces quatre points sont utiles pour contrôler l'épaisseur et la longueur de l'empattement lors de l'application des règles d'adaptation du contour à la grille (figure 3.11).

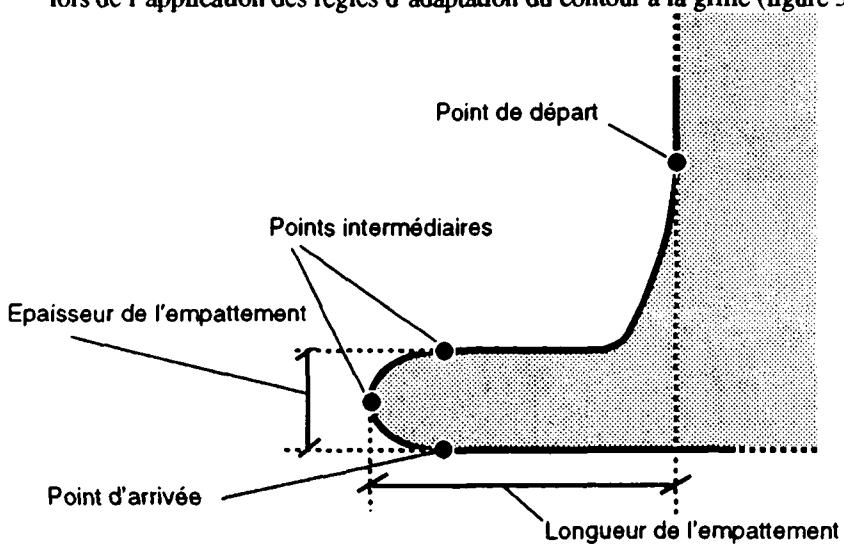


Figure 3.11 Points de structure introduits dans un élément de type empattement

Le contour extérieur de la description topologique du caractère "B" est formé de 13 points de structure (figure 3.12).

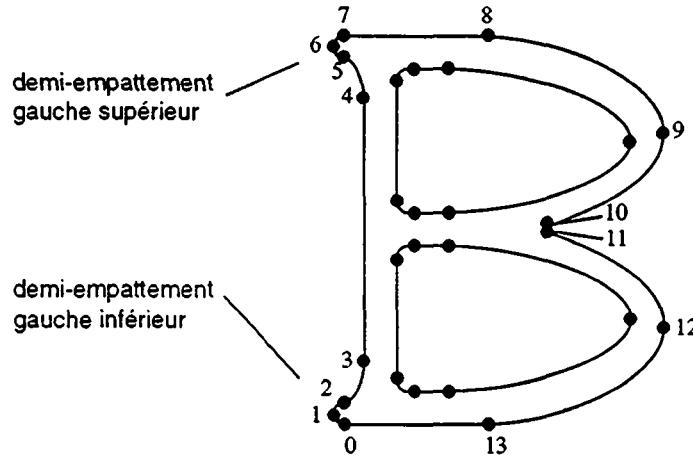


Figure 3.12 Modèle du caractère "B", avec tous ses points de structure

3.3.2.1 Position des points de structure

La position des points de structure est donnée en utilisant une grille de coordonnées simplifiée. Cette position doit être à la fois suffisamment vague pour pouvoir correspondre à toutes les situations possibles et suffisamment précise pour permettre de lever toute ambiguïté. Entre les caractères d'une fonte ayant des barres très minces et ceux d'une fonte ayant des barres très épaisses, la différence de position peut être importante. Ce qui est conservé entre des fontes très diverses, c'est le rapport des positions entre les points de structure et l'ordre dans lequel sont placés les différents éléments suivant l'axe horizontal et vertical.

Une partie des points de structure doivent, pour des raisons topologiques, être liés à une ligne de référence. Les lignes de référence que nous utilisons pour notre description topologique des caractères de l'alphabet latin sont:

- La ligne de base (BaseLine)
- La ligne supérieure des majuscules (CapsLine)
- La ligne supérieure des minuscules (xHeightLine)
- La ligne inférieure des descendantes (DescenderLine)
- La ligne supérieure des ascendantes (AscenderLine)
- La ligne supérieure des chiffres (DigitHeightLine)

A chaque ligne de référence est liée une correction optique (figure 3.13). Pour donner l'illusion d'avoir la même hauteur, les caractères arrondis doivent avoir une hauteur légèrement supérieure aux autres.

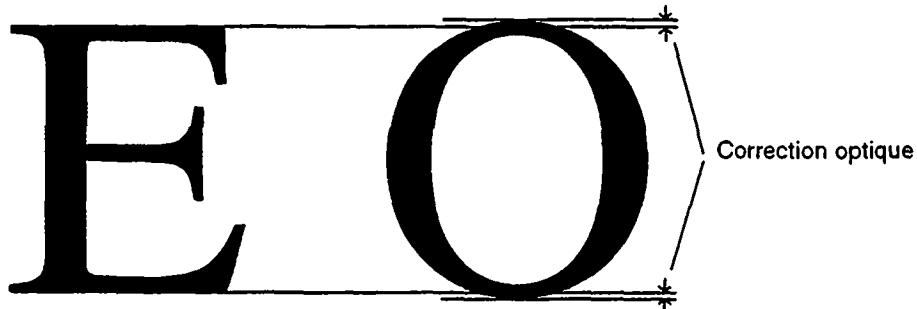


Figure 3.13 Correction optique sur les caractères courbes

La coordonnée verticale de tous les points de structure qui doivent se trouver soit sur une ligne de référence soit dans la zone de correction optique d'une ligne de référence prend la valeur de cette ligne ou de sa correction optique. Dans l'exemple de la description topologique du caractère "B", les points de structure 7 et 8 sont placés sur la ligne supérieure des majuscules alors que les points 0 et 13 sont placés sur la ligne de base (figure 3.14).

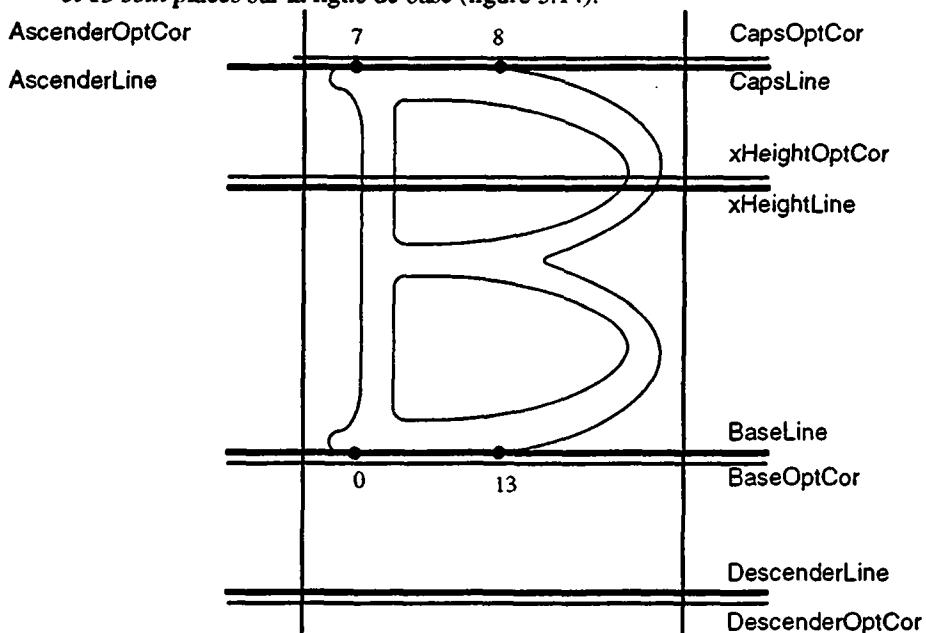


Figure 3.14 Position verticale des points de structure sur les lignes de référence

Pour les autres points de structure, leurs positions sont données par rapport à une grille, de coordonnées, simplifiée. L'espace entre les lignes de référence et entre les coordonnées horizontales extrêmes du caractère est découpé en différentes zones. Ces zones sont identifiées par des constantes de positions horizontales (*inf, bas, milieu, haut, sup*) et verticales (*mininf, inf, bas, milieu, haut, sup*).

La position d'un point de structure est déterminée par l'ensemble des positions horizontales et verticales qu'il peut prendre par rapport à notre grille de position simplifiée. Si un point, dans les diffé-

rentes fontes, peut être placé à des positions qui correspondent à plusieurs valeurs dans notre grille, ces valeurs sont cumulées (figure 3.15).

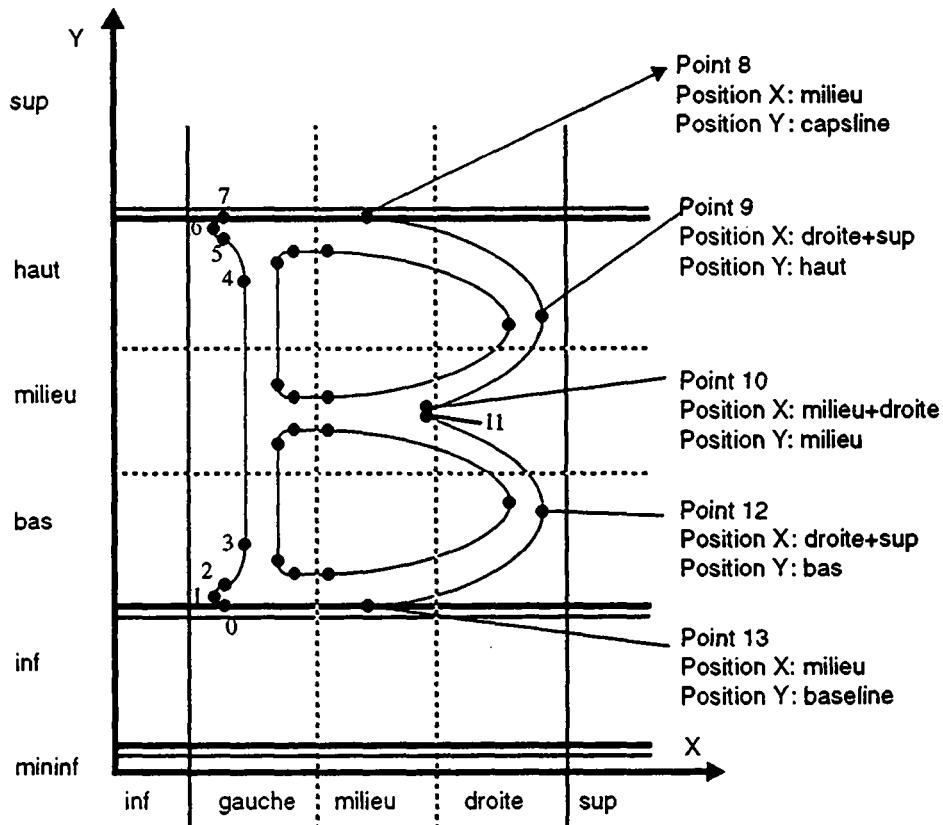


Figure 3.15 Grille de position des points de structure

La coordonnée verticale des points de structure peut prendre la valeur de l'une des lignes de référence (*DescenderLine*, *BaseLine*, *xHeightLine*, *CapsLine*, *AscenderLine* ou *DigitLine*), la valeur de l'une des lignes de correction optique (*DescenderOptCor*, *BaseOptCor*, *xHeightOptCor*, *CapsOptCor*, *AscenderOptCor* ou *DigitOptCor*) ou une combinaison des constantes de positions verticales (*mininf*, *inf*, *bas*, *milieu*, *haut*, *sup*).

La coordonnée horizontale des points de structure peut prendre comme valeur une combinaison des constantes de positions horizontales (*inf*, *gauche*, *milieu*, *droite*, *sup*).

3.3.2.2 Type des points de structure

Le type de point associé à chaque point de structure nous indique si ce point possède une caractéristique géométrique particulière (point extrême suivant l'une des directions horizontale ou verticale, point d'inflexion, point de tangence). Ce type de point est divisé en deux éléments, une information caractéristique horizontale et une autre verticale.

Les informations géométriques qui nous intéressent pour caractériser les points spéciaux sont les points extrêmes dans l'une des directions, les points d'inflexion (changement d'orientation de la

courbure), les points tangents (points de liaison entre une partie courbe et une partie droite sans discontinuité de tangence), les points de changement brusque de courbure et les points de jonction.

Le type d'un point de structure horizontal et celui d'un point de structure vertical peuvent prendre comme valeur une combinaison des constantes qui caractérisent les points particuliers (*minimum*, *maximum*, *infexion*, *jonction*, *tangent*, *changement de courbure*).

Les points extrêmes (*minimum* et *maximum*) peuvent être *locaux* ou *globaux*. Un point de structure n'est mis comme *extremum global* que s'il est absolument certain que, dans toutes les formes possibles, ce point est toujours le point le plus extrême du contour dans la direction considérée.

Le même point de structure pourrait être un *extremum* à la fois horizontal et vertical. Dans la description topologique, nous évitons ce cas en dédoublant ce point de structure et en insérant un élément de jonction entre les deux.

Dans le caractère "B", seul le maximum horizontal sur la boucle inférieure est un *extremum global* (figure 3.16). De part la topologie du caractère "B", la taille de la boucle inférieure doit être plus grande ou égale à celle de la boucle supérieure pour toutes les fontes.

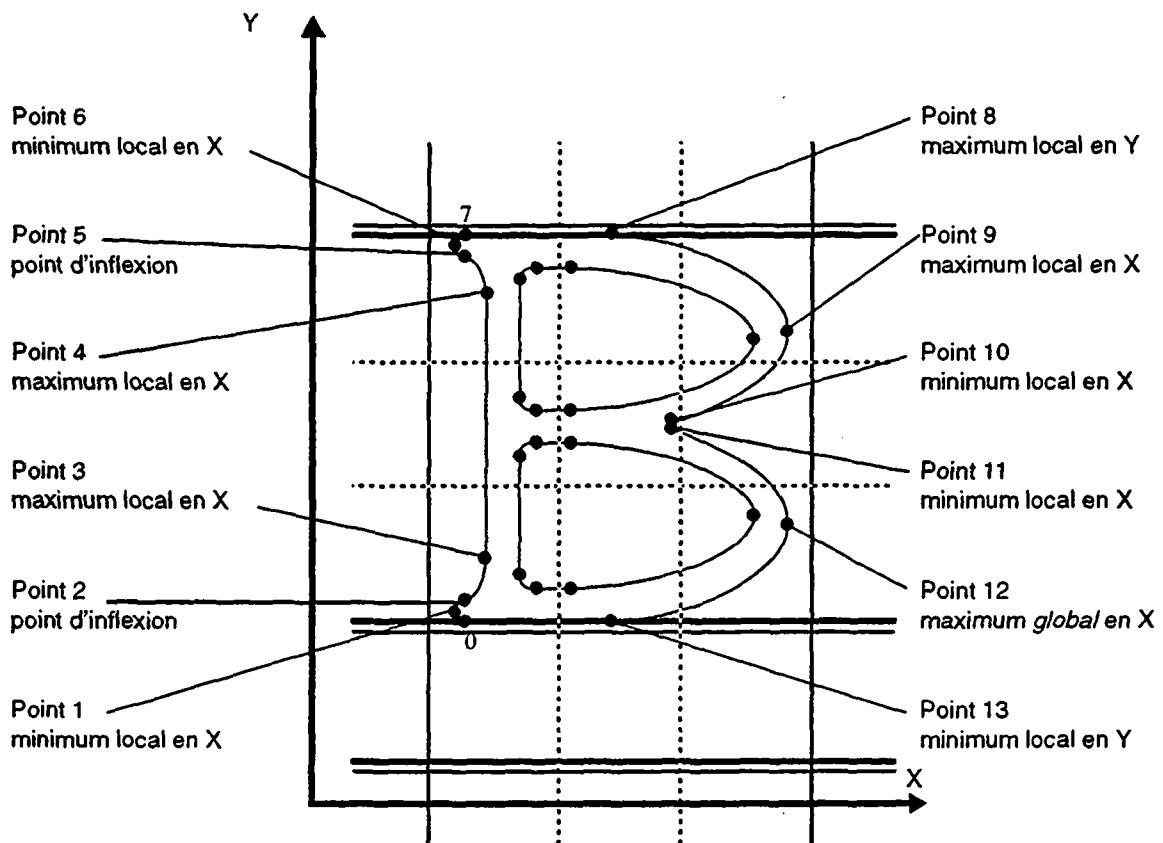


Figure 3.16 Caractère "B", type des points de structure du contour externe

3.3.3 Éléments de courbe caractéristiques

Les points de structure de notre description topologique sont reliés entre eux par des courbes caractéristiques. Ces courbes caractéristiques correspondent à des morceaux du contour ayant des caractéristiques géométriques particulières.

Une courbe caractéristique part d'un point de structure pour arriver à un autre point de structure. Les courbes caractéristiques qui composent l'un des contours d'une figure se suivent de manière continue et forment ensemble un contour fermé.

3.3.3.1 Type de courbe caractéristique

Les courbes caractéristiques peuvent être de différents types (figure 3.17):

- Segment vertical
- Segment horizontal
- Segment diagonal
- Morceau de courbe (arc sur un quadrant)
- Empattement
- Elément de jonction
- Segment nul

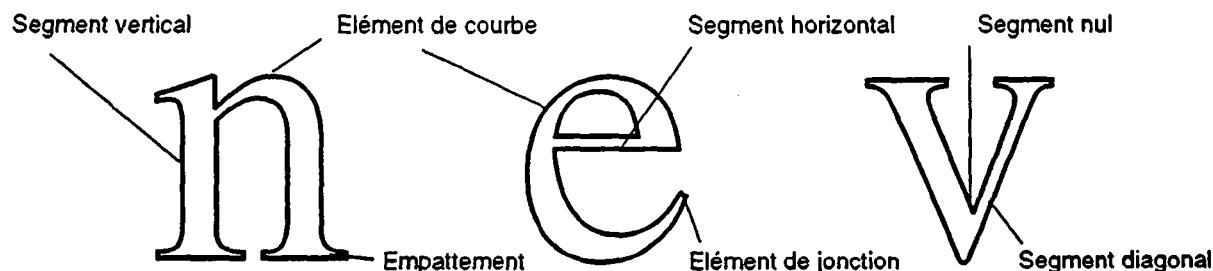


Figure 3.17 Courbes caractéristiques servant à décrire le contour des caractères

Les éléments de type *segment vertical*, *horizontal* et *diagonal* peuvent avoir la caractéristique *long*. Cette caractéristique indique que le segment doit être obligatoirement présent dans le caractère et que sa longueur doit être importante (supérieure à un tiers de la hauteur du caractère, figure 3.18).

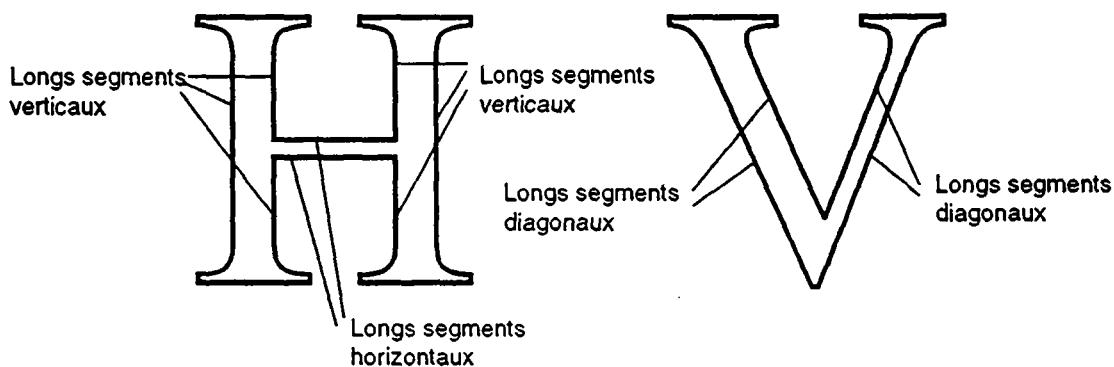


Figure 3.18 Courbes caractéristiques de type long segment

Dans des fontes où les barres ne sont pas délimitées par des segments rectilignes mais par de longues courbes très plates, la caractéristique *long segment* nous permet de bien différencier les morceaux de courbes faisant partie des empattements aux longs éléments de la structure du caractère (figure 3.19).

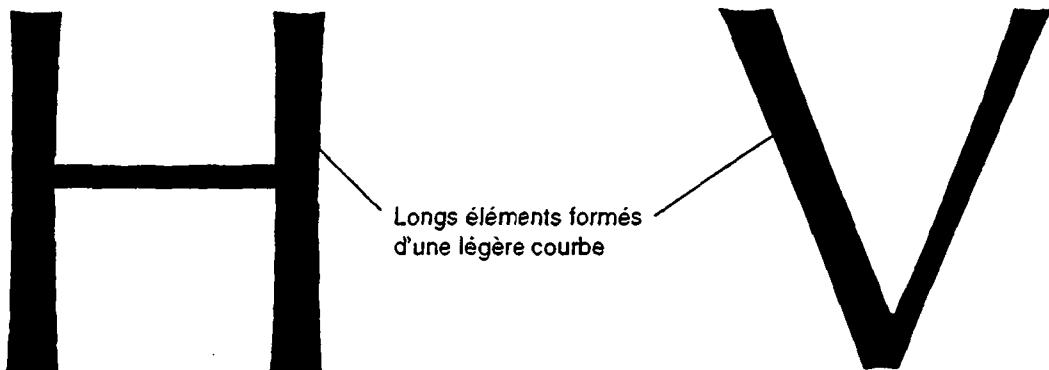


Figure 3.19 Fonte Optima, longues barres formées d'éléments courbes très plats

Les éléments de type courbe sont découpés aux points extrêmes horizontaux et verticaux et aux points d'inflexion. Un élément de type courbe ne peut pas se trouver sur plus d'un quadrant (figure 3.20).

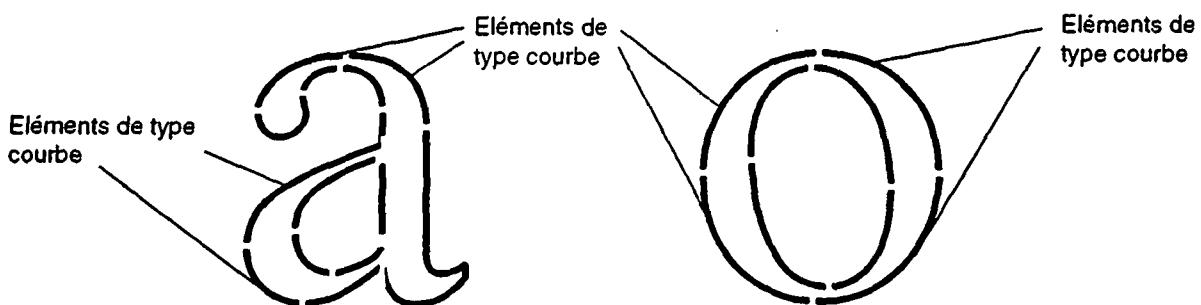


Figure 3.20 Eléments de type courbe

Les éléments de jonction sont introduits dans la description topologique des caractères à chaque endroit où deux éléments de courbe se joignent sans être tangents (figure 3.21).

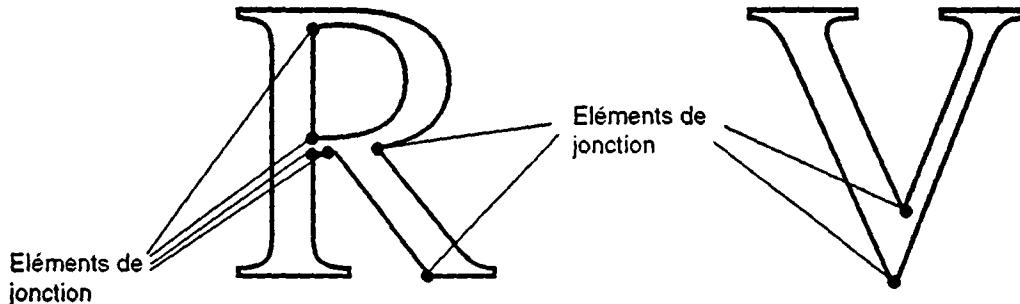


Figure 3.21 Eléments de jonction

Les éléments de structure composant le squelette du caractère commencent (attaque) ou se terminent (terminaison) par une forme particulière. Ces formes terminales sont appelées *empattements*. Dans notre description topologique nous avons introduits différents types d'empattements: empattement de pied, empattement de tête, empattement vertical ou empattement en forme de goutte (figure 3.22).

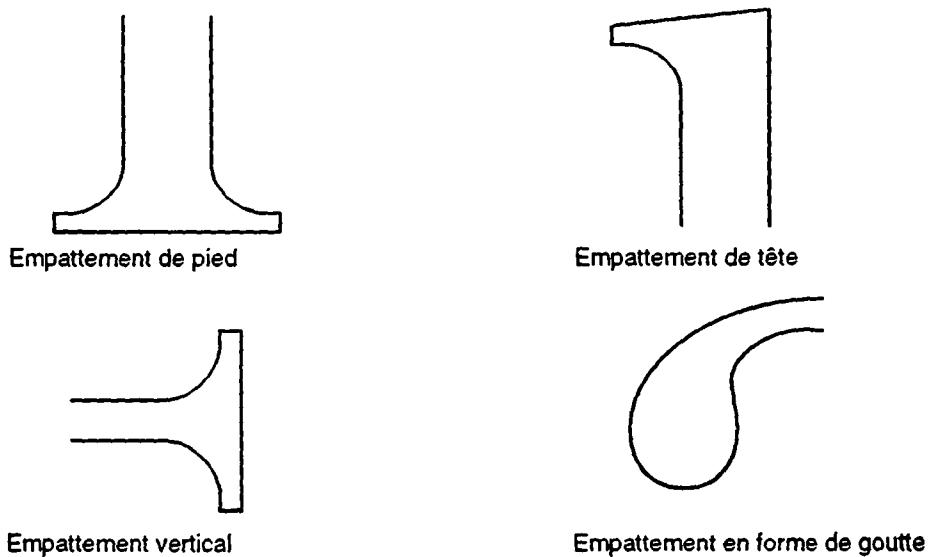


Figure 3.22 Type d'empattements

Des *segments nuls* sont introduits à certains emplacements dans les caractères qui sont formés de barres diagonales afin de faciliter l'application des règles d'adaptation du contour à la grille. Dans le cas de caractères formés de barres diagonales, il est nécessaire de dédoubler le point de jonction entre les deux diagonales pour pouvoir contrôler séparément ces deux diagonales sans changer leurs pentes. Le point d'intersection de ces deux diagonales est ensuite calculé pour éliminer le segment. Les segments nuls sont introduits directement dans la description topologique pour pouvoir les localiser lors de la recherche topologique et les introduire dans la description de la fonte lors de l'application automatique des règles d'adaptation du contour à la grille (chapitre 2). Dans le carac-

tère "V", un élément de courbe de type segment nul est introduit entre les deux diagonales intérieures (figure 3.23).

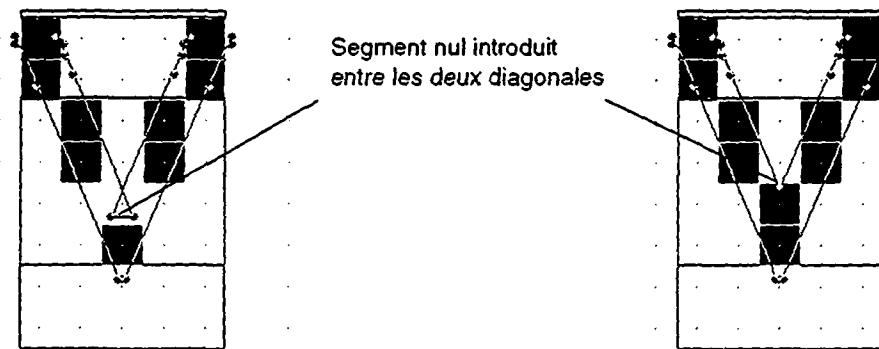


Figure 3.23 Segment nul introduit dans le caractère "V", détail des étapes intermédiaires de l'application des règles d'adaptation du contour à la grille.

Le contour extérieur du caractère "B" est composé de 10 courbes caractéristiques. Ces courbes relient de manière continue les 14 points de structure (figure 3.24).

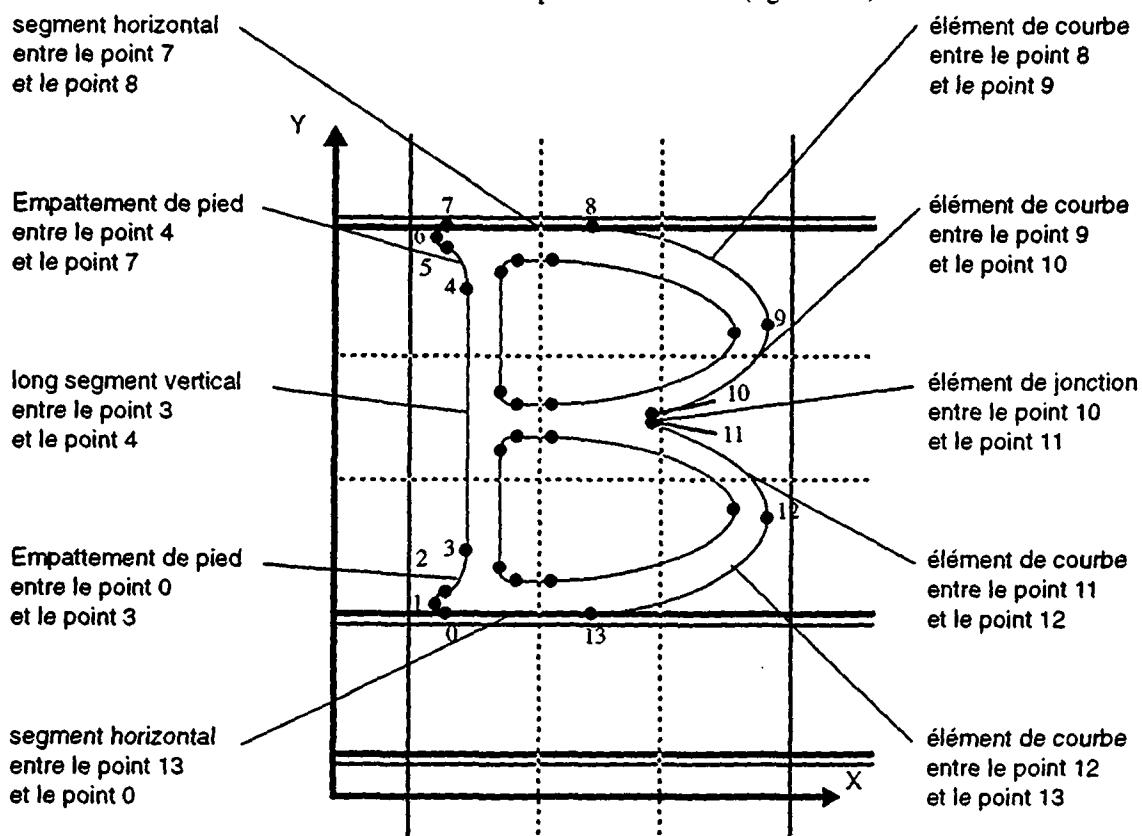


Figure 3.24 Caractère "B", courbes caractéristiques du contour extérieur

3.3.3.2 Orientation des courbes caractéristiques

L'orientation et la direction des courbes caractéristiques sont données soit par une combinaison de constantes de direction (*haut, bas, gauche, droite*) soit, pour les arcs, par une indication du numéro de quadrant (*quadrant1, quadrant2, quadrant3, quadrant4*) et une indication d'orientation (*positif, négatif*).

L'orientation d'un *segment* indique dans quelle direction va le segment (figure 3.25). Un segment horizontal peut être dirigé soit vers la *droite* soit vers la *gauche*. Un segment vertical peut être dirigé soit vers le *haut* soit vers le *bas*. Pour les segments diagonaux, la direction est donnée par la combinaison de deux directions (*haut+droite, haut+gauche, bas+droite, bas+gauche*).

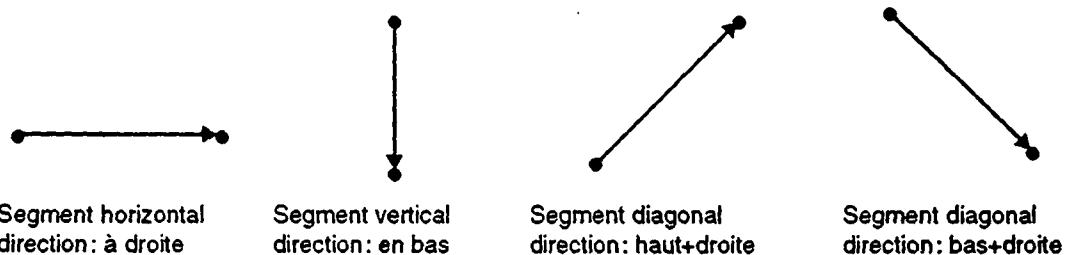


Figure 3.25 Direction des éléments de courbe de type segment

Les segments diagonaux peuvent, dans certains cas, n'avoir qu'une seule direction. Les parties du contour des caractères qui sont dans la plupart des fontes presque horizontaux ou presque verticaux, mais pouvant aussi avoir une direction diagonale sont représentées dans le modèle par un élément de type segment diagonal avec une seule direction (figure 3.26).

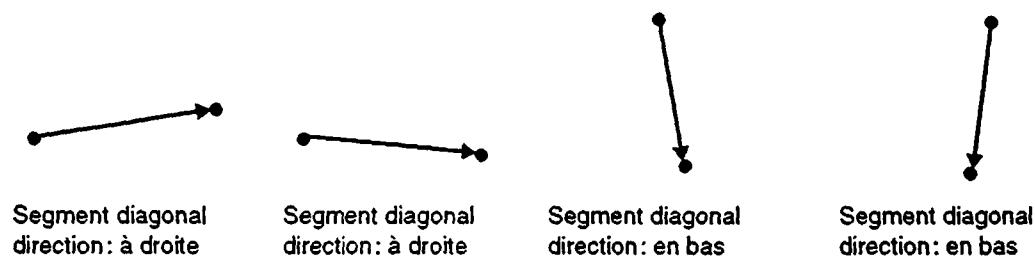


Figure 3.26 Segment de type diagonal avec une direction presque horizontale ou verticale

Un élément de courbe de notre modèle ne contient jamais de points extrêmes horizontaux et verticaux et de points d'inflexion en son milieu. Les éléments de type courbe sont donc toujours entièrement inclus dans un seul quadrant. Le numéro de quadrant est utilisé pour indiquer la direction d'un élément de courbe (figure 3.27).

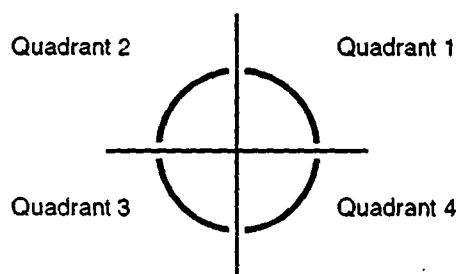


Figure 3.27 Direction d'un élément de type courbe donnée par son numéro de quadrant

L'indication de direction est complétée par une information d'orientation. L'orientation positive correspond à une courbe qui tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et l'orientation négative correspond à une courbe qui tourne dans le sens des aiguilles d'une montre (figure 3.28).



Figure 3.28 Orientation d'un élément de type courbe

L'orientation des *empattements* est donnée, comme pour les segments, par la direction que prend la courbe entre le point de départ et celui d'arrivée de l'élément de type empattement.

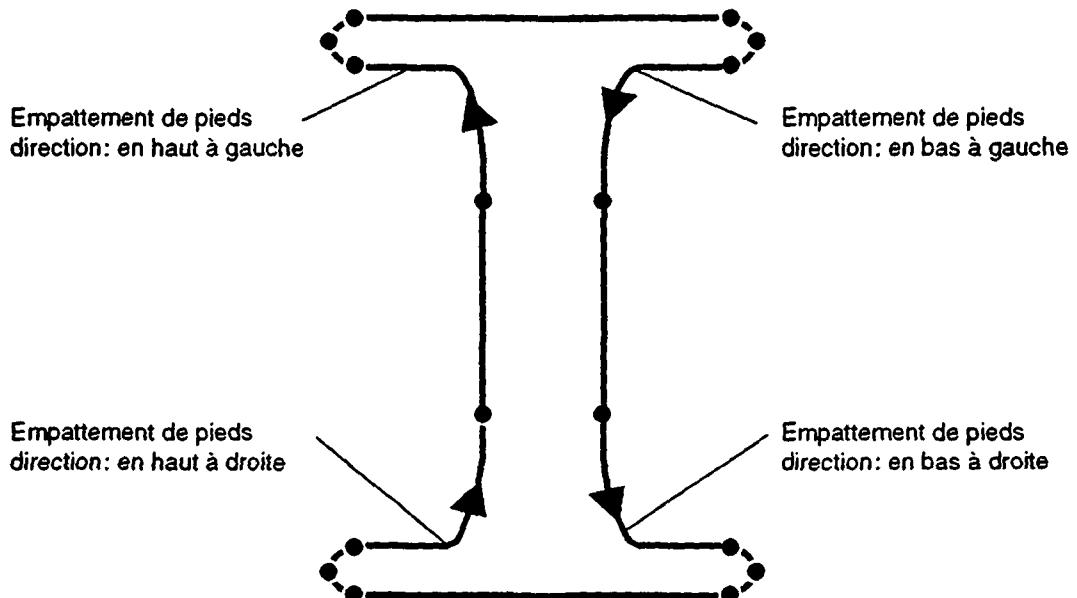


Figure 3.29 Direction des éléments de type empattement

L'orientation et la direction des *éléments de jonction* sont données, comme pour les segments, par la direction que prend la courbe entre le point de départ et d'arrivée de l'élément de jonction (figure 3.30). Pour les éléments de jonction qui peuvent être arrondis, cette indication de direction est complétée par une indication d'orientation de la courbe (positif ou négatif).



Figure 3.30 Direction et orientation des éléments de jonction

Le contour extérieur des caractères tourne dans le sens des aiguilles d'une montre. L'orientation et la direction des courbes caractéristiques du caractère "B" sont données par rapport à cette orientation (figure 3.31).

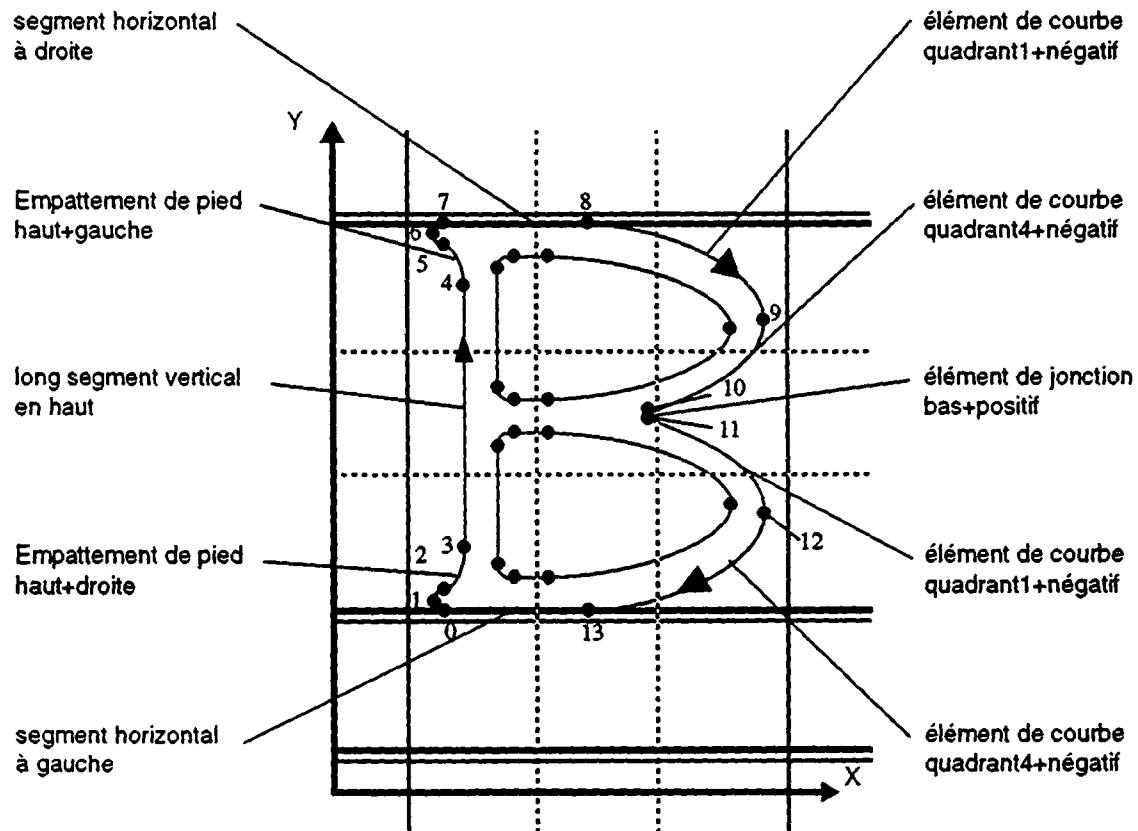


Figure 3.31 Caractère "B", direction des courbes caractéristiques

3.3.3.3 Informations complémentaires sur la géométrie des courbes

Dans le cadre d'un projet de recherche sur l'extraction du contour de caractères numérisés [Gonczarowski91], le modèle topologique est utilisé, dans une phase de filtrage du contour, pour connaître la topologie des caractères et ainsi traiter de manière différente chaque sorte d'éléments de courbe. Pour ce projet, des informations supplémentaires ont été rajoutées aux courbes caractéristiques du modèle.

Lors de l'extraction du contour à partir de la sortie d'un scanner, il est souvent difficile de déterminer la forme que doivent avoir les éléments de jonction. Une indication de l'angle entre l'élément qui précède et celui qui suit l'élément de jonction (*droit, obtus, aigu*) et de la géométrie de l'élé-

ment de jonction (*pointu, arrondi, quelconque*) à été ajoutée à la description des éléments de jonction du modèle topologique (figure 3.32).

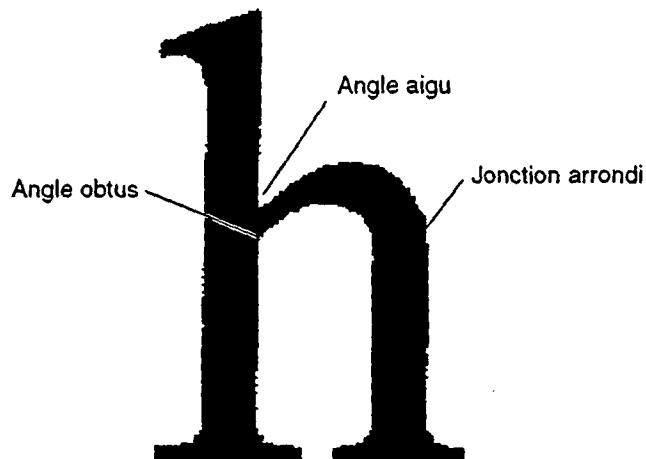


Figure 3.32 Caractère "h" numérisé à 75 dpi, caractéristiques des éléments de jonction

3.3.4 Éléments de structure

La description topologique par points de structure et courbes caractéristiques ne suffit pas à décrire complètement la topologie des caractères. Il manque à cette description une information sur le squelette du caractère (figure 3.33). Le squelette correspond aux éléments de courbes qui permettraient de décrire un caractère dessiné par des traits.

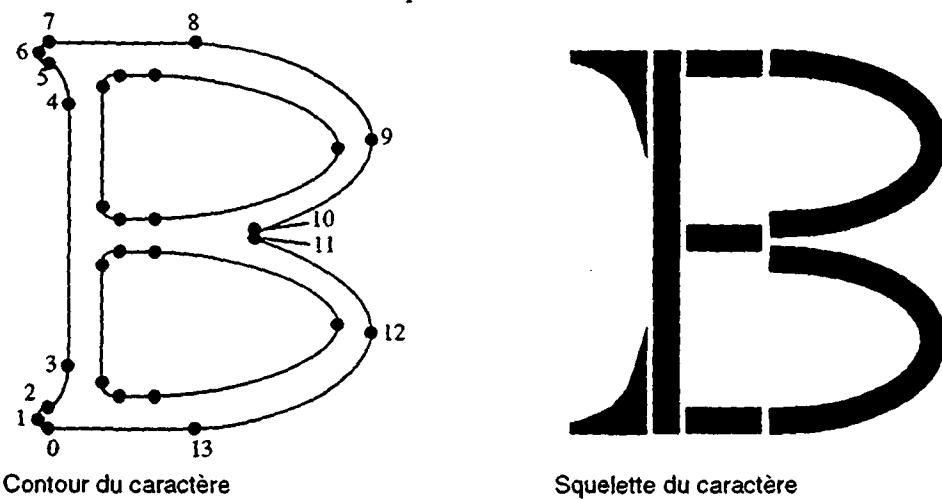


Figure 3.33 Topologie du caractère "B", contour et squelette

Une description des éléments de structure a été ajoutée à la description topologique par contours. Cette description se base sur la numérotation des points topologiques afin de décrire les éléments de structure principaux du caractère.

Les éléments de structure que nous avons introduits dans le modèle sont les barres verticales, horizontales et diagonales et les éléments de courbe (figure 3.34).

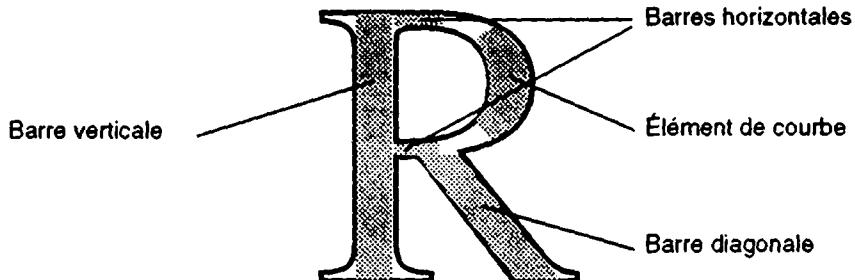


Figure 3.34 Eléments de structure

Les éléments de structure horizontaux peuvent être liés à une ligne de référence (figure 3.35).

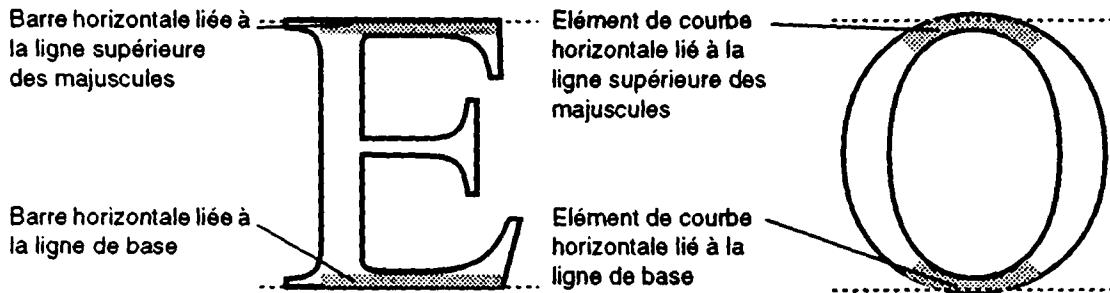


Figure 3.35 Eléments de structure liés à des lignes de référence

Les éléments de structure sont généralement décrits par 4 points, les points de départ et d'arrivée du 1^{er} côté et les points de départ et d'arrivée du 2^{ème} côté de l'élément. Dans le cas particulier des éléments de structure de type *élément de courbe*, ces éléments sont décrits par deux points, les points extrêmes intérieur et extérieur de l'élément de courbe.

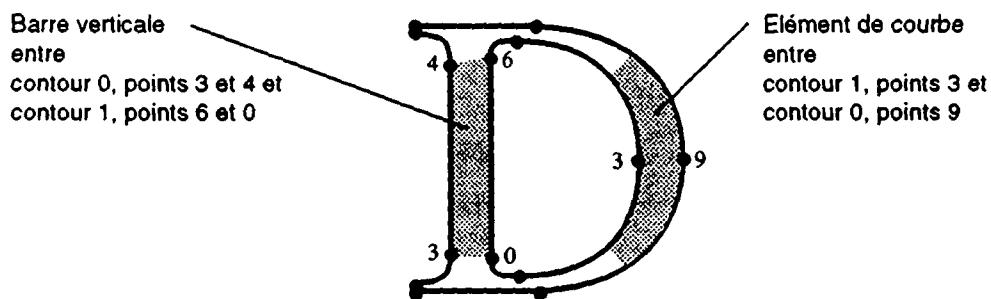


Figure 3.36 Caractère "D", barre verticale et élément de courbe

Plusieurs éléments de structure peuvent être alignés de manière continue et ne former qu'un seul élément. La syntaxe de la description des éléments de structure utilise un fanion spécial pour indiquer que deux ou plusieurs éléments de structure se suivent en préservant la continuité. L'information de continuité nous indique que le prochain élément de structure est aligné avec l'élément

courant. Dans l'exemple du caractère "X", les barres diagonales qui forment le caractère sont décomposées en deux éléments diagonaux qui se prolongent l'une de l'autre (figure 3.37).

Barre diagonale descendante entre
contour 0, points 5 et 6 et
contour 0, points 13 et 14

prolongée par:

Barre diagonale descendante entre
contour 0, points 33 et 34 et
contour 0, points 25 et 26

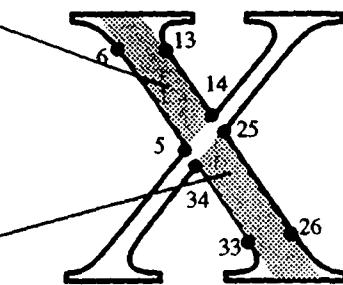


Figure 3.37 Caractère "X", continuité entre les éléments diagonaux

Le squelette du caractère "B" est composé d'une barre verticale à la droite de laquelle viennent se relier deux éléments de courbe (figure 3.38).

Barre verticale entre
contour 0, points 3 et 4 et
contour 1, points 6 et 0

Ces deux barres
verticales sont dans
le même
prolongement

Barre verticale entre
contour 0, points 3 et 4 et
contour 2, points 6 et 0

Barre horizontale entre
contour 0, points 13 et 0 et
contour 2, points 1 et 2
- liée à la ligne de base

Barre horizontale entre
contour 1, points 4 et 5 et
contour 0, points 7 et 8
- liée à la ligne supérieure des majuscules

Elément de courbe verticale
contour 1, point 3 et
contour 0, point 9

Barre horizontale entre
contour 2, points 4 et 5 et
contour 1, points 1 et 2

Elément de courbe verticale
contour 2, point 3 et
contour 0, point 12

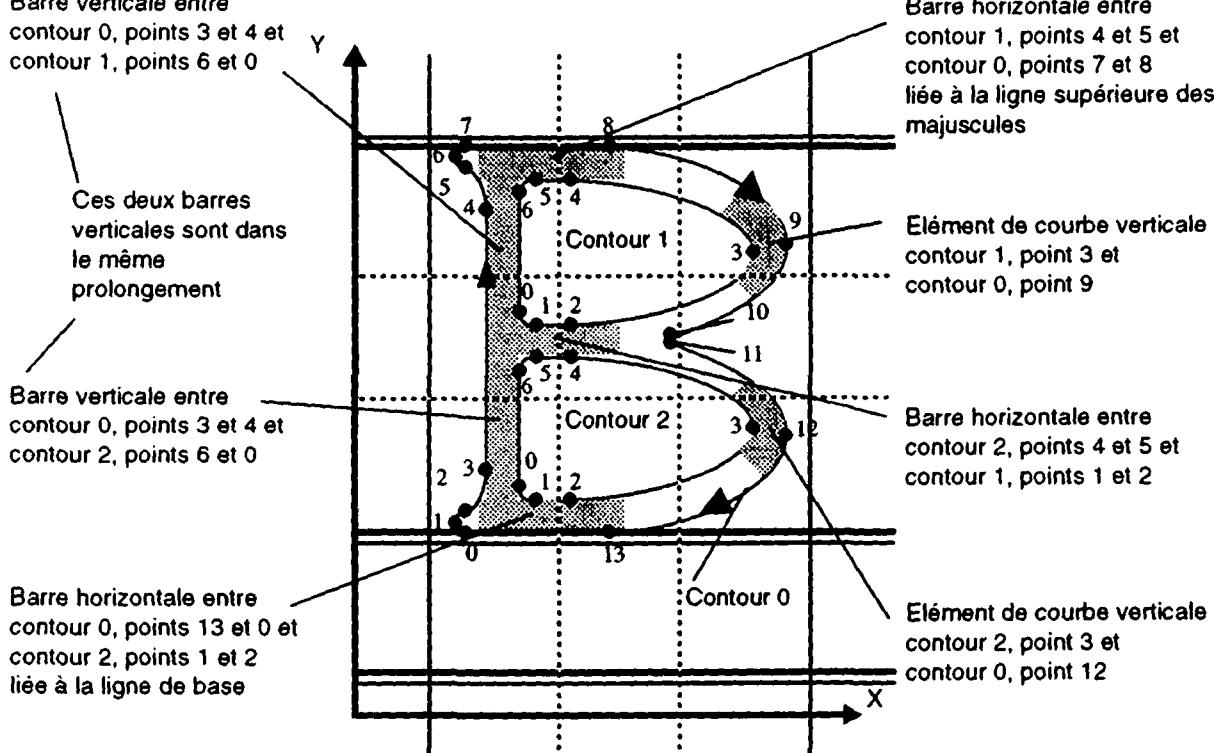


Figure 3.38 Caractère "B", éléments de structure

3.4 Règles d'adaptation du contour associées au modèle

Des règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets ont été associées au modèle topologique. Ces règles sont identiques à celle décrites au chapitre 2. Elles sont basées sur la numérotation des points de la structure topologique. Les règles d'adaptation du contour associées à la

description topologique sont les plus complètes possibles afin de s'adapter à tous les types de fontes. Elles sont prévues à la fois pour des fontes romanes et italiques, avec et sans empattements. Les règles qui sont inutiles pour une fonte particulière sont filtrées au moment de l'application automatique des contraintes lors de l'étiquetage automatique des fontes (chapitre 4).

3.5 Représentation graphique de la description topologique

Afin de valider et de vérifier notre modèle topologique, nous avons développé un programme permettant de représenter graphiquement la description topologique des caractères sous la forme d'une fonte particulière.

Des constantes sont choisies pour la position des différentes lignes de référence horizontales et pour la largeur des lettres. A partir de ces valeurs, des coordonnées sont assignées aux différents noeuds de notre grille de coordonnées de position. Les points de structure qui composent la description topologique sont placés sur cette grille selon leur information de position. Les points sont reliés entre eux par des segments (figure 3.39).



Figure 3.39 Caractères "B" et "g", position des points de structure sur la grille

Des constantes sont définies pour l'épaisseur des différents éléments de structures (barres horizontales, verticales et diagonales, éléments de courbe). Dans les éléments de type courbe, l'épaisseur est introduite entre les points extrêmes (point intérieur et point extérieur à l'élément de courbe). Les points de structure se trouvant de chaque côté des éléments de structure sont déplacés symétriquement afin de respecter l'épaisseur donnée. Pour les éléments liés à une ligne de référence, seuls les éléments qui ne sont pas liés à la ligne de référence sont déplacés afin de respecter la position du caractère par rapport aux lignes de référence (figure 3.40).

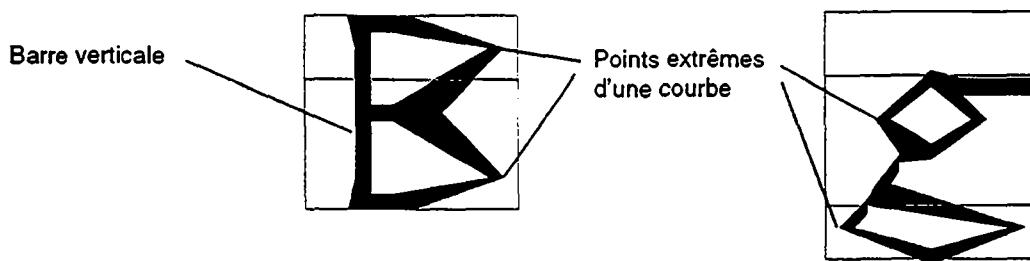


Figure 3.40 Caractères "B" et "g", contrôle de l'épaisseur des éléments de structure

Une forme prédéfinie est appliquée sur tous les éléments de type empattement (figure 3.41).

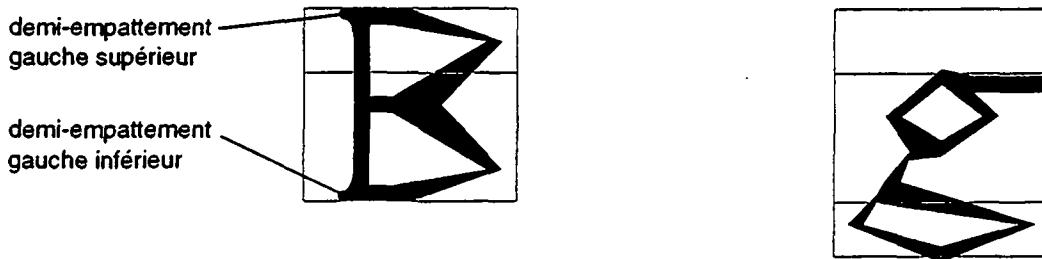


Figure 3.41 Caractères “B” et “g”, forme des éléments de type empattement

Les éléments de structure de type courbe sont passés en revue. Les points extrêmes de chaque courbe sont placés exactement au milieu entre les points de départ et d’arrivée de la courbe. Dans les éléments de courbe, les segments qui relient les points de départ des courbes aux points extrêmes des courbes sont remplacés par des courbes de Bézier dont les tangentes aux points de départ et d’arrivée sont horizontales ou verticales (figure 3.42).

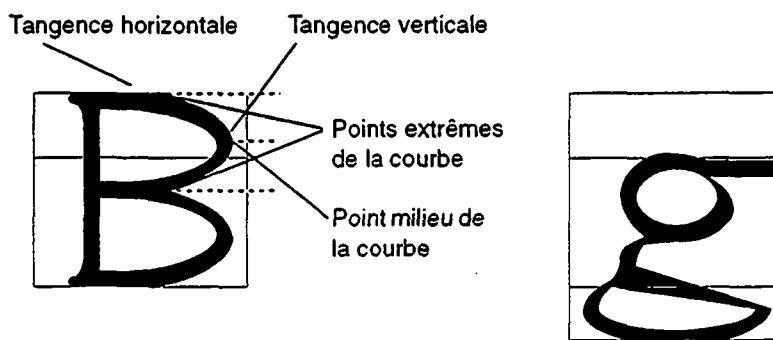


Figure 3.42 Caractères “B” et “g”, éléments de type courbe

Dans une dernière étape, une longueur et une forme arrondie sont données aux éléments de jonction (figure 3.43).

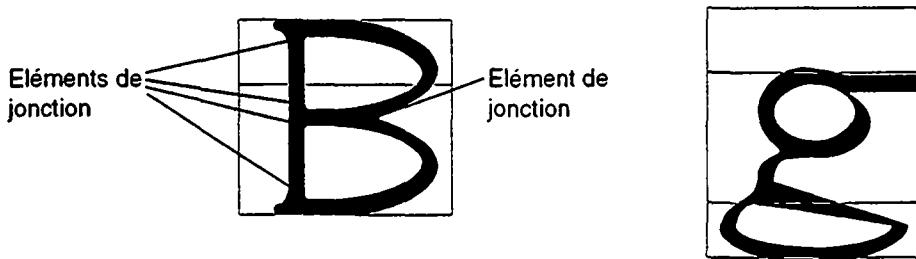


Figure 3.43 Caractères “B” et “g”, représentation graphique de la description topologique

Le programme de représentation graphique du modèle topographique sous la forme d’une fonte spéciale, utilise des paramètres très simplifiés pour définir les caractéristiques typographiques de cette représentation.

Une recherche des paramètres spécifiques qui caractérisent chaque fonte (dimensions des différents éléments, rapports de distance et d’épaisseur, forme typique de chaque sorte d’élément) permettrait

de développer une nouvelle manière de décrire les fontes typographiques. Les fontes typographiques pourraient être décrites sous la forme d'un modèle topologique général auquel sont associés des paramètres particuliers pour chaque fonte concrète.

Une extension du programme de représentation graphique du modèle topographique, associée aux paramètres caractéristiques d'une fonte particulière, permettrait d'obtenir le contour d'une fonte typographique d'un certain type (Times, Helvetica).

La représentation graphique de la description topologique que nous obtenons, bien qu'elle n'ait aucune qualité typographique, semble être un début prometteur dans cette voie (figure 3.44).

Hamburgefon

Figure 3.44 Mot "Hamburgefon" écrit en utilisant la représentation graphique de la description topologique

3.6 Conclusions et limitations

La combinaison des points de structure, des courbes caractéristiques et des éléments de structure, nous donne un modèle topologique relativement complet des caractères de fontes latines.

La description topologique par contours possède l'avantage de faciliter la correspondance entre le modèle et le contour d'une fonte particulière. Des topologies très semblables nécessitent cependant l'utilisation de variantes différentes dès qu'une légère modification de la forme entraîne l'ouverture d'un contour. Le nombre de contours intérieurs et extérieurs, dans ce cas, diffère et les deux topologies ne peuvent plus être reconnues comme identiques (figure 3.45).



Figure 3.45 Exemple de topologies différentes en raison de l'ouverture de la forme, caractère "P"

La topologie des lettres majuscules, minuscules, des chiffres et de quelques signes des fontes latines a été décrite et testée sous forme informatique dans le cadre de cette recherche [Betrisey93c].

L'information associée au modèle est validée par sa visualisation dans une représentation graphique. Des études pourraient s'appuyer sur ce modèle pour définir les paramètres respectifs de fontes différentes (Times, Helvetica, Optima).

Modèle topologique des fontes latines

CHAPITRE 4 Etiquetage automatique des fontes typographiques

Dans le chapitre 3, nous avons décrit le modèle topologique que nous avons développé pour les fontes latines. L'intérêt de ce modèle réside dans la possibilité de localiser les éléments qui y sont décrits dans chaque fonte particulière. Nous avons développé un programme d'étiquetage automatique des fontes. Ce programme permet, dans chaque fonte typographique, de localiser les points qui correspondent aux points de structure de notre description topologique.

Dans l'exemple de la description topologique du caractère "B" (figure 4.1), le programme recherche, pour chacun des 14 points de structure qui servent à décrire son contour externe, quels sont les points qui leur correspondent, pour une fonte particulière, parmi les points de support qui servent à décrire la fonte.

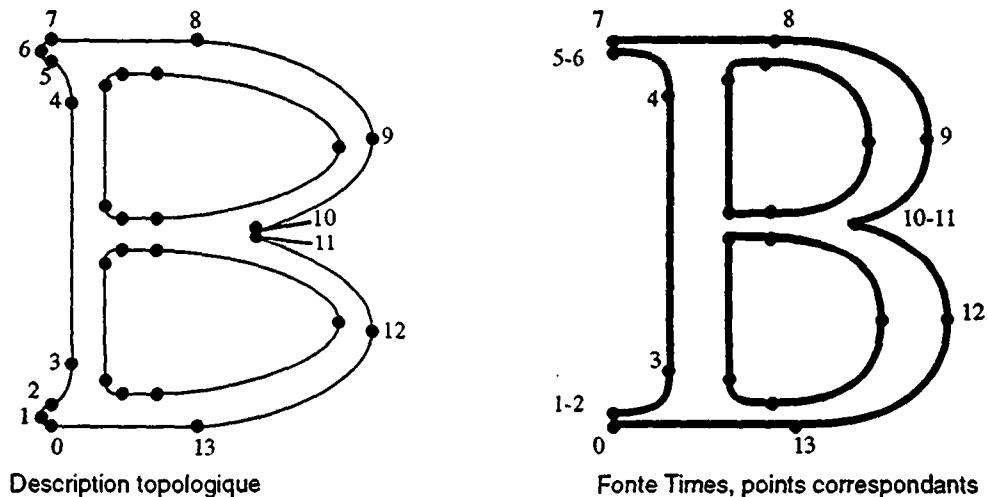


Figure 4.1 Etiquetage d'une fonte particulière à partir du modèle

La recherche de correspondance entre un modèle topologique et le contour d'un caractère a déjà fait l'objet de recherches antérieures [Eden62], [Feng75], [Shapiro80]. Ces recherches avaient pour but la reconnaissance de caractères. Comme dans notre cas le problème consiste à faire correspondre un modèle avec un caractère connu, le problème de l'étiquetage se limite à trouver la correspondance entre les contours et les points caractéristiques.

L'étiquetage automatique des fontes doit permettre, pour chaque caractère de la fonte examinée, d'obtenir une information sur le numéro de variante auquel il correspond. Pour toutes les figures, tous les contours et tous les points qui servent à décrire cette fonte, nous voulons connaître les figures, les contours et les points de structure de la description topologique qui leur correspondent. L'étiquetage automatique appliqué à un caractère particulier donne comme résultat, soit une table de correspondance, soit éventuellement un échec si le caractère de la fonte examiné est trop différent des variantes du modèle topologique.

4.1 Recherche de la variante topologique

En fonction des fontes et des familles de fontes, certains caractères peuvent être dessinés sous des formes très différentes les unes des autres. Dans le modèle topologique des fontes latines, un même caractère peut être décrit par plusieurs variantes. Le tableau ci dessous (figure 4.2) représente les différentes variantes que nous avons introduites dans le modèle topologique des fontes ainsi que les fontes dans lesquelles on peut trouver ces variantes.

Variant 1	a	g	i	j	s	t	w	J	S	W	3	6	9	%	&	\$
Variant 2	ɑ	g	i	j	s	t	w	J	S	W	3	6	9	%	&	\$
Variant 3					t	w		W						&		
Times	a	g	i	j	s	t	w	J	S	W	3	6	9	%	&	\$
Helvetica	a	g	i	j	s	t	w	J	S	W	3	6	9	%	&	\$
Lucida	a	g	i	j	s	t	w	J	S	W	3	6	9	%	&	\$
Lucida Sans	a	g	i	j	s	t	w	J	S	W	3	6	9	%	&	\$
Courier	a	g	i	j	s	t	w	J	S	W	3	6	9	%	&	\$
Madeleine	a	g	i	j	s	t	w	J	S	W	3	6	9	%	&	\$
Avant Garde	ɑ	g	i	j	s	t	w	J	S	W	3	6	9	%	&	\$
Haas Unica	a	g	i	j	s	t	w	J	S	W	3	6	9	%	&	\$

Figure 4.2 Description topologique des fontes latines, variantes topologiques

Pour les fontes les plus répandues, nous avons introduit dans une table la variante topologique qui doit être utilisée lors de l'étiquetage automatique. Pour ces fontes, la recherche de la variante correspondante se fait par une simple consultation de cette table.

Pour les autres fontes, les différentes variantes sont essayées l'une après l'autre dans l'ordre et la première variante que l'on arrive à faire correspondre au caractère particulier est choisie.

De par la manière de décrire la topologie des caractères par contours (paragraphe 3.3), les variantes correspondent le plus souvent à des situations où le nombre de figures ou de contours sont différents en raison d'une ouverture dans la forme. Dans ce cas, le choix de la variante peut se faire rapidement en regardant dans quelle variante le nombre de figures et de contours correspond au nombre de figures et de contours dans la fonte examinée. Si une seule des variantes peut correspondre en fonction du nombre de contours et de figures, cette variante est choisie directement.

Dans d'autres caractères, les variantes correspondent à des différences de forme plus subtiles (élément ornamental supplémentaire, position d'un élément différente, forme très différente avec un nombre de contour identique). Dans ces différents cas, il est plus difficile de choisir la variante correcte. Actuellement, la recherche de la variante se borne à essayer chaque variante, l'une après l'autre et à s'arrêter à la première variante qui peut correspondre à la fonte examinée. Avec une telle méthode, il est possible de se tromper de variante.

Ce risque d'erreur est limité en choisissant soigneusement l'ordre dans lequel les variantes sont introduites dans la description topologique. Les variantes sont ordonnées de la plus générale à la plus particulière. La position géométrique de certains points de la structure topologique est rendue

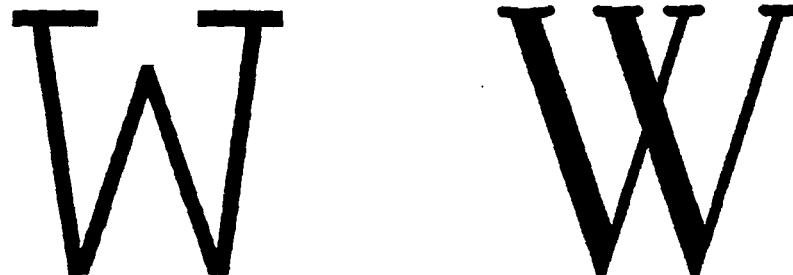
plus stricte, dans les caractères avec variantes, afin de provoquer le rejet lors d'une tentative de reconnaissance avec une variante incorrecte.

Le caractère "W" est l'un des caractères pour lequel la recherche de la variante correcte est la plus difficile. Le contour du caractère "W" est formé par la composition de deux caractères "V". Ces deux formes peuvent se croiser de manière très diverses (figure 4.3).



Variante1: Times

Variante2: Lucida



Variante3: Courier

Variante4: Madeleine

Figure 4.3 Caractère "W", variantes topologiques différentes

Le modèle topologique est utilisé pour appliquer automatiquement des règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets. Les domaines d'application des règles d'adaptation qui doivent être appliquées sur ces quatre variantes sont trop différents pour être associés à une seule variante topologique. Ces quatre variantes doivent donc être décrites séparément dans la description topologique.

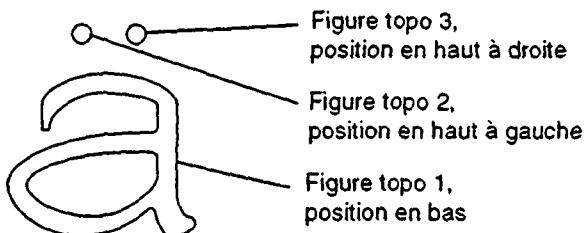
Les variantes du caractère "W" sont essayées lors de l'étiquetage automatique dans l'ordre de la figure 4.3. Pour le caractère "W", la recherche de correspondance entre une fonte de variante 2 avec la variante 1 échouerait, car les points topologiques qui font partie de l'empattement supérieur de la barre diagonale du milieu seraient associés aux points de l'empattement de la barre diagonale de droite, et ainsi d'autres points n'auraient plus de candidats. Les fontes de type variante 4 échoueraient lors des essais de reconnaissance avec les variantes 1, 2 et 3, car les points qui forment l'empattement supérieur supplémentaire n'auraient pas de correspondance dans les autres variantes.

4.1.1 Localisation des figures topologiques

Nous cherchons à faire correspondre les figures de la description topologique avec les figures de la fonte examinée. Dans le cas d'un caractère ne comportant qu'une seule figure, la correspondance se fait directement entre la figure de la description topologique et la figure de la fonte examinée. Si le nombre de figures de la variante de la description topologique ne correspond pas au nombre de figure de la fonte examinée, la recherche s'arrête avec un échec pour cette variante.

Dans le cas d'un caractère formé de plusieurs figures, on va utiliser l'information de position relative des figures de la description topologique et la coordonnée du point milieu du rectangle englobant de chaque figure de la fonte examinée. Ces informations permettent de classer horizontalement et verticalement les figures de la description topologique et les figures de la fonte examinée. L'ordre de position des figures de la fonte topologique et l'ordre de position des figures de la fonte examinée sont comparés pour en déduire la correspondance entre les figures de la description topologique et les figures de la fonte considérée.

Les figures de la description topologique sont ordonnées horizontalement (*TopoFigPositionX*) et verticalement (*TopoFigPositionY*) suivant l'ordre croissant de leur information de position horizontale et verticale (figure 4.4)

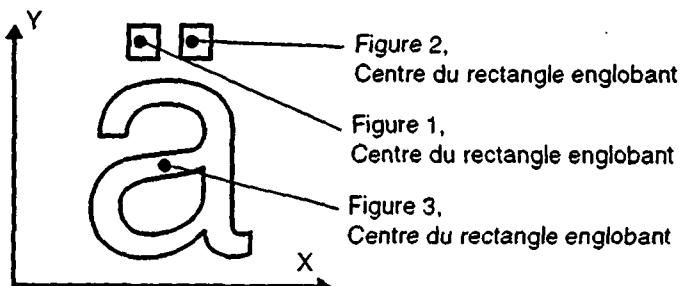


TopoFigPositionX: TopoFig2 < TopoFig1 < TopoFig3

TopoFigPositionY: TopoFig1 < TopoFig2 et
TopoFig1 < TopoFig3

Figure 4.4 Relation de position entre les figures du modèle topologique, caractère "a"

Les figures de la fonte examinée sont ordonnées horizontalement (*FontFigPositionX*) et verticalement (*FontFigPositionY*) suivant l'ordre croissant des coordonnées du point milieu du rectangle englobant de chaque figure (figure 4.5).



FontFigPositionX: FontFig1 < FontFig3 < FontFig2

FontFigPositionY: FontFig3 < FontFig1 et
FontFig3 < FontFig2

Figure 4.5 Position relative des figures, caractère "a", fonte Helvetica

A partir de l'ordre horizontal des figures de la description topologique (*TopoFigPositionX*) et de l'ordre horizontal des figures de la fonte examinée (*FontFigPositionX*), la liste des couples de correspondances (*No de figure topologique*, *No de figure dans la fonte*) qui respectent cet ordre horizontal des figures est extraite (*FigMatchX*). De la même manière, la liste des couples de correspondances qui respectent l'ordre vertical (*FigMatchY*) est extraite (figure 4.6).

FigMatchX:	TopoFig1 \Rightarrow FontFig1	FigMatchY:	TopoFig1 \Rightarrow FontFig3
	TopoFig1 \Rightarrow FontFig2		TopoFig2 \Rightarrow FontFig1
	TopoFig1 \Rightarrow FontFig3		TopoFig3 \Rightarrow FontFig2
	TopoFig2 \Rightarrow FontFig1		TopoFig2 \Rightarrow FontFig1
	TopoFig2 \Rightarrow FontFig3		TopoFig3 \Rightarrow FontFig2
	TopoFig3 \Rightarrow FontFig3		
	TopoFig3 \Rightarrow FontFig2		

Figure 4.6 Liste de correspondance entre les figures de la description topologique et les figures d'une fonte particulière suivant les critères horizontaux et verticaux, caractère “ä”, fonte Helvetica

Chacune de ces deux listes (*FigMatchX* et *FigMatchY*) peut contenir plusieurs possibilités de correspondance entre un numéro de la figure topologique et des numéros de figure dans la fonte examinée.

La liste des possibilités de correspondance suivant l'axe horizontal (*FigMatchX*) et celle suivant l'axe vertical (*FigMatchY*) sont ensuite intersectées pour obtenir la liste de correspondance (*FigMatchList*). Cette liste nous permet d'étiqueter les figures de la fonte examinée (figure 4.7).

FigMatchList:	TopoFig1 \Rightarrow FontFig3
	TopoFig2 \Rightarrow FontFig1
	TopoFig3 \Rightarrow FontFig2

Figure 4.7 Liste de correspondance entre les figures de la description topologique et les figures d'une fonte particulière, caractère “ä”, fonte Helvetica

Dans les caractères des fontes latines, les constantes de position horizontales (*gauche*, *milieu*, *droite*) et verticales (*bas*, *milieu*, *haut*) suffisent pour décrire, dans le modèle topologique, de manière non ambiguë la position relative de chaque figure et obtenir comme résultat une relation bijective entre l'ensemble des figures de la description topologique et l'ensemble des figures de la fonte examinée.

Pour pouvoir étiqueter des figures dans un cas plus général, pour un nombre de figures plus important, il faudrait introduire un graphe des relations horizontales et verticales entre figures (la figure 1 est à droite de la figure 2, la figure 3 est en dessous de la figure 2,...) et prévoir des situations particulières comme des figures partiellement ou complètement incluses l'une dans l'autre.

4.2 Localisation des contours topologiques

Nous cherchons à faire correspondre les contours inclus dans les différentes figures de la description topologique avec les contours inclus dans les figures de la fonte examinée. Pour chaque figure de la fonte examinée, nous allons mettre en relation les contours qui en font partie avec les contours faisant partie de la figure de la description topologique qui lui correspond.

Les contours peuvent être extérieurs ou intérieurs. La détection des contours intérieurs et extérieurs a fait l'objet d'un projet de semestre [Huyn88]. Cette recherche est basée sur l'intersection d'une demi-droite horizontale partant d'un point du contour examiné avec les autres contours. Dans une situation où les contours ne se croisent pas et ne s'intersectent pas, la parité du nombre d'intersections de cette demi-droite avec les autres contours indique si le contour est intérieur ou extérieur (figure 4.8).

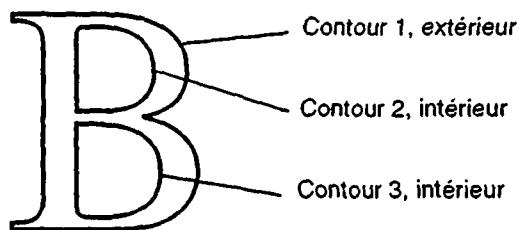


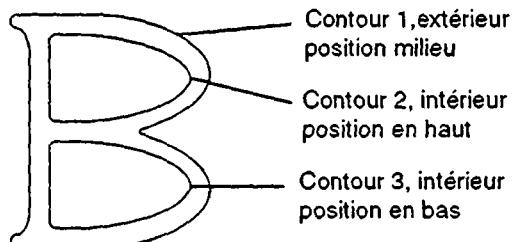
Figure 4.8 Contours intérieurs et extérieurs d'une figure, caractère "B", fonte Times

De par la définition que nous donnons aux figures, chaque figure contient un seul contour extérieur. Le contour extérieur d'une figure de la description topologique est donc mis en relation avec le contour extérieur de la figure correspondante dans la fonte examinée.

Si le nombre de contours intérieurs inclus dans la figure topologique ne correspond pas au nombre de contours intérieurs de la figure correspondante dans la fonte examinée, la recherche s'arrête avec un échec pour cette variante. Dans le cas où la figure ne contient qu'un seul contour intérieur, la correspondance se fait directement entre le contour intérieur de la figure topologique et le contour intérieur de la figure dans la fonte examinée.

Dans le cas où il y a plusieurs contours intérieurs, on va utiliser l'information de position relative des contours intérieurs contenue dans la description topologique et la coordonnée du point milieu du rectangle englobant de chaque contour intérieur dans la fonte examinée. Ces informations permettent de classer horizontalement et verticalement ces contours. L'ordre des positions des contours dans la fonte topologique et l'ordre de position des contours de la fonte examinée sont comparés afin d'en déduire la correspondance entre les contours intérieurs de la description topologique et les contours intérieurs de la fonte considérée.

Les contours intérieurs de la description topologique sont ordonnés horizontalement (*TopoContPositionX*) et verticalement (*TopoContPositionY*) suivant l'ordre croissant de leur information de position (figure 4.9).

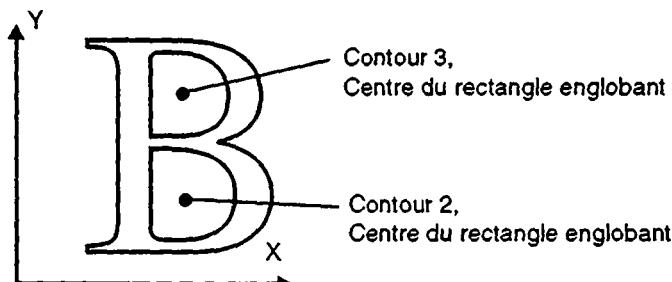


TopoContPositionX: TopoCont2 = TopoCont3

TopoContPositionY: TopoCont3 < TopoCont2

Figure 4.9 Relation de position entre les contours intérieurs du modèle topologique pour le caractère "B"

Les contours de la fonte examinée sont ordonnés horizontalement (*FontContPositionX*) et verticalement (*FontContPositionY*) suivant l'ordre croissant des coordonnées du point milieu du rectangle englobant de chaque contour (figure 4.10).



FontContPositionX: FontCont3 < FontCont2

FontContPositionY: FontCont2 < FontCont3

Figure 4.10 Relation de position entre les contours intérieurs d'une fonte typographique, caractère "B", fonte Times

A partir de l'ordre horizontal des contours intérieurs de la description topologique (*TopoContPositionX*) et de l'ordre horizontal des contours intérieurs de la fonte examinée (*FontContPositionX*), la liste des couples de correspondance (*No de contour topologique*, *No de contour dans la fonte*) qui respectent cet ordre horizontal des contours est extraite (*ContMatchX*). De la même manière, la liste des couples de correspondances qui respectent l'ordre vertical (*ContMatchY*) est extraite (figure 4.11).

ContMatchX: TopoCont2 \Rightarrow FontCont2
 TopoCont2 \Rightarrow FontCont3
 TopoCont3 \Rightarrow FontCont2
 TopoCont3 \Rightarrow FontCont3

ContMatchY: TopoCont2 \Rightarrow FontCont3
 TopoCont3 \Rightarrow FontCont2

Figure 4.11 Liste de correspondance entre les contours intérieurs de la description topologique et les contours intérieurs d'une fonte particulière suivant les critères horizontaux et verticaux, caractère "B", fonte Times

Chacune de ces deux listes (*ContMatchX* et *ContMatchY*) peuvent contenir plusieurs possibilités de correspondance entre un numéro de contour topologique et des numéros de contour dans la fonte examinée.

La liste des possibilités de correspondance suivant l'axe horizontal (*ContMatchX*) et celle suivant l'axe vertical (*ContMatchY*) sont ensuite intersectées pour obtenir la liste de correspondance (*ContMatchList*). Cette liste nous permet d'étiqueter les contours intérieurs de la figure examinée (figure 4.12).

ContMatchList: TopoCont2 \Rightarrow FontCont3
 TopoCont3 \Rightarrow FontCont2

Figure 4.12 Liste de correspondance entre les contours intérieurs de la description topologique et les contours intérieurs d'une fonte particulière, caractère "B", fonte Times

De la même manière que pour les figures, l'utilisation des constantes de positions horizontales (*gauche, milieu, droite*) et verticales (*bas, milieu, haut*) suffit pour décrire, dans le modèle topologique, de manière non ambiguë, la position relative de chaque contour intérieur pour les fontes latines.

Pour d'autres fontes plus complexes, comme par exemple les fontes chinoises où le nombre de contours peut être bien plus important (figure 4.13), il est nécessaire de décrire de manière plus complète la position relative des contours associés au modèle topologique. Cette description de la position peut se faire par l'introduction d'un graphe complet des relations horizontales et verticales entre contours et figures.

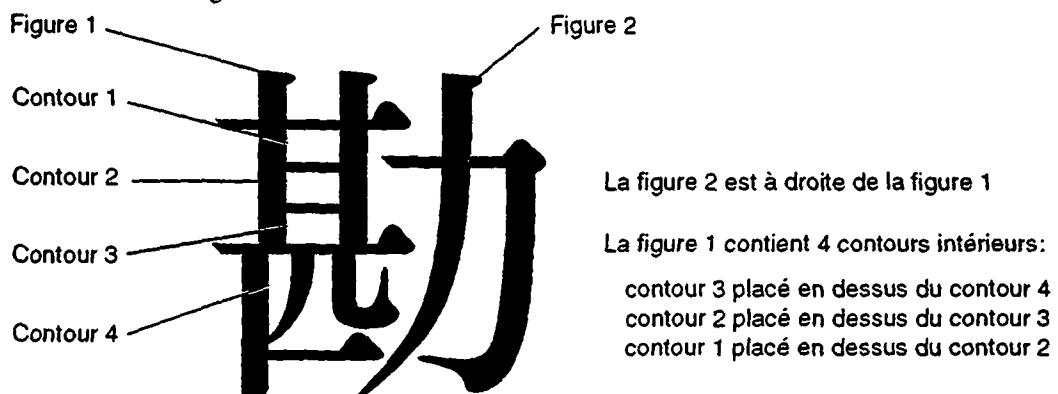


Figure 4.13 Figures et contours d'un caractère chinois, graphe des positions

4.3 Localisation des points de structure topologique

L'étiquetage automatique des fontes typographiques passe par une mise en relation de chaque point de structure topologique avec un seul point de la fonte examinée. Cette recherche de correspondance entre les points de structure du modèle topologique et les points d'une fonte particulière est basée sur l'utilisation de listes de relations (*No de point de structure*, *No de point dans la fonte*). Deux listes de relations sont utilisées. La première liste (*CandidatMatchList*) contient tous les couples de candidats à la relation, et la deuxième liste (*PointMatchList*) contient les relations pour lesquelles il n'y a plus qu'un seul point candidat pour chaque point de structure, d'après les critères déjà appliqués à l'étape courante.

Dans un premier temps, tous les couples de points qui peuvent correspondre par rapport à leur position, sont introduits dans la liste des candidats (*CandidatMatchList*). Par une application successive de différents critères de sélection, des candidats sont transférés de cette liste vers la liste des points déjà étiquetés et d'autres points sont enlevés de la liste des candidats.

Les critères de sélection testent la cohérence entre la topologie locale du point de la fonte examinée et les informations topologiques associées au point de structure topologique. Après chaque application d'un critère, les relations pour lesquelles il n'y a plus qu'un seul point candidat pour un point de structure sont enlevées de la liste des candidats pour être mises dans la liste des points étiquetés. Si l'étiquetage réussit, nous obtenons à la fin de l'application des critères, dans la liste des points étiquetés (*PointMatchList*), pour chaque point de structure de la description topologique, une seule relation avec un point dans la fonte particulière qui lui correspond.

4.3.1 Introduction des points dans la liste des candidats selon leur position

L'information de position associée aux points de structure du modèle topologique nous permet, dans une fonte particulière, de déterminer avec une certaine marge de tolérance une zone dans laquelle le point de la fonte qui correspond à ce point de structure est susceptible de se trouver.

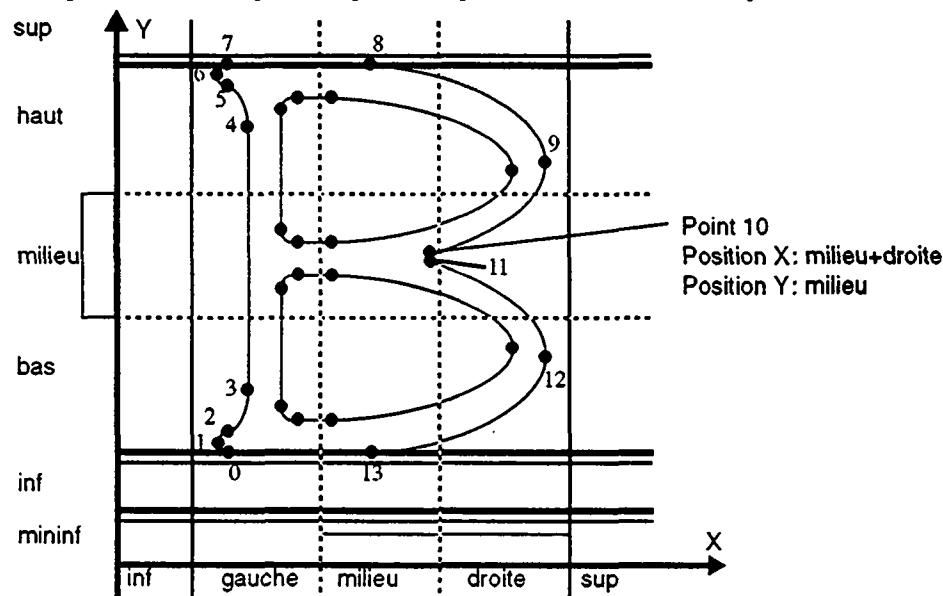


Figure 4.14 Position du point de structure No 10, caractère "B" par rapport à la grille de position simplifiée

L'information de position des points de structure est donnée par rapport à une grille de position simplifiée (*inf, gauche, milieu, droite, sup*) pour la coordonnée horizontale et (*mininf, inf, bas, milieu, haut, sup*) pour la coordonnée verticale. Dans l'exemple du caractère "B", le point de structure 10 se trouve horizontalement entre la zone *milieu* et la zone *haut* et verticalement dans la zone *milieu* (figure 4.14).

L'espace entre les lignes de référence et les bornes horizontales du caractère de la fonte examinée est découpé suivant cette même grille de position (*inf, gauche, milieu, droite, sup*) horizontalement et (*mininf, inf, bas, milieu, haut, sup*) verticalement.

Pour chaque point de structure qui sert à décrire un contour dans la description topologique, la zone de recherche des candidats est déterminée. Cette zone est délimitée par les cases de cette grille de coordonnées qui correspondent aux constantes de positions verticales et horizontales du point de structure topologique. Cette zone est augmentée d'une certaine marge de tolérance (1/8 de la hauteur des caractères). Les points de la fonte examinée, qui se trouvent dans la zone de recherche et appartiennent au contour correspondant, sont introduits dans la liste des candidats (*CandidatMatchList*) pour ce point de structure topologique.

Dans l'exemple de la recherche des candidats pour le point de structure topologique No 10 du contour extérieur du caractère "B", les points de 17 à 27 dans le contour extérieur de la fonte English-Times sont susceptibles de lui correspondre (figure 4.15).

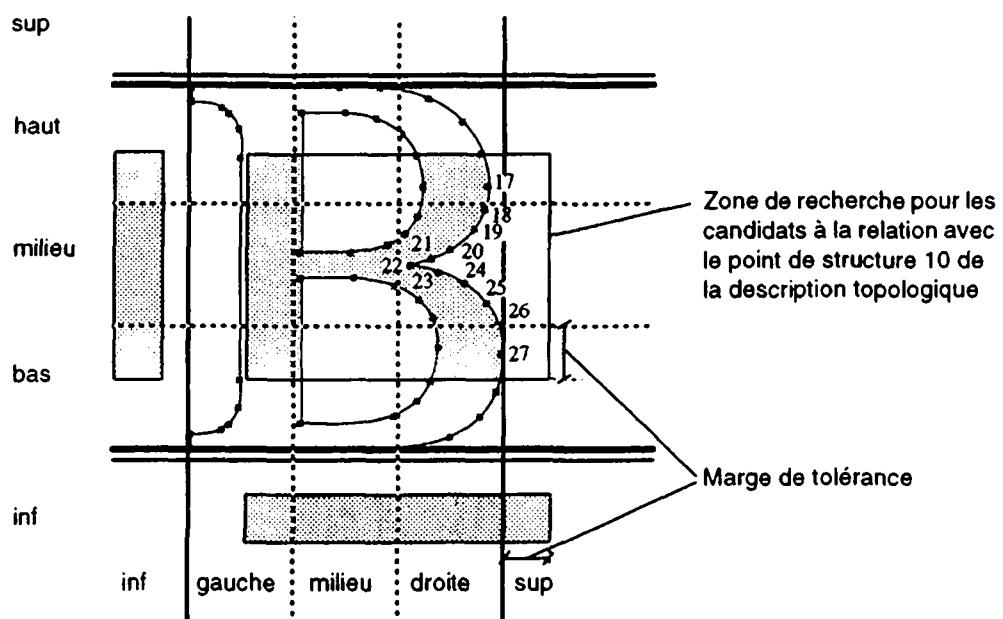


Figure 4.15 Caractère "B", fonte English-Times, points candidats pour la relation avec le point de structure 10 du contour extérieur de la description topologique.

Pour l'exemple du caractère "B", fonte English-Times, nous obtenons une liste des candidats (*CandidatMatchList*) contenant pour chaque point de structure, une relation avec chaque point, dans le contour de la fonte examinée pouvant lui correspondre par rapport à sa position (figure 4.16).

(TopoPt 000 => FontPt 000)	(TopoPt 005 => FontPt 006)
(TopoPt 000 => FontPt 001)	(TopoPt 005 => FontPt 007)
(TopoPt 000 => FontPt 002)	(TopoPt 005 => FontPt 008)
(TopoPt 000 => FontPt 003)	(TopoPt 005 => FontPt 009)
	(TopoPt 005 => FontPt 010)
	(TopoPt 005 => FontPt 011)
	(TopoPt 005 => FontPt 012)
(TopoPt 001 => FontPt 000)	(TopoPt 006 => FontPt 006)
(TopoPt 001 => FontPt 001)	(TopoPt 006 => FontPt 007)
(TopoPt 001 => FontPt 002)	(TopoPt 006 => FontPt 008)
(TopoPt 001 => FontPt 003)	(TopoPt 006 => FontPt 009)
(TopoPt 001 => FontPt 004)	(TopoPt 006 => FontPt 010)
(TopoPt 001 => FontPt 005)	(TopoPt 006 => FontPt 011)
	(TopoPt 006 => FontPt 012)
(TopoPt 002 => FontPt 000)	
(TopoPt 002 => FontPt 001)	
(TopoPt 002 => FontPt 002)	
(TopoPt 002 => FontPt 003)	
(TopoPt 002 => FontPt 004)	
(TopoPt 002 => FontPt 005)	
	(TopoPt 007 => FontPt 008)
	(TopoPt 007 => FontPt 009)
	(TopoPt 007 => FontPt 010)
	(TopoPt 007 => FontPt 011)
	(TopoPt 007 => FontPt 012)
(TopoPt 003 => FontPt 000)	
(TopoPt 003 => FontPt 001)	
(TopoPt 003 => FontPt 002)	
(TopoPt 003 => FontPt 003)	
(TopoPt 003 => FontPt 004)	
(TopoPt 003 => FontPt 005)	
	(TopoPt 008 => FontPt 012)
	(TopoPt 008 => FontPt 013)
	(TopoPt 008 => FontPt 014)
	(TopoPt 009 => FontPt 013)
	(TopoPt 009 => FontPt 014)
	(TopoPt 009 => FontPt 015)
	(TopoPt 009 => FontPt 016)
	(TopoPt 009 => FontPt 017)
	(TopoPt 009 => FontPt 018)
	(TopoPt 009 => FontPt 019)
	(TopoPt 009 => FontPt 020)
(TopoPt 004 => FontPt 006)	
(TopoPt 004 => FontPt 007)	
(TopoPt 004 => FontPt 008)	
(TopoPt 004 => FontPt 009)	
(TopoPt 004 => FontPt 010)	
(TopoPt 004 => FontPt 011)	
(TopoPt 004 => FontPt 012)	
	(TopoPt 010 => FontPt 017)
	(TopoPt 010 => FontPt 018)
	(TopoPt 010 => FontPt 019)
	(TopoPt 010 => FontPt 020)
	(TopoPt 010 => FontPt 021)
	(TopoPt 010 => FontPt 022)
	(TopoPt 010 => FontPt 023)
	(TopoPt 010 => FontPt 024)
	(TopoPt 010 => FontPt 025)
	(TopoPt 010 => FontPt 026)
	(TopoPt 010 => FontPt 027)
	(TopoPt 011 => FontPt 017)
	(TopoPt 011 => FontPt 018)
	(TopoPt 011 => FontPt 019)
	(TopoPt 011 => FontPt 020)
	(TopoPt 011 => FontPt 021)
	(TopoPt 012 => FontPt 024)
	(TopoPt 012 => FontPt 025)
	(TopoPt 012 => FontPt 026)
	(TopoPt 012 => FontPt 027)
	(TopoPt 012 => FontPt 028)
	(TopoPt 012 => FontPt 029)
	(TopoPt 012 => FontPt 030)
	(TopoPt 012 => FontPt 031)
	(TopoPt 013 => FontPt 031)

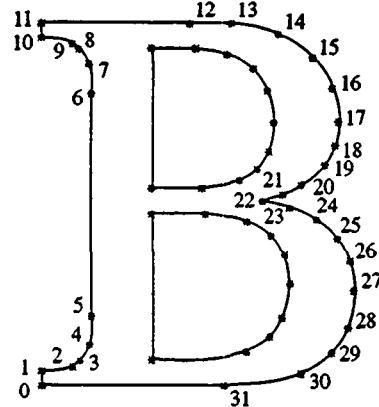


Figure 4.16 Caractère "B", fonte English-Times, candidats pour l'étiquetage du contour extérieur (*CandidatMatchList*)

4.3.2 Application de critères de sélection sur la liste des candidats

Au début de l'application des critères d'élimination sur la liste des candidats, la liste (*CandidatMatchList*) contient tous les couples de candidats (*No de point de structure, No de point dans la fonte*) par rapport à l'information de position. La liste de correspondance topologique (*PointMatchList*) est initialement vide.

Les relations pour lesquelles, par rapport au critère de position, il n'y a qu'un point dans la fonte examinée qui correspond pour l'un des points de structure topologique sont directement enlevées de la liste des candidats (*CandidatMatchList*) pour être mises dans la liste des points étiquetés (*PointMatchList*). Dans l'exemple de la figure 4.16 ci dessus, le point de structure topologique No 13 n'a qu'un seul point dans la fonte examinée pouvant lui correspondre, le point No 31 du contour extérieur. Cette relation est donc mise dans la liste des points déjà étiquetés (*PointMatchList*).

Si un point de structure topologique n'est représenté dans aucune des deux listes (*CandidatMatchList* ou *PointMatchList*), l'étiquetage de cette fonte avec la variante topologique examinée n'est pas possible car aucun point dans la fonte ne peut correspondre, par rapport au critère de position, à l'un des points de structure.

Une série de critères de sélection sont appliqués sur la liste des candidats (*CandidatMatchList*) pour éliminer progressivement de la liste les candidats qui ne correspondent pas. Les différents critères appliqués sont basés sur la vérification de la correspondance entre les informations du modèle topologique concernant un point de structure et la topologie locale du point candidat.

L'application des critères d'élimination sur la liste des candidats se termine avec succès lorsque la liste des candidats (*CandidatMatchList*) est vide et que tous les points de structure topologique se trouvent dans la liste des points étiquetés (*PointMatchList*). Dans la liste de correspondance, chaque point de structure topologique ne doit avoir qu'un seul point dans la fonte qui lui correspond (figure 4.17).

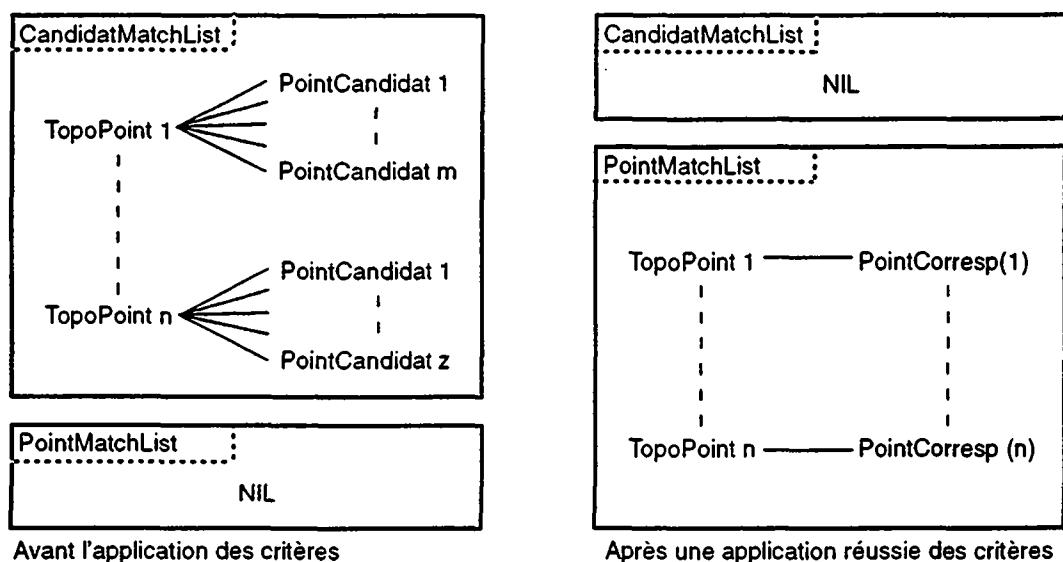


Figure 4.17 Liste des candidats et des points étiquetés avant et après l'application des critères de sélection

Les critères de sélection sont appliqués dans un certain ordre sur la liste des candidats (*CandidatMatchList*). Ces critères permettent d'éliminer de la liste des candidats les relations incorrectes et de rajouter dans la liste des points déjà étiquetés (*PointMatchList*) toutes les relations entre des points de structure topologique et leurs points correspondant dans la fonte examinée. Entre chaque application de critères, la liste des candidats (*CandidatMatchList*) est parcourue afin de détecter des situations de choix croisés et vérifier s'il y a dans cette liste certains points de structure qui n'ont plus qu'un seul point comme candidat à la correspondance.

4.3.2.1 Vérification de cohérence lors de l'application d'un critère de sélection

Lors de chaque application d'un critère, la liste des candidats est examinée afin de vérifier s'il y a dans cette liste des points de structure topologique qui n'ont plus qu'un seul point candidat dans la fonte examinée. Ces points de structure sont enlevés de la liste des candidats pour être mis dans la liste des points étiquetés (figure 4.18 b).

Entre chaque application de critères d'élimination, on vérifie si on est en présence d'une situation de choix croisés afin d'éliminer de la liste des candidats ceux qui sont devenus impossibles. Si pour un point de structure topologique on a plusieurs points candidats dans la fonte examinée, que tous ces points candidats se suivent (selon l'orientation du contour), et qu'aucun candidat pour un autre point de structure topologique ne se trouve entre le premier et le dernier de ces points, on peut éliminer de la liste des candidats (*CandidatMatchList*) tous ceux qui deviennent impossibles quel que soit le choix qui sera fait pour le point de structure topologique (figure 4.18 c).

A la fin de chaque boucle d'application d'un critère d'élimination, un test permet de déterminer si la recherche est terminée (figure 4.18 d). L'étiquetage s'arrête avec succès pour le contour courant lorsque la liste des points déjà étiquetés (*PointMatchList*) contient tous les points de structure qui servent à décrire la topologie du contour. Dans le cas où il existe des points de structure qui ne sont pas encore dans la liste des points étiquetés (*PointMatchList*), et qui ne sont en relation avec aucun point de la fonte examinée dans la liste (*CandidatMatchList*), l'étiquetage se termine pour cette variante avec un échec.

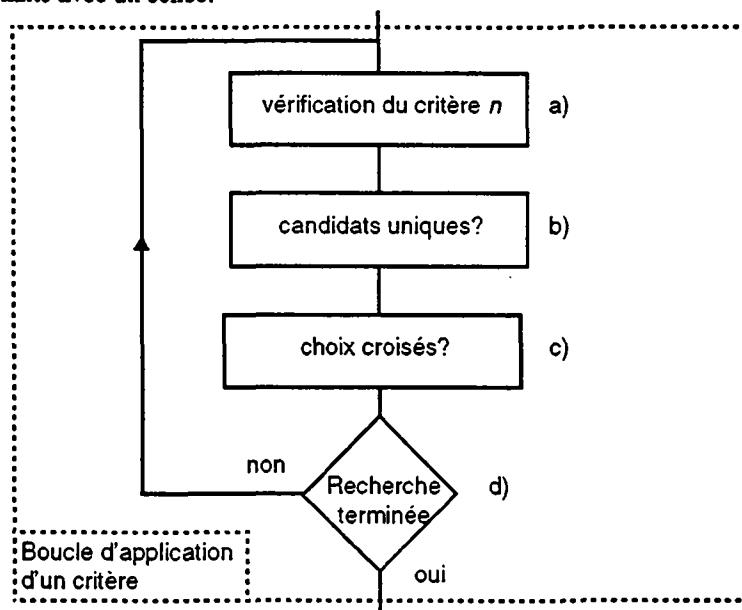


Figure 4.18 Boucle d'application d'un critère

4.3.2.2 Application d'un critère de sélection sur la liste des candidats

Chaque critère de sélection permet de vérifier si dans la liste des candidats, pour chaque point de structure topologique qui correspond au critère, les points dans la fonte qui sont associés à ce point de structure, respectent aussi ce même critère.

La liste des candidats (*CandidatMatchList*) est examinée. Pour chaque point de structure topologique correspondant au critère, on compte le nombre de candidats pour lesquels le point dans la fonte examinée qui lui est lié correspond à ce même critère. Dans le cas où on n'a qu'une seule relation qui peut correspondre au critère courant, cette relation est ajoutée dans la liste des points déjà étiquetés (*PointMatchList*) et tous les autres candidats sont éliminés de la liste *CandidatMatchList*. Dans le cas où plusieurs candidats correspondent au critère pour le même point de structure topologique, les candidats ne correspondant pas au critère sont éliminés de la liste des candidats. Si aucune ou toutes les relations impliquant le point de structure topologique, considéré correspon-

dent au critère, on passe au point de structure topologique suivant puis au critère suivant, sans modifier la liste des candidats (figure 4.19).

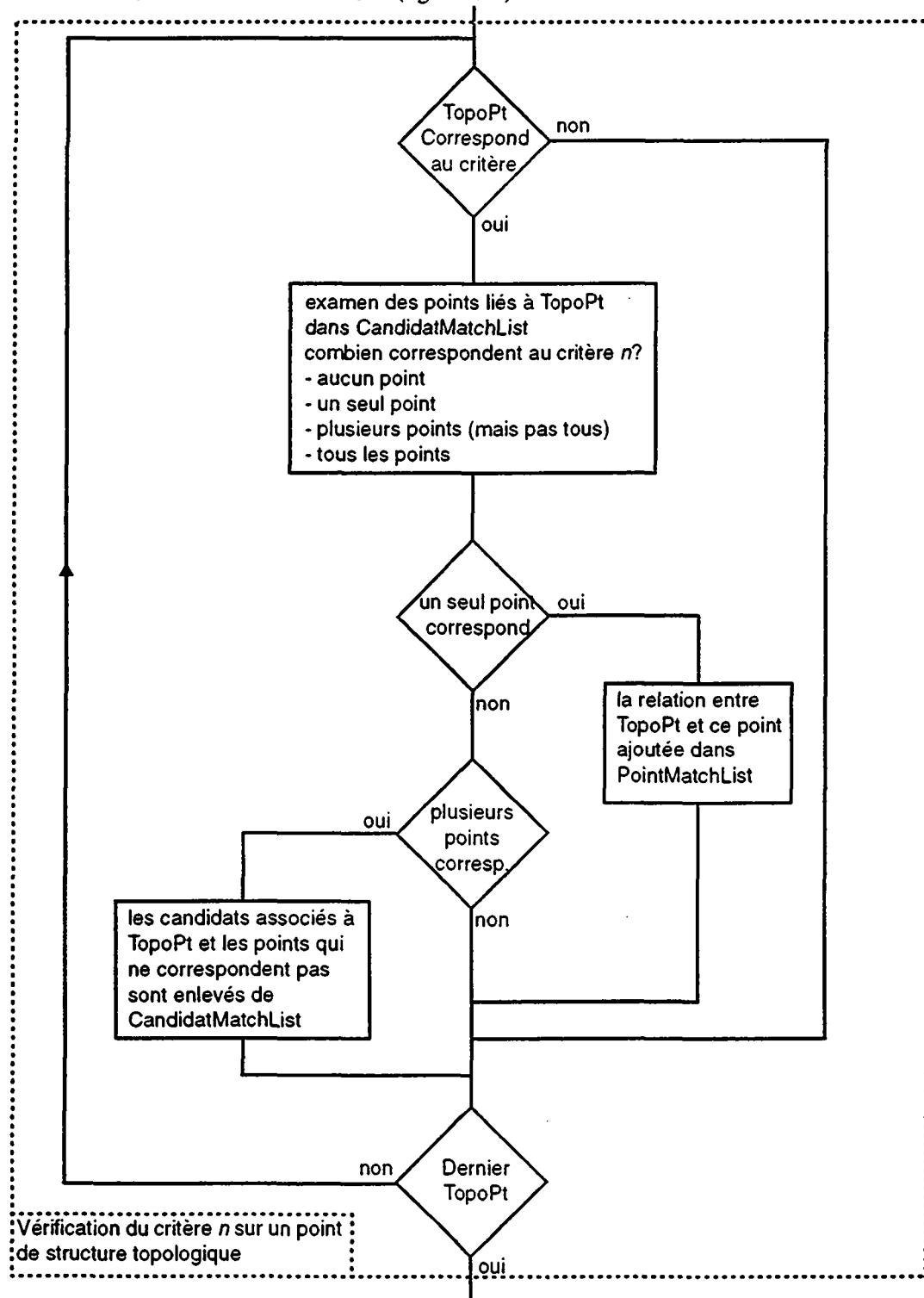


Figure 4.19 Boucle de vérification du critère *n* sur un point de structure topologique

4.3.2.3 Introduction d'une relation dans la liste des points étiquetés

Lors de l'introduction d'une relation entre un point de la structure topologique et le point dans la fonte qui lui correspond dans la liste des points étiquetés (*PointMatchList*), la règle de continuité du contour est vérifiée. Tous les points candidats qui se trouvent dans la liste des candidats (*CandidatMatchList*) ne pouvant pas satisfaire à la règle de continuité du contour en fonction des points se trouvant déjà dans la liste des points étiquetés sont éliminés de la liste des candidats. (figure 4.20)

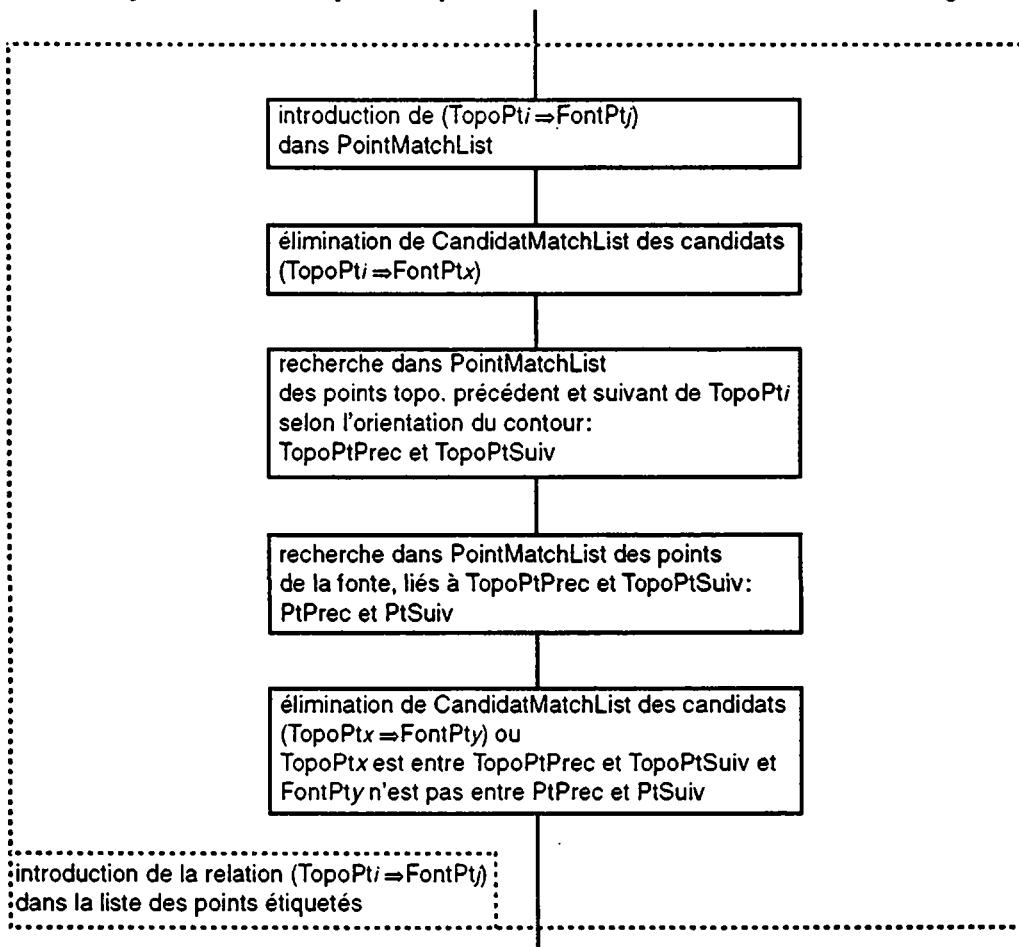


Figure 4.20 Vérification de la règle de continuité du contour lors de l'introduction d'une relation dans la liste des points étiquetés (*PointMatchList*)

4.3.2.4 Structuration hiérarchique des critères de sélection

L'ordre dans lequel les critères sont appliqués sur la liste des points candidats (*CandidatMatchList*) est très important pour la réussite de l'étiquetage. Cet ordre permet d'éviter, dans la plupart des cas, qu'une relation correcte ne soit éliminée de la liste des candidats par un critère de deuxième ordre, alors qu'un critère plus important aurait imposé le choix de cette relation. Les critères d'éliminations sont classés hiérarchiquement, en commençant par les critères plus absolu et plus forts, pour appliquer ensuite les critères particuliers aux critères plus particuliers.

Différentes règles permettent de classer les critères de sélection:

- Les critères qui s'appliquent à toutes les fontes sont plus importants que les critères spécifiques pour une famille de fontes.
- Un critère qui recherche un segment dans la bonne direction est plus fort qu'un critère qui recherche une courbe quelconque dans la bonne direction.
- Un critère qui exige d'avoir en un point le segment qui part de ce point et le segment qui arrive à ce point ayant une pente dans la bonne direction est plus fort qu'un critère qui exige de n'avoir seulement que l'un des deux segments, celui qui part ou celui qui arrive à ce point ayant une pente dans la bonne direction.

4.3.2.5 Liste des critères de sélection

L'application de critères de sélection très forts au début permet une élimination rapide des candidats clairement inadéquats. Dans la version actuelle du programme d'étiquetage des fontes, les critères d'élimination des candidats sont appliqués dans l'ordre suivant:

Critère 1:

- Points qui sont à la fois extrema horizontaux et verticaux

Pour les points de structure du modèle topologique, qui sont à la fois des points extrêmes suivant les directions horizontales et verticales, on vérifie parmi les points de la fonte pouvant leur correspondre, s'il y a des points qui sont des points extrêmes à la fois horizontalement et verticalement (figure 4.21).

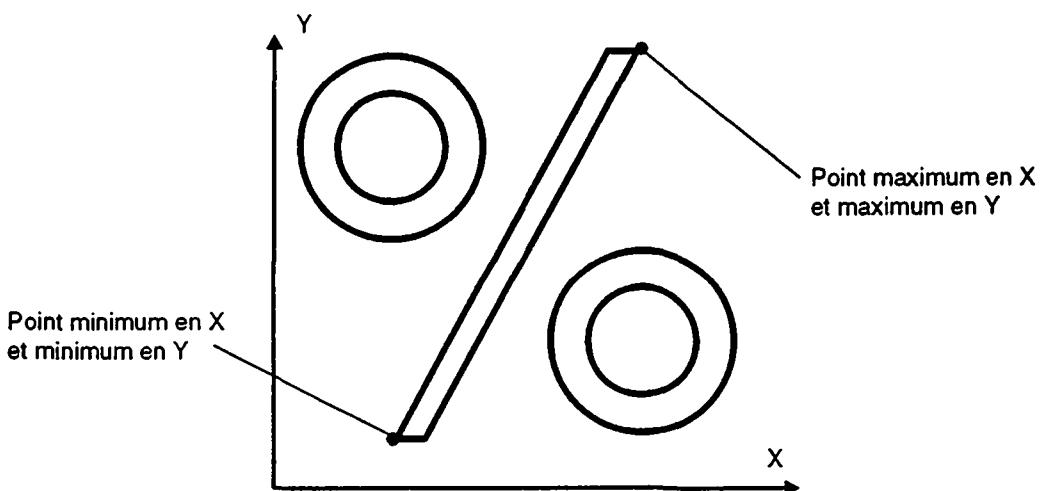


Figure 4.21 Points extrêmes dans les deux directions, horizontale et verticale

Critère 2:

- Points extrêmes globaux dans l'une des directions (horizontale ou verticale) avec élimination des points qui ne sont pas extrema

Parmi tous les points extrêmes dans l'une des directions, le point extrême global est celui dont la coordonnée est la plus grande dans la direction recherchée.

Pour les points de structure du modèle topologique qui sont des points extrêmes globaux dans l'une des directions (horizontale ou verticale), on vérifie dans la liste des points de la fonte qui peuvent

leur correspondre, s'il y a des points qui sont des extrema globaux dans la même direction (figure 4.22).

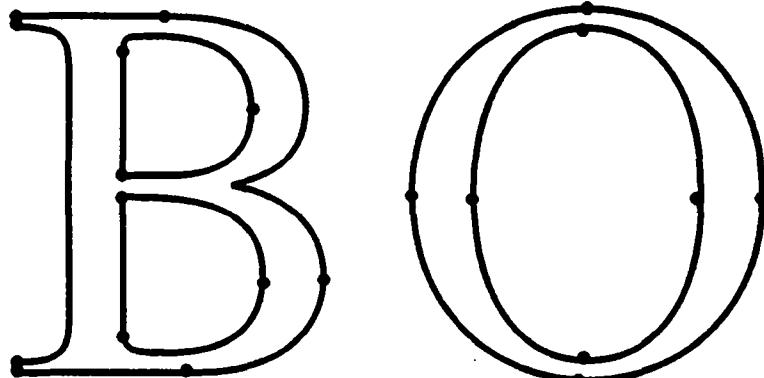


Figure 4.22 Fonte Times, caractères “B” et “O”, points extrema globaux des contours intérieurs et extérieurs

S'il existe plusieurs points qui sont extrema globaux dans la direction recherchée, seuls les points qui ne sont pas des points extrêmes sont éliminés de la liste des candidats à cette étape. Ce critère permet de tenir compte du cas de fontes ayant une forme générale très arrondie où plusieurs extrema peuvent être candidats pour le point de structure topologique qui doit être extrema global. Dans l'exemple de la fonte Madeleine (figure 4.23), on peut avoir plusieurs points extrêmes qui sont candidats pour un extremum global de la description topologique dans la même direction.

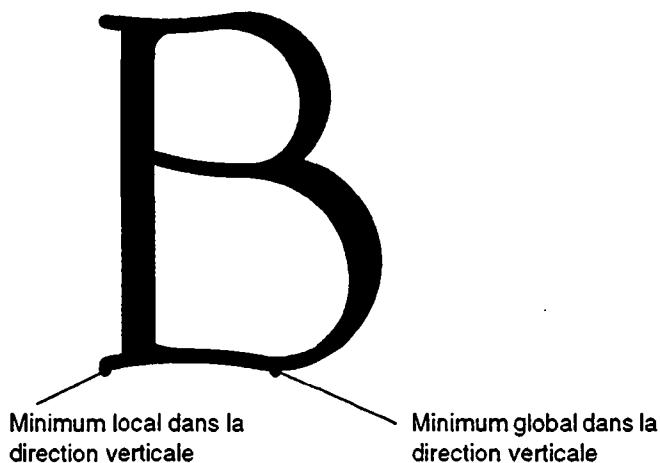


Figure 4.23 Fonte Madeleine, caractère “B”, points candidats pour le minimum global dans la direction verticale

Critère 3:

- Recherche dans la fonte des points extrema dans l'une des directions horizontale ou verticale pour des points topologiques qui doivent être extrema globaux dans cette même direction avec élimination des points qui ne sont pas extrema

Pour les points de structure du modèle topologique qui sont des points extrêmes globaux dans l'une des direction (horizontale ou verticale), on vérifie dans la liste des points de la fonte examinée qui peuvent leur correspondre, s'il y a des points qui sont des extrema dans la même direction. Ce critère est très semblable au critère 2. Dans ce critère, tous les points de la fonte examinée qui sont des extrema dans la bonne direction sont acceptés comme candidats à la relation avec le point de structure topologique qui est extrema global, contrairement au critère 2 où seulement les points extrêmes globaux de la fonte étaient acceptés.

Ce critère a été introduit spécialement pour résoudre le cas des fontes italiques. Dans les fontes italiques, les points extrêmes globaux dans la direction horizontale ne sont pas toujours placés au même endroit que dans les fontes droites (figure 4.24).

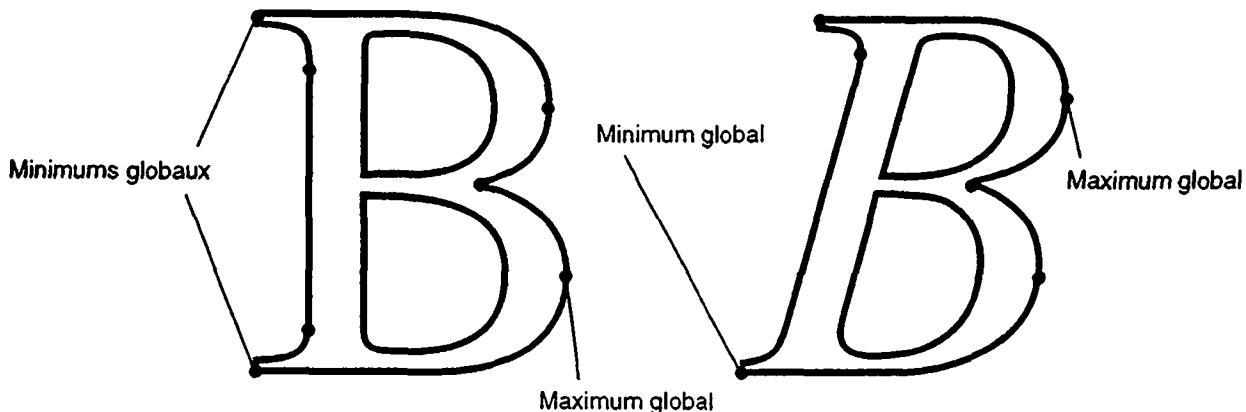


Figure 4.24 Comparaison de la position des extrema globaux dans la direction horizontale entre les fontes italiques et droites, caractère "B"

Critère 4:

- Points de départ ou d'arrivée de longs segments, ce critère n'accepte que les segments de droite

La caractéristique long segment associée à un élément du contour dans la description topologique indique que cet élément de courbe doit obligatoirement être présent dans la fonte et que sa longueur doit être importante (supérieure à un tiers de la hauteur du caractère). Cette caractéristique peut être associée à des éléments verticaux, horizontaux ou diagonaux.

Pour les points de structure du modèle topologique qui sont des points de départ ou d'arrivée d'un élément de type long segment, on vérifie dans la liste des points de la fonte examinée qui peuvent leur correspondre, s'il y a des points qui sont des points de départ ou d'arrivée d'un élément de type long segment dans la bonne direction (figure 4.25). Ce critère n'accepte comme candidat que les

points qui sont des points de départ ou d'arrivée d'un long segment de droite. Les courbes, même très plates, ne sont pas acceptées par ce critère.

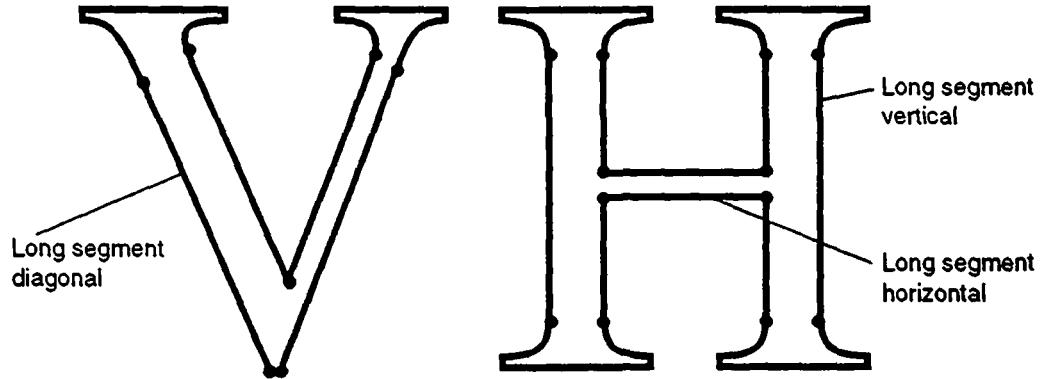


Figure 4.25 Points de départ et d'arrivée de longs segments

Critère 5:

- Points extrema locaux suivant une direction horizontale ou verticale

Le critère 1 n'acceptait comme candidats que les points qui étaient des extrema locaux dans les deux directions (horizontale et verticale). La recherche des points extrema locaux suivant une direction horizontale ou verticale est introduite après la recherche des longs segments afin d'éviter des confusions dans des caractères comme le "W" entre des extrema locaux dans une même direction faisant partie des empattements de différentes barres diagonales. Le critère des longs segments permet de sélectionner les points de départ et d'arrivée des directions principales des caractères pour localiser ainsi les directions principales du caractère. Pour les points de structure du modèle topologique qui sont des points extrêmes suivant une direction horizontale ou verticale, on vérifie dans la liste des points de la fonte qui peuvent leur correspondre, s'il y a des points qui sont des points extrêmes dans la même direction.

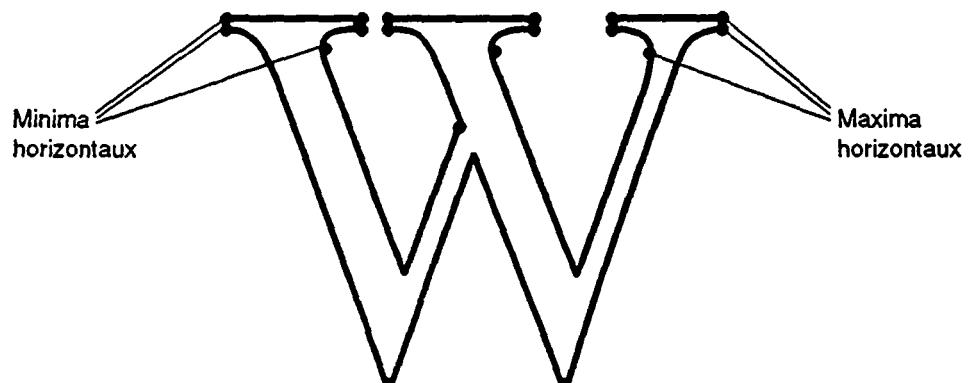


Figure 4.26 Caractère "W", fonte Times, points extrema locaux suivant la direction horizontale

Critère 6:

- Points de départ ou d'arrivée de longs segments, avec acceptation des courbes très plates

Ce critère est semblable au critère 4. Dans les dessins originaux d'une partie des fontes typographiques, les éléments de courbe qui délimitent les directions principales des caractères sont formés par des éléments de courbe qui ne sont pas toujours droits. Pour arriver à localiser les directions principales dans ce genre de fontes (par exemple la fonte Optima, figure 4.27), nous avons introduit un nouveau critère.

Pour les points de structure du modèle topologique qui sont des points de départ ou d'arrivée d'un élément de type long segment, on vérifie dans la liste des points de la fonte qui peuvent leur correspondre, si il y a des points qui sont des points de départ ou d'arrivée d'une courbe dans la bonne direction. Ce critère accepte comme candidat aussi bien les points de départ ou d'arrivée de segments de droite que de courbes très plates dans la bonne direction.

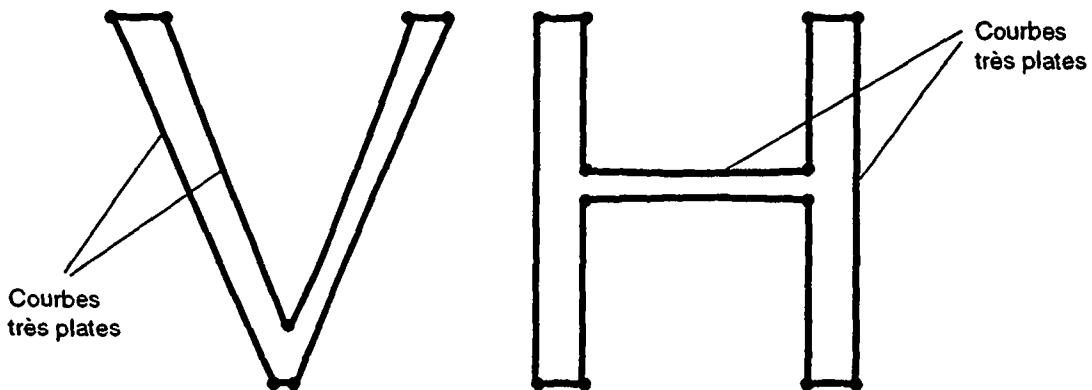


Figure 4.27 Fonte Optima, directions principales des caractères délimités par de légères courbes

Critère 7:

- Points d'inflexion, à l'exception de ceux qui se trouvent dans les empattements

Pour les points de structure du modèle topologique qui ont la caractéristique points d'inflexion, on vérifie dans la liste des points de la fonte examinée si les points candidats à la relation sont aussi des points d'inflexion. Ce critère ne prend pas en considération les points d'inflexion qui se trouvent dans les éléments de type empattement. Dans les fontes latines, ce critère est principalement utile dans le caractère "S" pour localiser les deux points d'inflexion (figure 4.28).

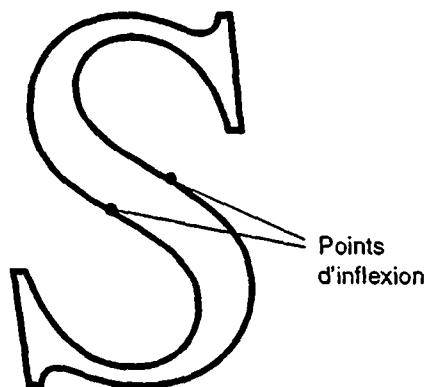


Figure 4.28 Caractère "S", fonte Times, points d'inflexion

Critère 8:

- Point de départ et d'arrivée d'une courbe dans la bonne direction

Pour chaque point de structure du modèle topologique qui n'est pas encore dans la liste des points étiquetés à cette étape, on regarde quelle doit être la direction de l'élément qui arrive à ce point et quelle doit être la direction de l'élément qui part de ce point par rapport aux informations contenues dans la description topologique. Ces informations sont comparées à la topologie locale des points candidats dans la fonte examinée. Pour qu'une relation soit sélectionnée par ce critère, il est nécessaire d'avoir à la fois la direction de la courbe qui arrive en ce point et la direction de la courbe qui part de ce point qui correspondent aux informations du modèle topologique (figure 4.29).

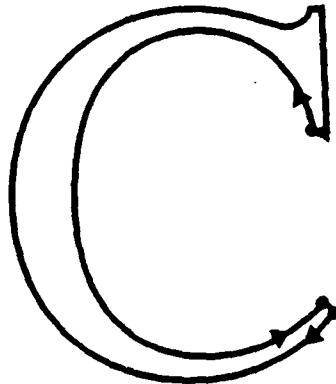


Figure 4.29 Caractère "C", points sélectionnés par le critère de point de départ et d'arrivée d'une courbe dans la bonne direction

Critère 9:

- Point de départ ou d'arrivée de segments avec acceptation des courbes très plates

Pour les points de structure topologique par lesquels partent ou arrivent des segments de droite horizontaux, verticaux ou diagonaux, les points de la fonte candidats à la relation sont examinés. Ces points doivent être des points de départ ou d'arrivée de segments horizontaux, verticaux ou diagonaux dans la même direction pour être acceptés par le critère. Ce critère accepte aussi bien les segments de droite que les courbes très plates dans la bonne direction (figure 4.30).



Figure 4.30 Caractère "E" points par lesquels partent ou arrivent des segments dans la bonne direction

Critère 10 :

- Point de départ ou d'arrivée d'une courbe dans la bonne direction

Pour tous les points de structure topologique pas encore étiquetés à cette étape, on examine quelle doit être la direction de la courbe qui arrive à ce point et quelle est la direction de la courbe qui part de ce point. Ces informations sont comparées à la topologie locale des points candidats dans la fonte examinée. Pour qu'une relation soit sélectionnée par ce critère, il suffit d'avoir soit la direction de la courbe qui arrive en un point, soit la direction de la courbe qui part de ce point qui correspondent aux informations du modèle topologique (figure 4.29).

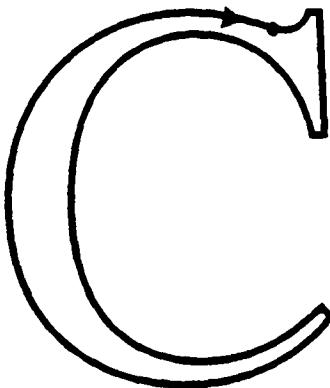


Figure 4.31 Caractère "C", point par lequel la courbe qui arrive à une direction qui correspond à celle du point de structure topologique recherché, sélectionné à cette étape

Critère 11 :

- Points extrema globaux dans l'une des directions (horizontale ou verticale) avec élimination des points qui ne sont pas extrema globaux

Ce critère est semblable au critère 2. A cette étape, on peut se permettre dans la recherche des extrema globaux d'éliminer tous les points candidats de la fonte examinée qui ne sont pas des extrema globaux. Ce critère a été introduit pour tenir compte du cas de fontes ayant une forme générale très arrondie. Dans l'exemple de la fonte Madeleine (figure 4.23), on peut avoir plusieurs points extrêmes dans la fonte qui sont candidats pour un même extrema global de la description topologique, dans l'une des directions.

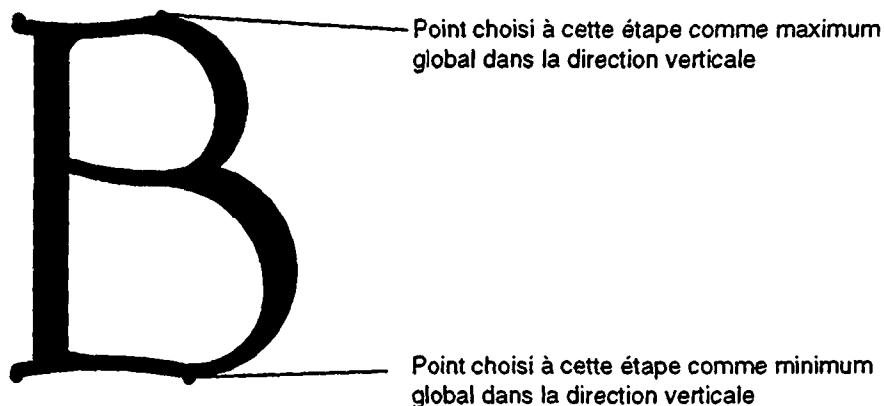


Figure 4.32 Fonte Madeleine, caractère "B", sélection des extrema verticaux

Critère 12:

- Points liés à une ligne de référence

Dans une première version de notre programme d'étiquetage, le critère d'appartenance à une ligne de référence était placé en premier comme critère principal [Hersch91b]. Ce critère donnait de bons résultats pour des fontes régulières. Dans certaines fontes on peut être confronté à des irrégularités numériques dans les coordonnées des points. Certains points appartiennent exactement à une ligne de référence alors que d'autres points, sans raison particulière, en sont éloignés d'une fraction infime. Ces irrégularités proviennent le plus souvent de la manière avec laquelle les fontes ont été introduites sous forme informatique. En raison de ces irrégularités, nous avons du renoncer au critère d'appartenance exacte à une ligne de référence. Seul un critère de proximité d'une ligne de référence moins prioritaire a été maintenu.

Pour les points de structure topologiques qui ne sont pas encore étiquetés à cette étape et qui ont une position verticale qui correspond à une ligne de référence, on vérifie si les points de la fonte examinée qui sont candidats à la relation avec ce point de structure se trouvent également à proximité de la même ligne de référence. Le critère de proximité utilisé correspond à une distance entre le point et la ligne de référence inférieure à 1/10 de la hauteur du caractère (figure 4.33).

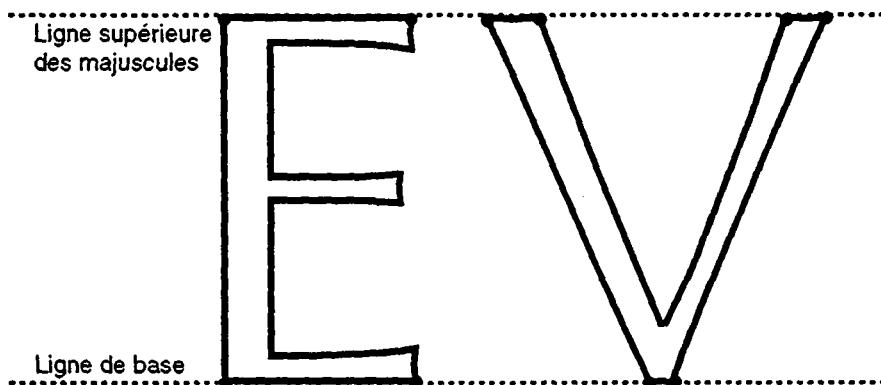


Figure 4.33 Fonte Optima, caractères “E” et “V”, points appartenant à une ligne de référence

Critère 13:

- Points d'inflexion dans les empattements

Les éléments verticaux ou horizontaux qui forment la structure des caractères se terminent souvent par des éléments appelés empattements. Les empattements relient un élément vertical ou diagonal délimitant une direction principale du caractère avec un élément horizontal formant la base du caractère. Pour passer d'un élément horizontal à un élément vertical par une forme quelconque, il est nécessaire de passer d'une pente qui augmente à une pente qui diminue (ou le contraire) et donc de passer par un point d'inflexion (figure 4.34).

Ce critère n'est appliqué que sur les fontes avec empattements et permet de localiser les points d'inflexion qui doivent se trouver sur ce type d'élément. Pour chaque point de la structure topologique, pas encore étiqueté à cette étape, qui est un point d'inflexion dans un élément de type empattement,

on examine les points de la fonte candidats à la relation. La géométrie locale de la courbe dans la fonte est examinée pour déterminer si certains de ces points candidats sont des points d'inflexion.

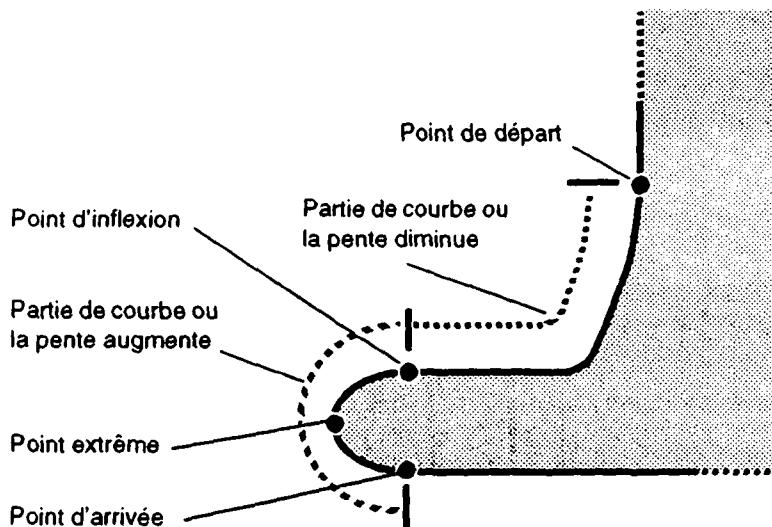


Figure 4.34 Élément de type empattement, points de structure qui servent à le décrire et changements de pente

4.3.2.6 Critère final de sélection

L'ordre dans lequel sont appliqués les critères d'élimination correspond au meilleur compromis permettant d'arriver à un étiquetage correct pour des fontes très diverses (avec ou sans empattements, droites ou italiques, des fontes dont les barres sont formées de segments ou au contraire de courbes très plates). La connaissance de certaines des caractéristiques de la fonte permettrait d'obtenir un meilleur taux d'étiquetage correct en choisissant un ordre d'application de ces règles différent en fonction du type de fonte.

Dans la plupart des cas, après l'application de ces différents critères d'élimination, tous les points de structure topologiques sont étiquetés. Il peut néanmoins subsister dans certaines fontes des situations où plusieurs points sont candidats pour un même point de structure topologique. Un critère final est appliqué dans ce cas. Le candidat par lequel la différence de pente avant et après le point est la plus grande est choisi (figure 4.35).



Figure 4.35 Critère final, point de plus grand saut dans la 1^{ère} dérivée

4.3.3 Affinement de l'étiquetage automatique dans les empattements

L'étiquetage tel qu'il est obtenu par l'application des règles décrites aux paragraphes 4.3.1-4.3.2, donne une bonne localisation globale des points mais localement dans des parties ornementales ou dans des empattements, la localisation des points de structure topologique n'est pas toujours précise.

Pour l'application des règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets, décrites au chapitre 2 dans les parties de type empattement, il est nécessaire d'avoir une localisation exacte des points qui servent à décrire les empattements. Dans notre modèle, les empattements sont décrits par quatre points, le point de départ, le point extrême de l'empattement, un point servant à contrôler l'épaisseur de l'empattement (point d'inflexion) et le point d'arrivée de l'empattement. Pour l'application des règles d'adaptation, deux de ces points servent à contrôler la longueur de l'empattement et les deux autres points servent à contrôler l'épaisseur de l'empattement (figure 4.36).

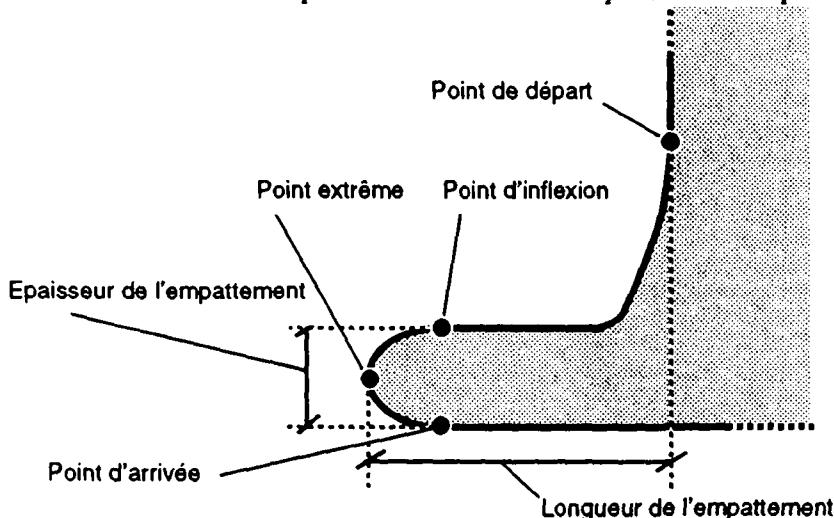


Figure 4.36 Points servant à décrire un empattement dans le modèle topologique

Après l'application de l'algorithme d'étiquetage par l'application de règles topologiques, la localisation des points intermédiaires dans les parties de type empattements est encore affinée. Une recherche locale du point extrême de l'empattement et du point d'inflexion entre le point de départ et le point d'arrivée des empattements permet d'obtenir une localisation plus précise de ces points et une meilleure qualité du résultat obtenu par l'application de règles d'adaptation du contour à la grille.

4.4 Etiquetage des fontes italiques

L'étiquetage automatique des fontes italiques se fait simplement en redressant les caractères suivant l'angle avec lequel les barres sont penchées (figure 4.37). Dans les caractères des fontes italiques, les points extrêmes horizontaux peuvent être placés à des emplacements légèrement différents que dans les caractères des fontes droites. Ce problème est résolu par une plus grande souplesse dans l'application des critères sur la recherche des extrema horizontaux (critère 3, paragraphe 4.3.2.5).

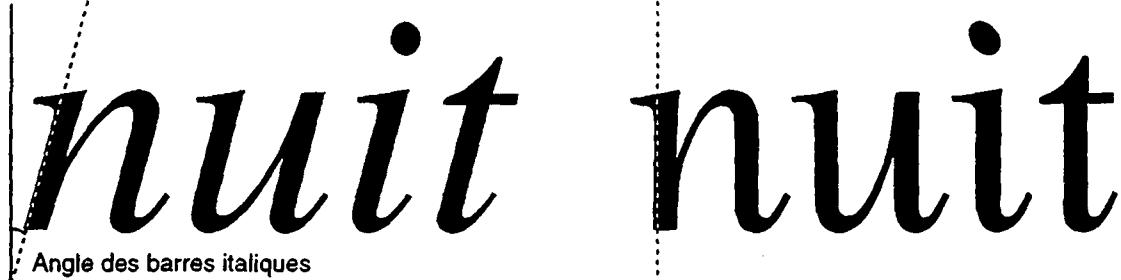
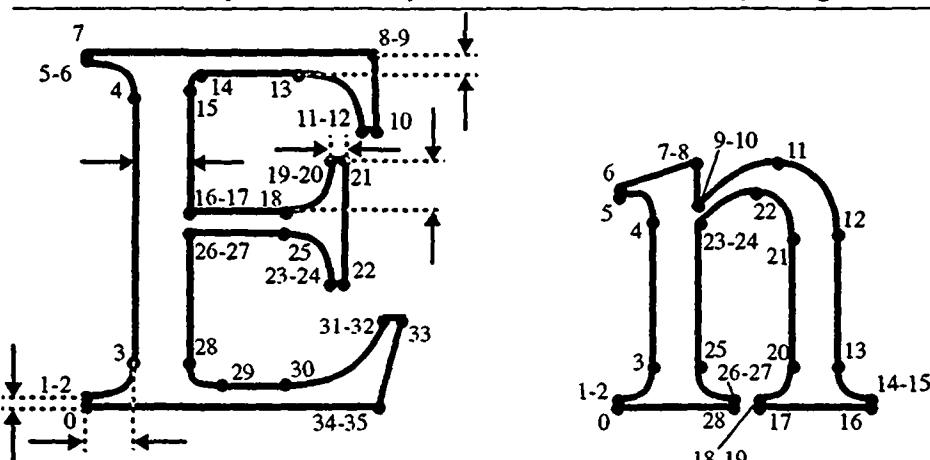


Figure 4.37 Caractères italiques redressés pour faciliter l'étiquetage

4.5 Extraction de paramètres par utilisation de l'étiquetage automatique



Caractère "E":

- | | |
|--|------------------------------------|
| Epaisseur [x, majuscules, verticales] | = HorDistance (TopoPt3,TopoPt15) |
| Epaisseur [y, majuscules, horizontales] | = VertDistance (TopoPt7,TopoPt14) |
| Epaisseur [x, majuscules, LongEmpattements] | = HorDistance (TopoPt1,TopoPt3) |
| Epaisseur [y, majuscules, LongEmpattements] | = VertDistance (TopoPt18,TopoPt20) |
| Epaisseur [x, majuscules, EpaisseurEmpattements] | = HorDistance (TopoPt19,TopoPt21) |
| Epaisseur [y, majuscules, EpaisseurEmpattements] | = VertDistance (TopoPt10,TopoPt2) |

Caractère "n":

- | | |
|--|----------------------------------|
| Epaisseur [x, minuscules, verticales] | = HorDistance (TopoPt3,TopoPt25) |
| Epaisseur [x, minuscules, LongEmpattements] | = HorDistance (TopoPt1,TopoPt3) |
| Epaisseur [y, minuscules, EpaisseurEmpattements] | = VertDistance (TopoPt0,TopoPt2) |

Figure 4.38 caractères "E" et "n", fonte Times, étiquettes associées aux points de la fonte et épaisseurs de référence extraits de ces caractères lors de l'étiquetage automatique

L'application des contraintes d'adaptation du contour à la grille décrite au chapitre 2, et le calcul automatique de l'espacement décrit au chapitre 5, nécessitent la connaissance de paramètres spécifiques à chaque fonte (épaisseurs des barres, position des lignes de référence, espacement entre caractères types). Ces paramètres sont recherchés automatiquement lors de l'étiquetage pour être rajoutés dans l'en-tête de fonte.

Des distances horizontales, verticales ou diagonales entre certains points dans la fonte examinée qui correspondent à des points de structure topologique particuliers sont mesurées et introduites comme valeur dans les paramètres de l'en-tête de fonte. Pour les caractères majuscules, les épaisseurs de référence sont recherchées dans les caractères "E" (*verticales, horizontales, longueur des empattements*), "O" (*épaisseur des parties courbes*), "V" (*épaisseur des diagonales*) et pour les minuscules dans les caractères "n" (*verticales, horizontales, longueur des empattements*), "o" (*épaisseur des parties courbes*), "v" (*épaisseur des diagonales*). La figure 4.38 montre quelles sont les épaisseurs de références extraites des caractères "E" et "n" lors de l'étiquetage automatique.

4.6 Résultats de l'étiquetage automatique

Dans le cadre de notre recherche, nous avons décrit les différentes variantes du modèle topologique des fontes, au chapitre 3 pour les lettres majuscules, minuscules et les chiffres des caractères latins. Le processus d'étiquetage a été testé avec succès sur plus de 100 fontes. Parmi ces fontes, un étiquetage correct a été obtenu sur 99% des caractères. Pour le 1% restant, le programme indique que l'étiquetage n'a pas réussi. L'étiquetage donne un bon positionnement global des points principaux qui forment la structure des caractères. Localement, la position des points de structure topologique n'est pas toujours suffisamment précise. L'affinement local du positionnement des points dans les parties de type empattements (paragraphe 4.3.3) permet d'améliorer cette précision dans les empattements.

La figure 4.39 montre le résultat de l'étiquetage sur des caractères "B" de fontes très diverses. On remarque que dans la fonte ZapfChanceryItalique qui est assez complexe, la plupart des points sont placés à l'endroit désiré, même si les points de structure 4 à 7 sont tous mis en relation avec le même point de la fonte. La figure 4.40 montre le résultat de l'étiquetage sur des caractères "g" de différentes fontes. Ce caractère peut se dessiner suivant deux variantes topologiques. Une partie des fontes est mise en relation avec la première variante et les autres fontes avec la deuxième variante.

En cas d'échec de l'étiquetage, on peut obtenir dans un fichier une trace complète des candidats, des critères appliqués et de la raison de l'échec. Les erreurs dans l'étiquetage peuvent être résolues soit en modifiant légèrement le modèle du caractère concerné, soit si la raison de l'échec provient d'une topologie trop différente du modèle, en ajoutant une nouvelle variante au modèle topologique du caractère concerné. Une modification du programme d'étiquetage pourrait également permettre d'améliorer le taux d'étiquetage correct. L'introduction d'un mécanisme de back-tracking dans l'étiquetage, permettant de revenir en arrière lors d'un choix qui s'avère par la suite erroné, serait utile. Le calcul de la probabilité pour qu'une relation soit correcte, basée sur l'attribution de poids aux différents critères topologiques, permettrait aussi d'améliorer l'étiquetage.

Le modèle topologique et l'algorithme d'étiquetage automatique développés dans le cadre de ce travail donnent de bons résultats dans le cas des fontes latines. Cette méthode peut aussi s'appliquer à d'autres fontes de même complexité comme les fontes cyrilliques et hébraïques. Pour des fontes d'une complexité supérieure (fontes Chinoises, Kanji) une généralisation du modèle topologique et de l'algorithme d'étiquetage est nécessaire.

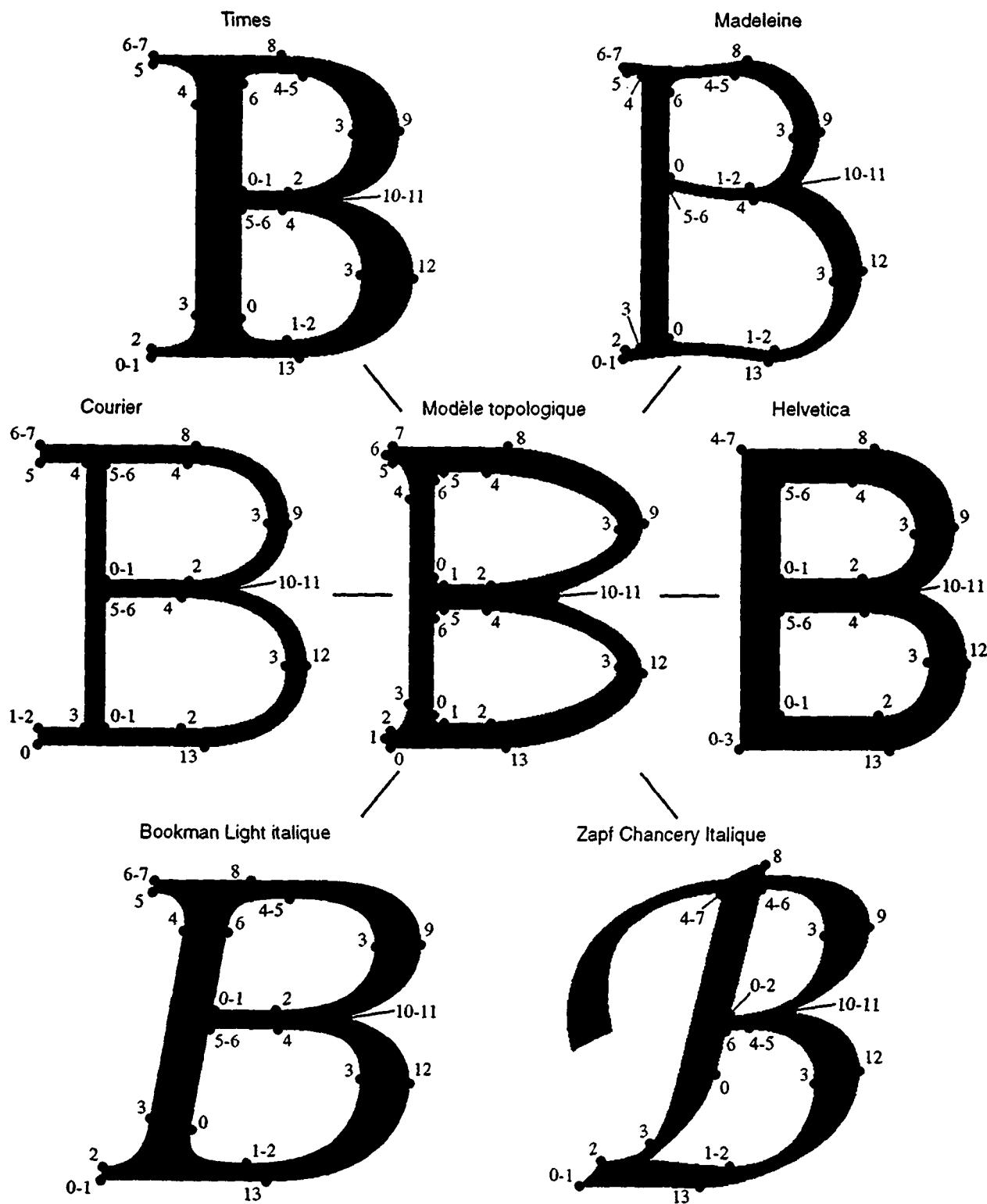


Figure 4.39 Résultat de l'étiquetage automatique du caractère "B", localisation des points de structure topologique

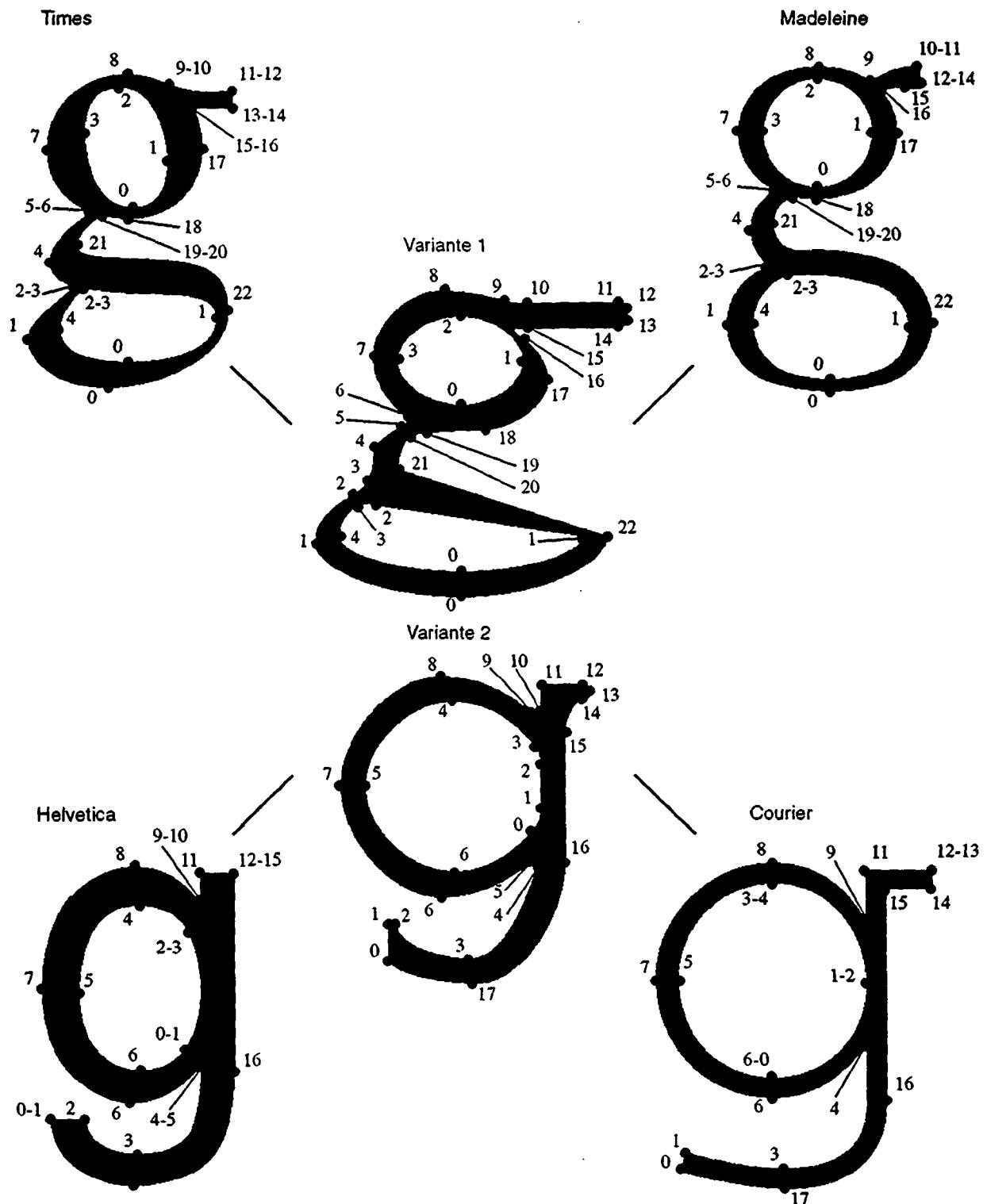


Figure 4.40 Résultat de l'étiquetage automatique du caractère "g", localisation des points de structure topologiques

CHAPITRE 5 Interlettrage automatique

Les règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets nous permettent d'obtenir des caractères isolés de bonne qualité. Un espacement correct entre les caractères est nécessaire pour obtenir un bon rendu global.

Un espacement correct entre les caractères amène un équilibre entre les blancs et les noirs, entre l'oeil et la forme des caractères. Cet espacement contribue à l'obtention d'un rythme continu dans un mot, dans une phrase, dans tout un paragraphe.

Notre recherche est basée sur le savoir des créateurs de fontes typographiques. Par interaction avec des typographes et des créateurs de fontes, nous essayons de trouver des règles qui permettent de formuler de manière algorithmique le savoir visuel des typographes.

L'espacement entre les caractères dépend de la technique utilisée et de la qualité désirée :

- espacement fixe (même espacement pour chaque caractère)
- espacement proportionnel (à chaque caractère est associé un vecteur de chasse qui donne l'espacement entre ce caractère et le caractère suivant)
- espacement proportionnel avec table de crénage (pour chaque paire de caractères, l'espacement est obtenu à l'aide d'une table)

Les paramètres qui régissent l'espacement dépendent fortement du type de fonte (droit, italique, gras, script). Nous utilisons l'étiquetage automatique (chapitre 4) pour rechercher ces paramètres dans les différentes fontes.

5.1 Espacement fixe

Ce type d'espacement a été rendu nécessaire par la technologie des premières machines à écrire. Ces machines ne permettaient d'utiliser qu'un seul espacement. Lors de la conversion ponctuelle de la fonte, chaque caractère doit être contenu dans une boîte de taille fixe (figure 5.1).



Figure 5.1 Exemple d'espacement fixe, fonte *Monaco*

La fonte *Courier* (figure 5.2) a été spécialement étudiée afin d'obtenir une fonte à espacement fixe, visuellement bien équilibrée. Ce résultat est obtenu en allongeant ou en condensant certaines par-

ties de caractère. Les empattements du caractère "I" sont allongés de manière à remplir tout l'espace disponible.

COURIER

Figure 5.2 Exemple d'espacement fixe, fonte *Courier*

Malgré l'amélioration de la technique, les fontes à espacement fixe continuent à être utiles pour des applications particulières. Dans certains textes techniques ou commerciaux (figure 5.3), l'alignement vertical des caractères et des mots est important pour la lisibilité et la compréhension du texte.

PROCEDURE BoucleSimple	Janvier	12'324.50
VAR X : INTEGER;	Février	5'213.20
BEGIN	Mars	23'345.55
FOR X := 0 TO 10 DO	Avril	9'432.65
PRINT(X);	Mai	15'232.15
END;	Total	65'527.05
END BoucleSimple;		

Figure 5.3 Listings informatiques

Tableaux de chiffres

5.2 Espacement proportionnel

Dans le cas d'un espacement proportionnel, chaque caractère occupe une place plus ou moins grande selon sa forme (figure 5.4). Le caractère "I" occupe une place bien moindre que le caractère "V". Les caractères typographiques sont dessinés et fabriqués de manière à ce que la position, la forme et la chasse de la lettre assurent un espacement correct entre toutes les combinaisons de lettres. Les créateurs de fontes conçoivent les contours et les métriques de manière à ce que pour toutes les combinaisons de caractères, l'espace visuel reste à peu près similaire. La métrique choisie correspond à une sorte de chasse moyenne qui résout de manière satisfaisante la plupart des approches.



Figure 5.4 Exemple d'espacement proportionnel, fonte *Times*

5.3 Espacement proportionnel avec crénage

L'une des possibilités permettant d'aller plus loin dans la qualité de l'espacement est l'utilisation d'une table de crénage. Dans le cas d'un espacement proportionnel avec utilisation d'une table de

crénage, l'espacement entre chaque paire de caractères est optimisé de manière à obtenir l'espace-ment visuel le plus régulier.



Figure 5.5 Exemple d'espacement avec utilisation d'une table de crénage, fonte *Times*

Dans l'exemple de la figure 5.5, la forme des caractères "A" et "V" permet de rapprocher ces deux caractères. Ce rapprochement évite un espace blanc trop important entre la lettre "A" et le reste du mot.

Les tables de crénage sont souvent disponibles avec les métriques de la fonte sous la forme d'une table d'exceptions par rapport à un vecteur de chasse standard. Cette table n'est que rarement complète, une table complète avec toutes les combinaisons possibles de paires de caractères prendrait trop de place dans la description de la fonte.

```
Av Aw Ay Ta Te To Tr Tu Tw Ty Ya Yo Wa We Wo we yo AC
AT AV AW AY FA LT LV LW LY OA OV OW OY PA TA TO VA VO
WA WO YA YA YO
```

Figure 5.6 Paires de caractères pour lesquelles le crénage est nécessaire (source Altsys Co.)

```
A' AG AO AQ AU BA BE BL BP BR BU BV BW BY CA CO CR DA
DD DE DI DL DM DN DO DP DR DU DV DW DY EC EO F. F, FC
FG FO GE GO GR GU HO IC IG IO JA JO KO L' LC LG LO LU
MC MG MO NC NG NO OB OD OE OF OH OI OK OL OM ON OP OR
OT OU OX P. P; P: PE PL PO PP PU PY QU RC RG RY RT
RU RV RW RY SI SM ST SU TC UA UC UG UO US VC VG VS WC
WG YC YS ZO Ac Ad Ae Ag Ao Ap Aq At Au Bb Bi Bk Bl Br
Bu By B. B, Ca Cr C. C, Da D. D, Eu Ev Fa Fe Fi Fo Fr
Ft Fu Fy F; F: Gu He Ho Hu Hy Ic Id Iq Io It Ja Je Jo
Ju J. J, Ke Ko Ku Lu Ly Ma Mc Md Me Mo Mu Na Ne Ni No
Nu N. N, Oa Ob Oh Ok Ol O. O, Pa Pe Po Rd Re Ro Rt Ru
Si Sp Su S. S, Tc Ti Tr Ts Tu T. T, T; T: Ua Ug Um Un
Up Us U. U, Va Ve Vi Vo Vr Vu V. V, V; V: Wd Wi Wm Wr
Wt Wu Wy W. W, W; W: Yd Ye Yi Yp Yu Yv Y. Y, Y; Y: ac
ad ae ag ap af at au av aw ay ap bl br bu by b. b, ca
ch ck da dc de dg do dt du dv dw dy d. d, ea ei el em
en ep er et eu ev ew ey e. e, fa fe ff fi fl fo f. f,
ga ge gh gl go gg g. g, hc hd he hg ho hp ht hu hv hw
hy ic id ie ig io ip it iu iv ja je jo ju j. j, ka kc
kd ke kg ko la lc ld le lg lo lp lq lf lu lv lw ly ma
mc md me mg mo mp mt mu mv my nc nd ne ng no np nt nu
nv nw ny ob of oh oj ok ol om on op or ou ov ow ox oy
o. o, pa ph pi pl pp pu p. p, qu q. ra rd re rg rk rl
rm rn ro rq rr rt rv ry r. r, sh st su s. s, td ta te to
t. t, ua uc ud ue ug uo up uq ut uv uw uy va vb vc vd
ve vg vo vv vy v. v, wa wc wd we wg wh wo w. w, xe y.
y, ya yc yd ye yo 'A ' . ' , ' . ' , ' 'S ' 'S " "
```

Figure 5.7 Paires de caractères pour lesquelles le crénage est utile (source Altsys Co.)

5.4 Calcul dynamique de l'interlettrage

Le problème du calcul automatique de l'espacement entre les caractères a déjà fait l'objet de plusieurs recherches. Les premiers essais ont été faits en projetant l'image des caractères à travers différents types de lentilles et en mesurant la lumière incidente. En Angleterre, David Kindersley [Kindersley76] a développé un système d'espacement basé sur le calcul du centre optique du caractère (centre de gravité de la lettre obtenu par le calcul du moment de 2^e ordre). Cette méthode permettait de placer les caractères de manière bien équilibrée dans une succession de boîtes rectangulaires. Les résultats de ces travaux ont été utilisés pour dessiner les plaques de rues et de localités.

L'objectif de notre algorithme d'espacement est de calculer, en fonction du contour géométrique de deux caractères et d'une information sur la résolution du dispositif de sortie, l'espacement optimal entre ces deux caractères. Cet espacement doit garantir un équilibre optique et une bonne lisibilité du texte.

Dans un cas général, nous essayons d'appliquer des filtres géométriques sur les faces des caractères afin d'obtenir une surface géométrique mesurable qui représente l'espace visuel perçu (espacement optique) entre les caractères (paragraphe 5.4.1). Si les faces de deux caractères successifs sont d'un type fréquemment utilisé et facilement décelable (face verticale, courbe convexe), nous recherchons dans une table l'espacement correspondant au type des faces considérées (paragraphes 5.4.2). Les cas de l'espacement entre caractères italiques (paragraphe 5.4.4) et de l'espacement entre les points discrets à très basse résolution (paragraphes 5.4.5-5.4.6) ont fait l'objet d'études particulières. Pour ces cas, des règles supplémentaires sont adjointes à la méthode générale.

Dans le cas d'un dispositif de visualisation WYSIWIG (paragraphe 5.4.7) le report des erreurs d'espacement doit se faire entre les mots afin de maintenir la position des différents éléments dans la page.

5.4.1 Espacement entre caractères par approximation géométrique de l'espace visuel

Un algorithme de calcul de l'espacement qui serait basé uniquement sur le calcul de l'espace géométrique entre deux caractères donnerait des résultats très bizarres. Il n'y a pas de correspondance entre un espace géométrique et l'espacement visuel. Il est nécessaire de tenir compte de tous les effets optiques qui peuvent intervenir dans le phénomène de la vision [Jamra91]. Les éléments de surface géométriques qui séparent deux caractères, n'influencent pas tous de la même manière l'espace visuel perçu.

5.4.1.1 Espacement visuel et espacement géométrique

Les créateurs de fontes parlent d'équilibre de l'espace visuel. Ce que nous, ingénieurs, savons calculer c'est une surface géométrique. Il n'y a pas de correspondance directe entre l'espace visuel perçu et une surface géométrique mesurable. Suite à de nombreuses discussions avec des créateurs et des dessinateurs de fontes, j'ai essayé d'énoncer un certain nombre de règles sur la manière avec laquelle le contour et la forme des caractères influencent l'espacement visuel. Chacune de ces règles va nous permettre une simplification du problème. Notre but est de passer progressivement d'un espace visuel à une surface géométrique mesurable. Enumérons rapidement ces règles qui seront détaillées plus tard.

- La forme du contour intérieur des caractères n'a que peu d'influence sur l'espacement
- La face la plus extérieure est celle qui exerce le plus d'influence sur l'espacement

- Dans les cavités, les parties qui sont cachées par rapport au bord du caractère n'ont que peu d'influence sur l'espacement
- Le centre d'une cavité influence plus l'espacement que les bords de la cavité
- Plus l'ouverture d'une cavité est petite, moins elle influence l'espacement
- Plus les points et les éléments de courbe sont éloignés du caractère suivant, moins ils influencent l'espacement
- Deux caractères successifs ne doivent pas se toucher

Ces règles ne sont pas absolues et sont sujettes à discussion. Elles fournissent néanmoins un point de départ permettant de simplifier le problème. A partir de ces règles nous pouvons transformer le contour des caractères (figure 5.8) afin d'obtenir une surface géométrique mesurable qui représente l'espacement visuel entre deux caractères qui se suivent.



Figure 5.8 Contour des caractères, Fonte Times, sans crénage

Dans les figures qui suivent, les espaces éliminés à l'étape courante sont hachurés, ceux qui ont été éliminés lors d'une étape précédente sont remplis.

5.4.1.2 Élimination des contours intérieurs

Règle 1:

La forme du contour intérieur des caractères n'a que peu d'influence sur l'espacement

Lors de présentations de nos travaux à des typographes, c'est cette règle, selon laquelle le contour intérieur n'a que peu d'influence sur l'espacement, qui les fait le plus réagir. Nous allons nuancer cette règle en disant que l'épaisseur des traits a plus d'influence sur l'espacement que la forme intérieure. Les caractéristiques de style et de graisse influencent déjà les différents paramètres d'espacements de la fonte calculés à partie des métriques de la fonte lors de l'étiquetage automatique. Le contour intérieur intervient déjà dans les paramètres généraux de l'espacement par l'épaisseur des traits qu'il produit. Dans ma simplification du problème, j'élimine les contours intérieurs et les parties des courbes intérieures (figure 5.9).



Figure 5.9 Élimination des contours intérieurs

5.4.1.3 Extraction des faces extérieures

Règle 2:

La face la plus extérieure est celle qui exerce le plus d'influence sur l'espacement

Pour chaque face, nous allons rechercher les maxima et les minima verticaux absolus. S'il y a plusieurs points qui sont des points extrêmes verticaux absolus dans la même direction, on va choisir celui qui se trouve le plus à l'extérieur du caractère. Les faces intérieures qui ne se trouvent pas entre le point minimum et le point maximum en Y de la face sont éliminées (figure 5.10).

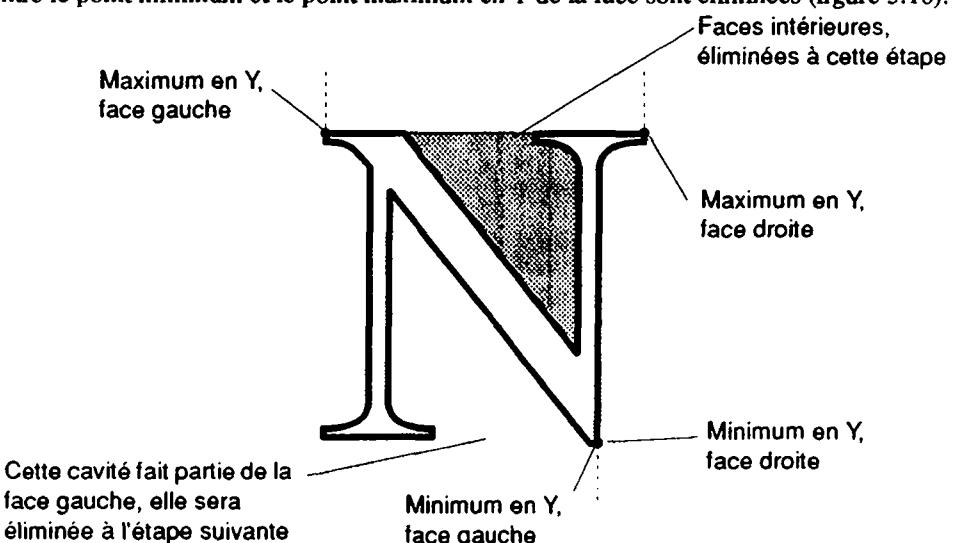


Figure 5.10 Élimination des faces intérieures, exemple caractère "N"

Les parties de contour qui ne font pas partie d'une face extérieure sont éliminées. Les surfaces correspondantes sont fermées et noircies (figure 5.11).

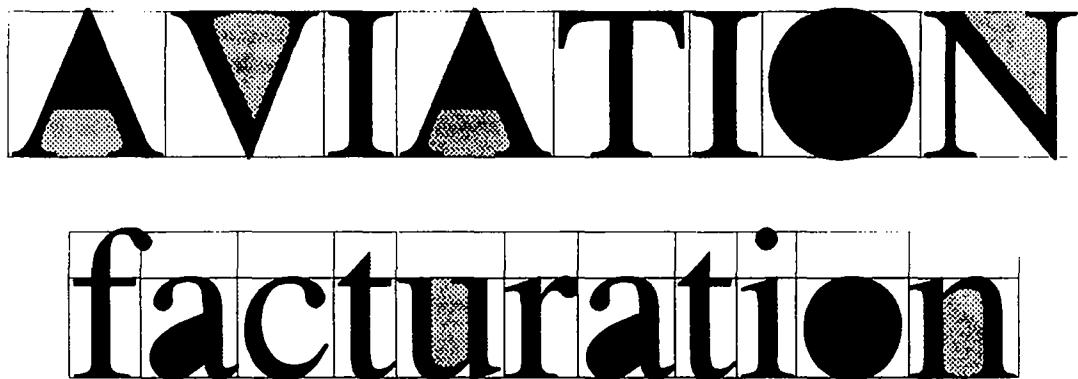


Figure 5.11 Élimination des faces intérieures

5.4.1.4 Élimination des parties cachées

Règle 3:

Dans les cavités, les parties qui sont cachées par rapport au bord du caractère n'ont que peu d'influence sur l'espacement

On recherche dans la direction verticale tous les minimums et maximums locaux. Chaque fois qu'il y a un minimum local en Y (sur la face droite) suivi d'un maximum local en Y, il existe une partie de contour qui n'est pas visible depuis l'extérieur du caractère, partie que l'on va éliminer (figure 5.12).

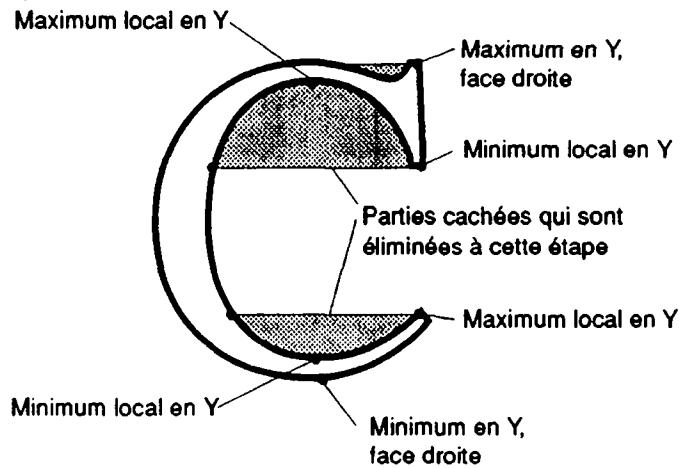


Figure 5.12 Élimination des parties cachées dans la face droite du caractère "C"

Chacune de ces cavités cachées est fermée par un segment horizontal qui relie le point extrême, sur la face extérieure à la suite du contour (figure 5.13).

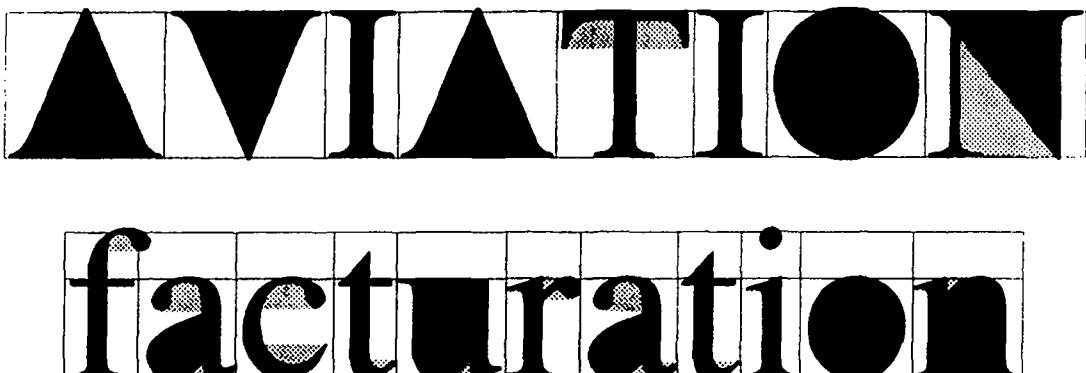


Figure 5.13 Élimination des parties cachées

5.4.1.5 Liaison des figures séparées

Dans tous les caractères formés de plusieurs figures séparées (caractères accentués, signes spéciaux), les différentes figures sont reliées entre elles de manière à n'obtenir qu'un seul contour extérieur comportant une face droite et une face gauche (figure 5.14).

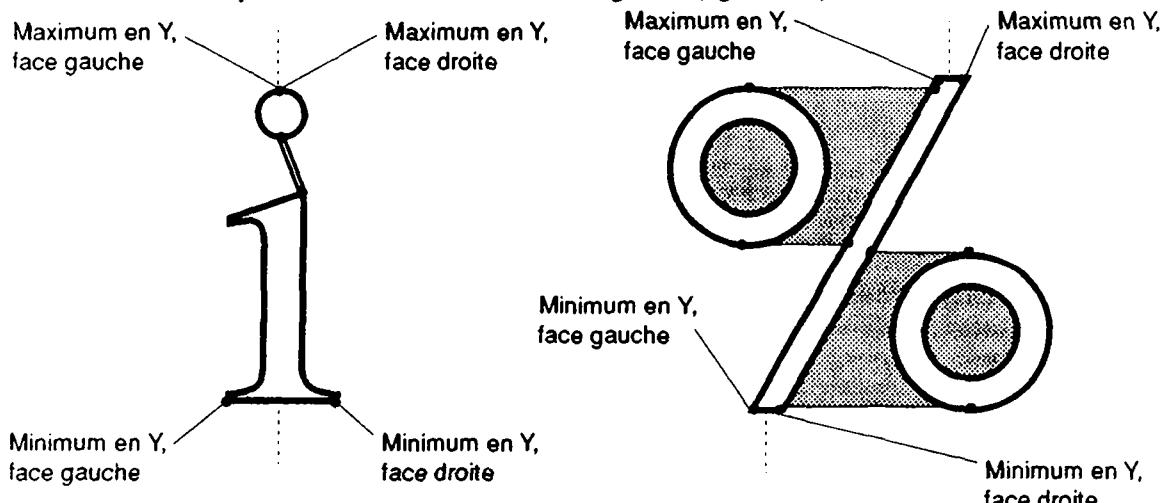


Figure 5.14 Liaison des figures séparées

5.4.1.6 Projection d'une ombre sur les faces afin d'adoucir les bords des cavités

Règle 4:

Le centre d'une cavité influence plus l'espacement que les bords de la cavité

Les bords et le fond d'une cavité influencent moins l'espacement que la zone située au centre de son ouverture. La manière avec laquelle l'espace visuel entre dans les cavités est un peu semblable à un rayon de lumière oblique. Partant de cette similitude, nous allons projeter une ombre sur les

faces des cavités. Pour des raisons de simplification de calcul, cette ombre est projetée suivant un angle de 45° vers le haut et vers le bas (figure 5.15).

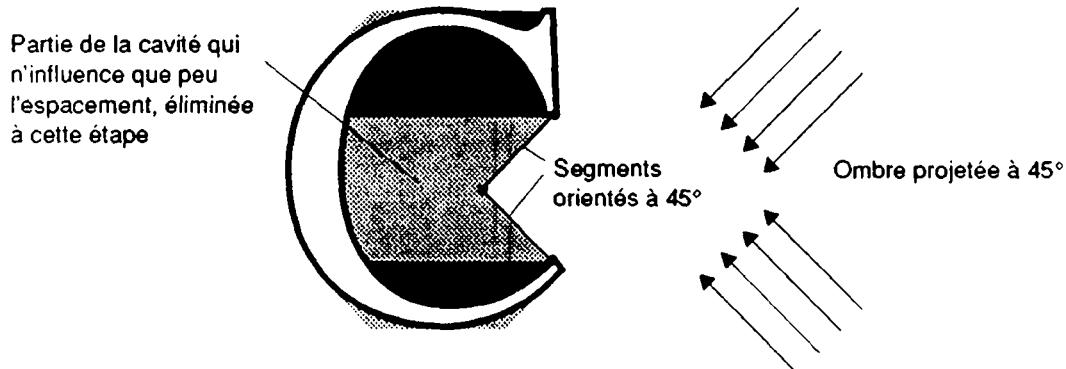


Figure 5.15 Projection d'une ombre sur les faces du caractère

L'algorithme parcourt la succession des segments qui forment la face. Dès qu'un segment pénètre vers l'intérieur du caractère avec un angle supérieur à 45° , ce segment est remplacé par un segment, orienté à 45° , partant du même point et arrivant au point d'intersection de ce segment avec les éléments suivants de la face (figure 5.16). Cette limitation de la pénétration de l'espace visuel à l'intérieur du caractère correspond à l'application d'un filtre passe-bas sur la forme du caractère ayant pour effet d'adoucir le profil du contour du caractère (variation d'angle en fonction du chemin parcouru).

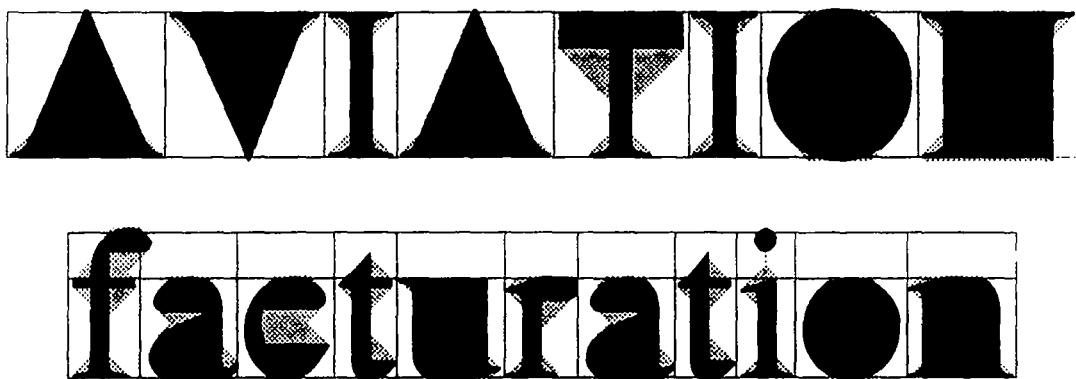


Figure 5.16 Projection d'une ombre à 45° sur les faces pour adoucir les rebords des cavités

5.4.1.7 Limitation de la profondeur des cavités

Règle 5:

Plus l'ouverture d'une cavité est petite, moins elle influence l'espacement

Malgré la simplification du paragraphe 5.4.1.6, les cavités continuent à avoir trop d'influence sur l'espacement. Dans le cas d'un caractère "C" suivi d'un autre caractère, ces deux caractères seront trop espacés par rapport à une paire de caractères ne comportant pas de cavité. Il serait possible de résoudre ce problème en utilisant un angle autre que 45° à l'étape précédente pour fermer un peu plus les cavités. Nous avons choisi de limiter la profondeur des cavités. Partant de la règle selon

laquelle plus l'ouverture d'une cavité est petite, moins elle influence l'espacement, la profondeur des cavités est limitée à une valeur proportionnelle à leur ouverture (figure 5.17).

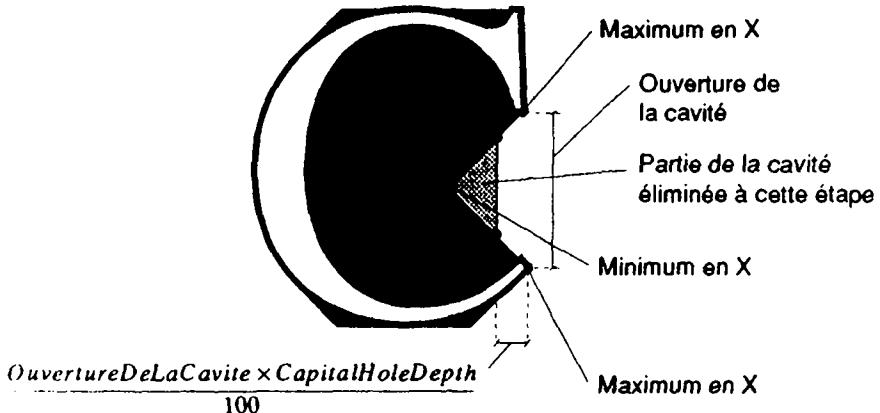


Figure 5.17 Limitation de la cavité, exemple du caractère "C"

Les points extrêmes dans la direction horizontale sont recherchés. Chaque succession d'un maximum en X suivi d'un minimum en X puis d'un maximum en X indique la présence d'une cavité. S'il y a des cavités qui englobent d'autres, on va traiter en premier la cavité la plus globale. L'ouverture de la cavité correspond à la différence, suivant la coordonnée verticale des deux points (extrema horizontaux) qui délimitent les bords de la cavité.

La profondeur résiduelle de la cavité est calculée, en fonction de l'ouverture de la cavité, en utilisant le paramètre CapitalHoleDepth ou SmallHoleDepth. La coordonnée horizontale du fond de la nouvelle cavité correspond à la coordonnée X du point maximum en X le plus à l'extérieur du caractère moins la profondeur résiduelle.

L'intersection d'un segment vertical placé à cette coordonnée horizontale avec la forme de la cavité va nous donner la forme de la nouvelle cavité (figure 5.18).

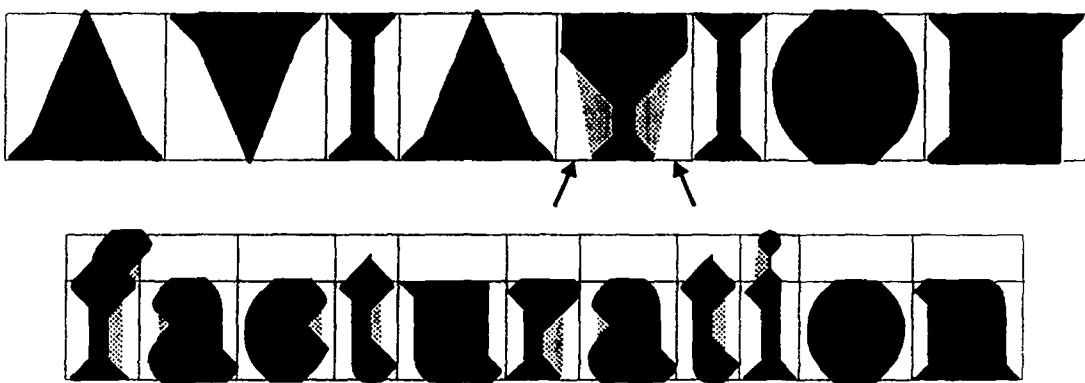


Figure 5.18 Limitation de la profondeur des cavités

Si la coordonnée horizontale de l'un des points qui forment le bord de la cavité se situe en deçà de la nouvelle coordonnée horizontale calculée pour le fond de la cavité, la partie éliminée correspond

à la surface délimitée par un segment qui relie ce point avec le point d'intersection de la face avec le fond de la cavité. (figure 5.19).

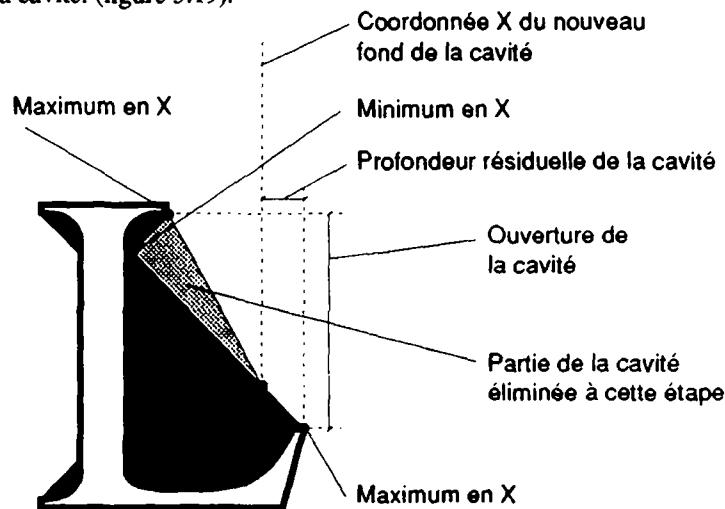


Figure 5.19 Limitation de la profondeur des cavités, exemple du caractère "L"

5.4.1.8 Limitation globale de la profondeur des faces

Règle 6:

Plus les points et les éléments de courbe sont éloignés du caractère suivant, moins ils influencent l'espacement

A partir de cette règle, nous pouvons considérer que les éléments de courbe qui sont éloignés du point extrême de la face n'ont que peu d'influence sur l'espacement. Le point extrême de la face dans la direction X est recherché. En utilisant le paramètre de profondeur maximum des faces (CapitalMaxHoleDepth), la limite de profondeur de la face est calculée. Les points d'intersection du contour avec la limite de profondeur de la face sont calculés (figure 5.20).

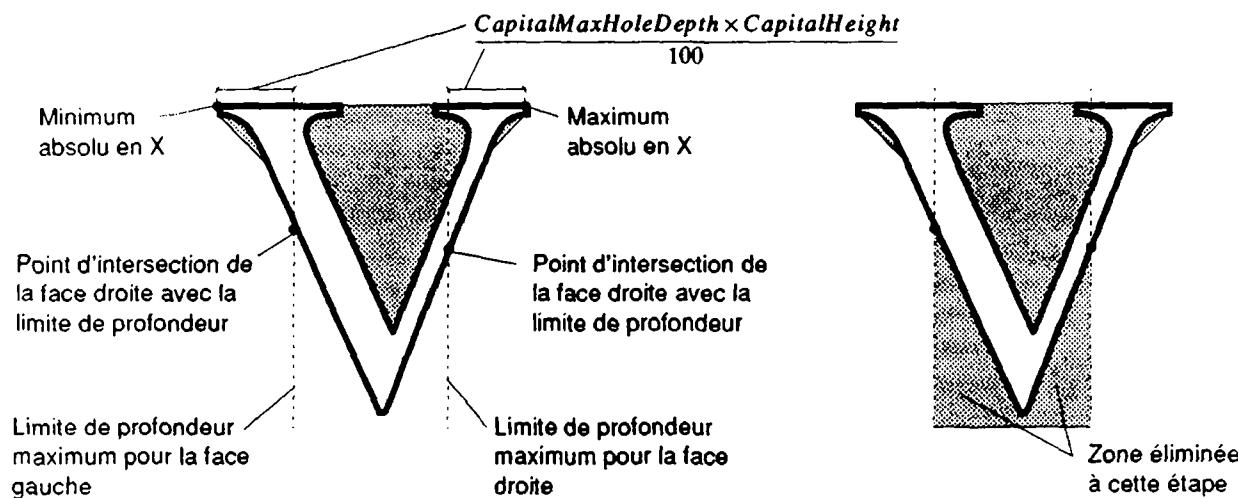


Figure 5.20 Intersection de la face avec la limite de profondeur maximum

Tous les éléments de courbe qui ont leur coordonnée X en deçà de cette limite sont remplacés par des segments verticaux dont la coordonnée X est égale à la limite de profondeur (figure 5.21).

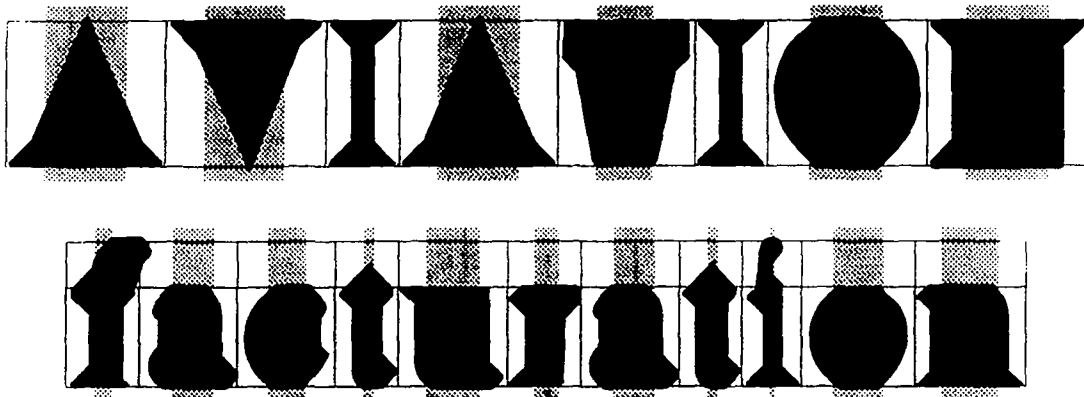


Figure 5.21 Limitation globale de la profondeur des faces

5.4.1.9 Réglage de l'espacement par uniformisation de l'espace visuel

A la suite de toutes ces étapes, nous obtenons une surface géométrique entre les lignes de référence horizontales des caractères et les faces "simplifiées". La largeur moyenne de cette surface est une bonne approximation de l'espacement visuel entre les caractères. Plus cette valeur est grande, plus les caractères doivent être rapprochés (figure 5.22).

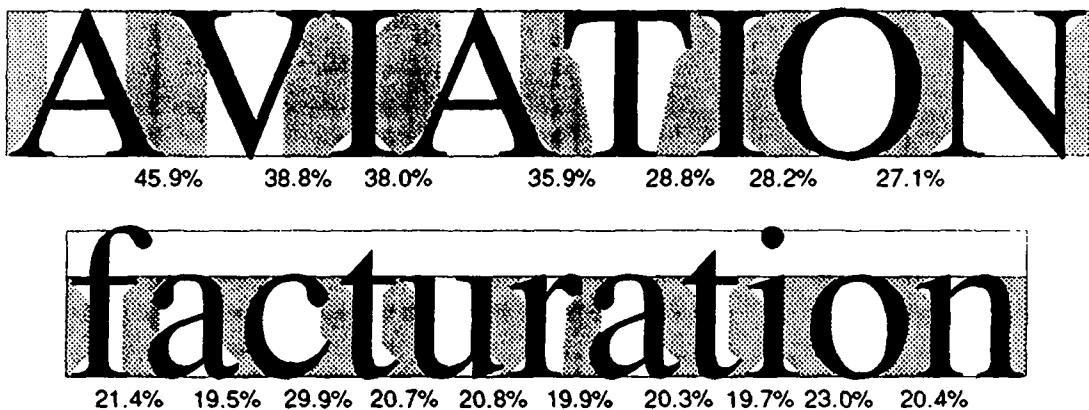


Figure 5.22 Largeur moyenne entre les faces simplifiées, en% de la hauteur des caractères

Les caractères sont rapprochés ou éloignés afin d'obtenir, entre les caractères, un espace visuel représenté par des surfaces géométriques "simplifiées" de même largeur moyenne. Le vecteur de chasse optimum (VCO) entre l'origine d'un caractère et l'origine du caractère suivant s'obtient à partir de l'espace visuel gauche du deuxième caractère (EVG), le complément à l'espace visuel droit du premier caractère (CEVD) et la valeur de l'espacement visuel optimum (EVO) par la formule:

$$VCO(1^{er}Car, 2^{eme}Car) = \frac{CEVD(1^{er}Car)}{HauteurCaractere} + \frac{EVO}{HauteurCaractere} - \frac{EVG(2^{eme}Car)}{HauteurCaractere}$$

Formule 5.1

Le complément à l'espace visuel droit du premier caractère (*CEVD*) correspond à la surface délimitée par la coordonnée horizontale de l'origine du 1^{er} caractère, la face droite “simplifiée” de ce caractère, la ligne de base et la ligne supérieure des caractères. L'espace visuel gauche du deuxième caractère (*EVG*) correspond à la surface délimitée par la coordonnée horizontale de l'origine du 2^{ème} caractère, la face gauche “simplifiée” de ce caractère, la ligne de base et la ligne supérieure des caractères (figure 5.23).

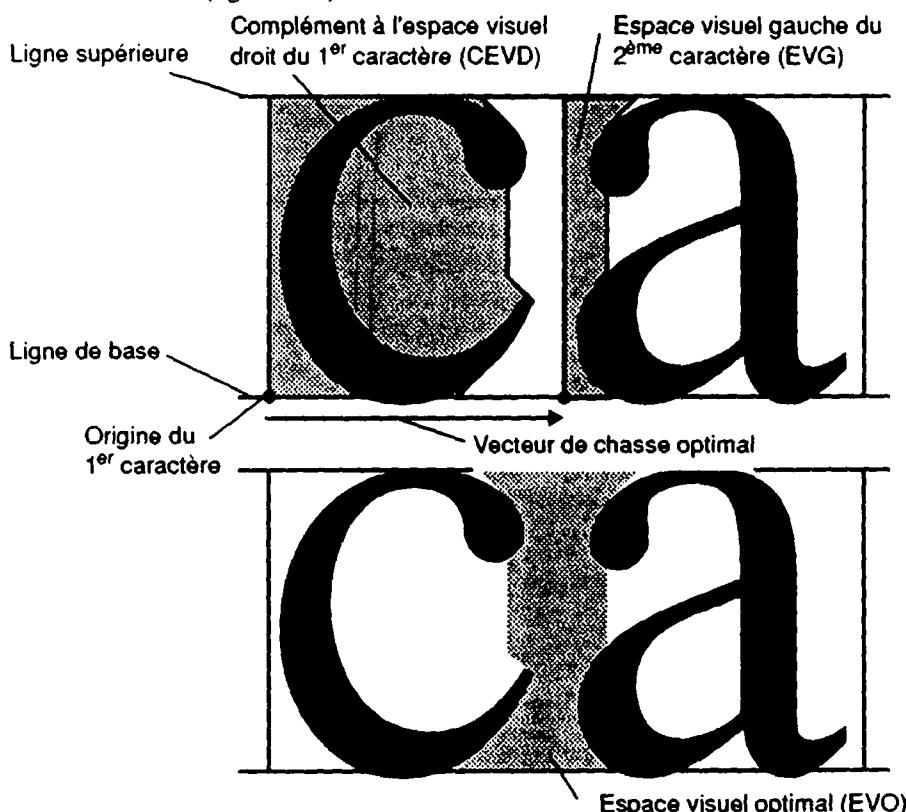


Figure 5.23 Calcul du vecteur de chasse optimal à partir des faces “simplifiées”

La largeur moyenne des surfaces géométriques entre les faces “simplifiées” et les lignes de références doit prendre la valeur de l'espacement visuel optimal (*EVO*) entre deux caractères, donné par une table (CapitalSpacing ou SmallSpacing, selon que le caractère est majuscule ou minuscule, figure 5.24).



Figure 5.24 Espacement visuel uniformisé, CapitalSpacing = 27%, SmallSpacing = 20%

5.4.1.10 Maintien d'un espace minimum

Règle 7:

- Deux caractères successifs ne doivent pas se toucher

Dans l'exemple de la figure 5.24, les caractères "V" "I" et "I" "A" sont trop rapprochés et leurs empattements se touchent. Pour éviter ce genre de situation, un espace minimal entre les éléments du contour de deux caractères successifs est maintenu.

L'espace entre les caractères est découpé en bandes horizontales. La distance entre le centre de deux bandes horizontales consécutives (CapitalMinSpaceZoneDist ou SmallMinSpaceZoneDist) doit permettre de découper l'espace entre la ligne de base et la ligne supérieure des caractères en un nombre entier de zones. La largeur de chaque bande (CapitalMinSpaceZoneWidth ou SmallMinSpaceZoneSpace) est plus grande que la distance entre les zones afin que, dans le cas où les éléments de courbe de deux caractères successifs se chevauchent presque, un espacement minimal soit également garanti en diagonale. Pour chaque bande, la coordonnée X la plus extrême est recherchée dans la face droite du premier caractère et dans la face gauche du deuxième caractère (figure 5.25).

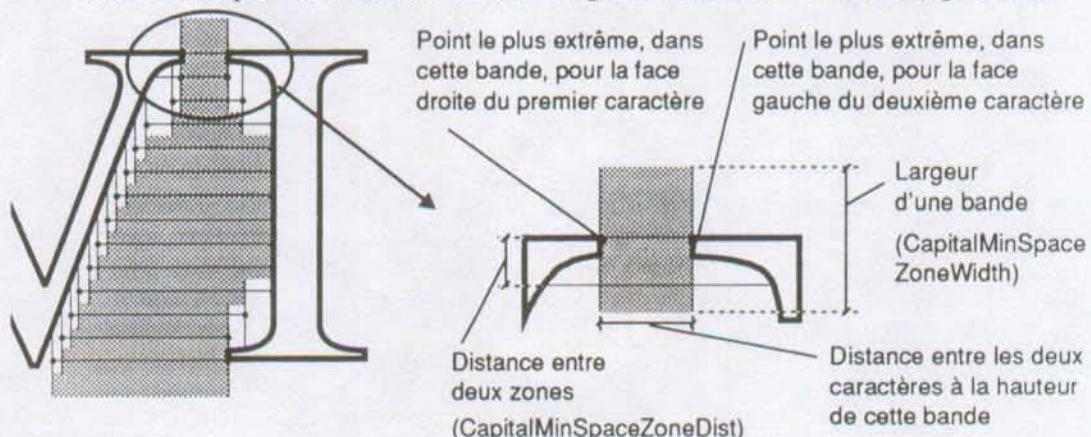


Figure 5.25 Découpage de l'espace entre les caractères en bandes pour calculer l'espacement minimum

Les caractères sont éloignés de manière que, pour la zone où les points extrêmes des deux faces sont le plus proches, un espace minimum (CapitalMinimalSpacing ou SmallMinimalSpacing) soit garanti entre ces points (figure 5.26).



Figure 5.26 Maintien d'un espace minimal, caractères "V" "I" et "I" "A" éloignés

Dans certains cas (ligatures, fontes scripts), les caractères doivent pouvoir se toucher. Pour les ligatures, une suite de deux ou trois caractères sont remplacés par un seul caractère ligaturé (fi remplacé par fi). Certaines fontes scripts sont prévues pour se toucher et donner l'impression d'être dessinées d'un trait. Pour ce genre de fonte, il est nécessaire de désactiver l'espacement minimum.

Nous obtenons avec notre méthode un espacement entre les lettres calculé de manière automatique et offrant un bon équilibre optique (figure 5.27).

AVIATION facturation

Figure 5.27 Espacement obtenu par le calcul automatique de l'interlettrage

En comparant l'espacement sans crénage et l'espacement obtenu avec notre méthode d'espacement automatique (figure 5.27), nous observons que les caractères entre lesquels l'espace était trop important, se sont rapprochés.

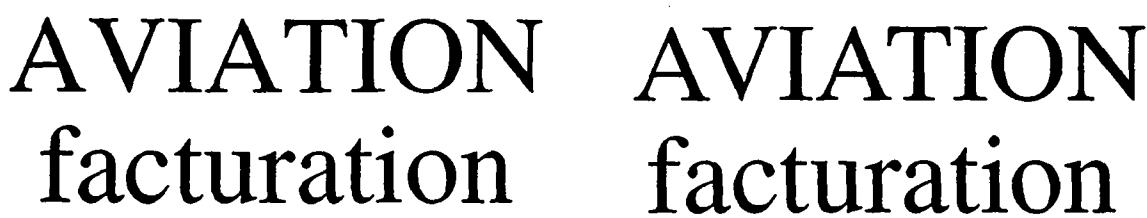


Figure 5.28 Comparaison entre l'espacement sans crénage et celui obtenu à l'aide de notre méthode de calcul automatique de la valeur de crénage.

Les paramètres utilisés pour la transformation de l'espace visuel entre les caractères en une surface géométrique sont donnés en pourcentage de la hauteur du caractère (hauteur des minuscules ou des majuscules).

Pour les majuscules:

- | | | |
|-----------------------|-----|---|
| • CapitalHoleDepth | 21% | profondeur résiduelle des cavités, valeur donnée en pourcentage de l'ouverture de la cavité, pour les caractères majuscules |
| • CapitalMaxHoleDepth | 25% | profondeur maximum des faces, valeur donnée en pourcentage de la hauteur du caractère, pour les caractères majuscules |

- CapitalMinSpaceZoneDist 8% distance entre les centres de deux bandes horizontales consécutives pour le calcul de l'espacement minimal, valeur donnée en pourcentage de la hauteur du caractère, pour les caractères majuscules
- CapitalMinSpaceZoneWidth 23% largeur des bandes horizontales utilisées pour le calcul de l'espacement minimal, valeur donnée en pourcentage de la hauteur du caractère, pour les caractères majuscules

Pour les minuscules:

- SmallHoleDepth 21% profondeur résiduelle des cavités, valeur donnée en pourcentage de l'ouverture de la cavité, pour les caractères minuscules
- SmallMaxHoleDepth 25% profondeur maximum des faces, valeur donnée en pourcentage de la hauteur du caractère, pour les caractères minuscules
- SmallMinSpaceZoneDist 8% distance entre les centres de deux bandes horizontales consécutives pour le calcul de l'espacement minimal, valeur donnée en pourcentage de la hauteur du caractère, pour les caractères minuscules
- SmallMinSpaceZoneWidth 23% largeur des bandes horizontales utilisées pour le calcul de l'espacement minimal, valeur donnée en pourcentage de la hauteur du caractère, pour les caractères minuscules

Pour donner des valeurs à ces différents paramètres, nous avons essayé d'isoler des cas pour lesquels seule une partie de ces paramètres ont de l'influence. Le paramètre de profondeur résiduelle des caractères (CapitalHoleDepth) a été réglé à l'aide de mots contenant des cavités dans leurs faces ("CIKI", "chiki"). Le paramètre de profondeur maximum des faces (CapitalMaxHoleDepth) agit sur des mots ayant des faces formées de diagonales ("AVATA").

5.4.2 Espacement entre parois type

Dans la résolution du problème de l'espacement entre caractères, nous sommes confrontés à des combinaisons de parois qui se retrouvent fréquemment (barre-barre, barre-arc, arc-barre, arc-arc). L'espacement entre caractères, pour ces combinaisons de parois, peut se résoudre par approximation géométrique de l'espace visuel (paragraphe 5.4.1). Cependant, la méthode générale ne permet pas de garantir un espacement identique des parois d'un même type. La présence ou l'absence d'un empattement ainsi que de petites variations de forme peuvent produire un espacement légèrement différent. Nous avons donc complété la méthode générale par une détection des parois typiques (barres verticales, courbes convexe) et le stockage dans l'en-tête de fonte de l'espacement entre combinaisons de parois typiques.

L'espacement entre deux caractères est calculé par la formule d'espacement générale (formule 5.1) où l'espace visuel optimal (EVO) est remplacé par l'espace entre parois gauche et droite tabulé; l'espace visuel à gauche du deuxième caractère (EVG) et le complément à l'espace visuel à droite du premier caractère (CEDV) sont remplacés par l'espace entre l'origine du caractère et la paroi.

5.4.2.1 Détection des faces formées d'une barre verticale

La détection de ce type de face se fait en recherchant, dans la face du caractère, un segment "*presque*" vertical, d'une longueur suffisante (CapitalStraightWallMinLength), compris dans un *inter-*

valle de recherche proche de l'extrémité de la face (par exemple : extrémité de l'empattement). Il ne doit pas y avoir d'ouverture au milieu de la face.

Un segment ou une succession de courbes est considéré comme "presque vertical" si les coordonnées verticales de tous les points (points de départ, d'arrivée et points de contrôle de Bézier) sont comprises dans un intervalle suffisamment petit (*CapitalStraightWallMaxΔX*). Le *masque de détection des faces verticales* est appliqué sur les éléments de la face se trouvant dans l'*intervalle de recherche* (figure 5.29). Si aucun sous-ensemble des courbes formant la face ne satisfait au masque virtuel de détection, la face n'est pas formée d'une barre verticale.

Les extrémités verticales de l'*intervalle de recherche* sont données par les lignes de références du caractère (ligne de base et ligne supérieure des majuscules ou des minuscules). Horizontalement, l'*intervalle de recherche* se limite à une certaine distance de l'extrémité de la face.

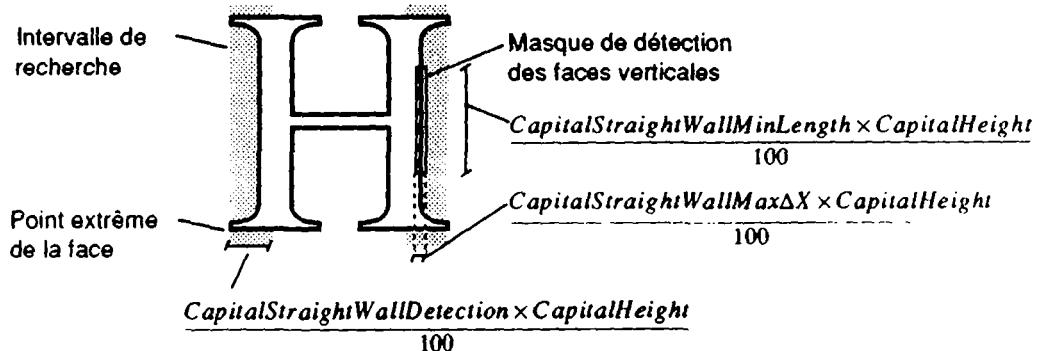


Figure 5.29 Application du masque de détection des faces verticales dans l'intervalle de recherche

La largeur de l'*intervalle de recherche* (*CapitalStraightWallDetection*) doit être plus grande que la longueur des empattements afin de pouvoir détecter les faces verticales avec empattements, et suffisamment petite pour éviter de détecter une face verticale lorsque la barre verticale détectée n'est pas à l'extrémité du caractère (figure 5.30).

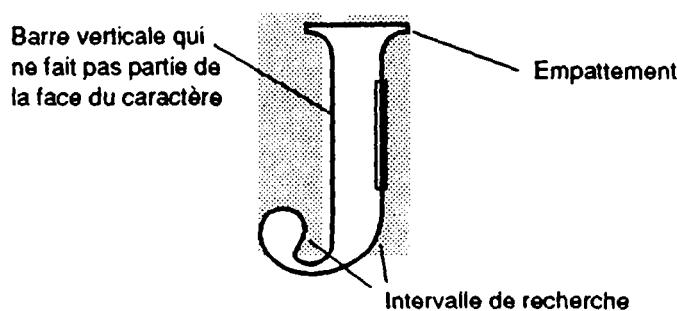


Figure 5.30 Largeur de l'intervalle de recherche

Il ne doit pas y avoir d'ouverture dans une face verticale. Dans un cas comme le caractère "E", fonte Times-Bold (figure 5.31), l'empattement terminant la barre horizontale pourrait être consi-

déré comme une face verticale. Afin d'éviter ce cas, on élimine les faces contenant une ouverture en leur milieu.

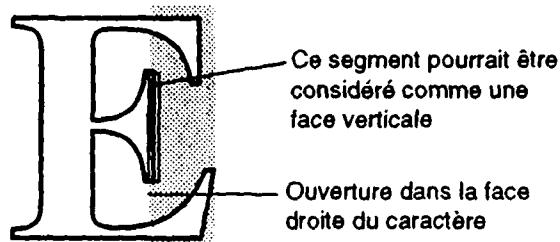


Figure 5.31 Élimination du cas des faces avec ouverture en leur milieu

La coordonnée horizontale utilisée comme référence de position de la face correspond à celle du segment vertical. Dans le cas où le segment est presque vertical, cette référence correspond à la coordonnée horizontale moyenne des éléments de la courbe qui forment l'élément presque vertical de la face. Cette coordonnée horizontale de référence de la face est utilisée pour calculer l'espace-ment, elle ne dépend pas de la longueur des empattements (figure 5.32).

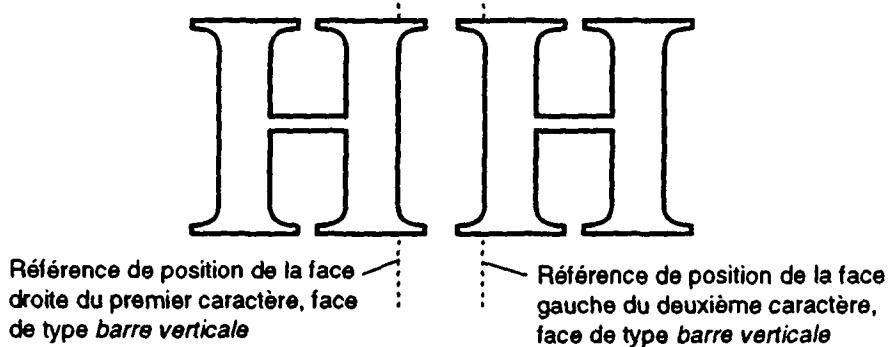


Figure 5.32 Référence de position des faces de type barre verticale

Les paramètres utilisés pour la détection des faces verticales sont donnés en pourcentage de la hauteur du caractère (hauteur des minuscules ou des majuscules).

- **CapitalStraightWallDetection** 20% (largeur de l'intervalle de recherche des faces verticales, pour les caractères majuscules)
- **CapitalStraightWallMinLength** 50% (hauteur minimum des segments verticaux afin qu'ils soient considérés comme une face verticale, pour les caractères majuscules)
- **CapitalStraightWallMaxΔX** 5% (déviation autorisée de la coordonnée X afin qu'un segment soit considéré comme vertical, pour les caractères majuscules)
- **SmallStraightWallDetection** 20% (largeur de l'intervalle de recherche des faces verticales, pour les caractères minuscules)
- **SmallStraightWallMinLength** 50% (hauteur minimum des segments verticaux afin qu'ils soient considérés comme une face verticale, pour les caractères minuscules)
- **SmallStraightWallMaxΔX** 5% (déviation autorisée de la coordonnée X afin qu'un segment soit considéré comme vertical, pour les caractères minuscules)

5.4.2.2 Détection des faces formées d'une courbe convexe

Une face de type courbe convexe peut être détectée par la suite de points extrêmes qui la composent ainsi que par leur position (figure 5.33). L'algorithme de détection de ce type de faces recherche, dans le contour extérieur, si la face est représentée par un contour convexe continu. Un tel contour peut être détecté (pour une face droite) par une succession:

- maximum en Y, placé proche de la ligne supérieure
- maximum en X, placé au milieu entre les deux lignes de référence
- minimum en Y, placé proche de la ligne de base

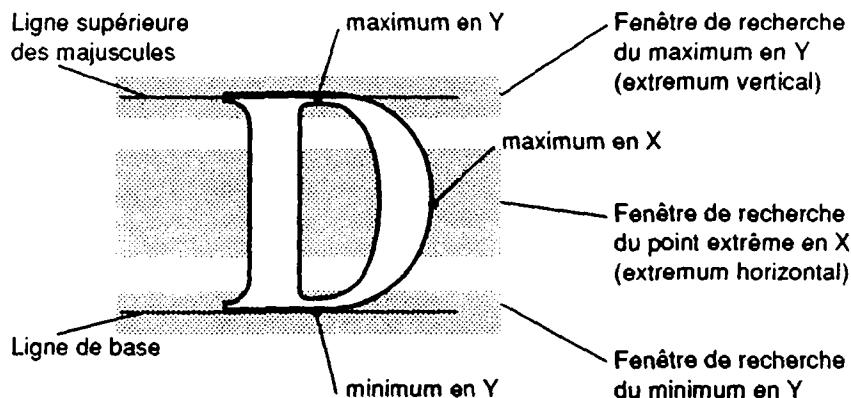


Figure 5.33 Recherche de la succession des points extrêmes d'une face de type courbe convexe

Les fenêtres de recherche pour les points extrêmes en Y correspondent à des bandes horizontales centrées sur les lignes de référence. La zone de détection pour les points extrêmes en X correspond à une bande horizontale centrée sur le milieu entre la ligne de base et la ligne supérieure des majuscules ou des minuscules (figure 5.34).

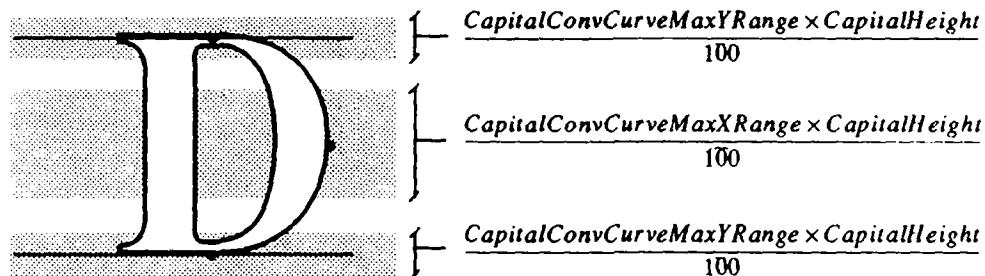


Figure 5.34 Zone de détection des points extrêmes

La fenêtre de recherche des extrema horizontaux est plus grande que celle des extrema en Y, afin de tenir compte des caractères italiques pour lesquels le point extrême en X est décentré (figure 5.35).

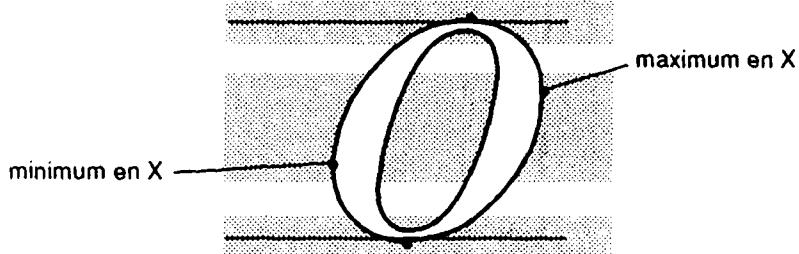


Figure 5.35 Position des points extrêmes en X pour le caractère "O" italien

La distance horizontale entre les points extrema verticaux et le point extrême horizontal doit être suffisante afin d'éliminer de la détection les courbes trop plates ou les faces presque verticales. La distance horizontale entre le point maximum en Y, le point minimum en Y et le point extrême en X, doit être supérieure à la distance horizontale *minimum entre points extrêmes* (*CapitalConvCurveHorSpace*, figure 5.36).

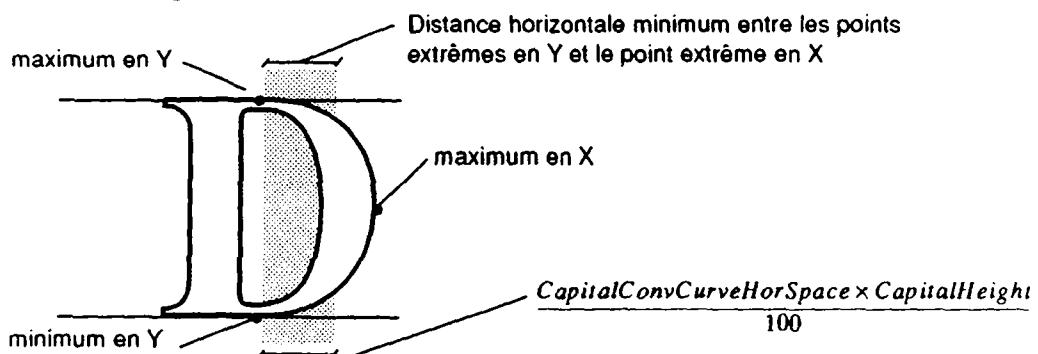


Figure 5.36 Distance horizontale minimale entre les points extrêmes suivant la direction verticale et le point extrême suivant la direction horizontale

Entre les trois maxima (maximum en Y, maximum en X et minimum en Y), il ne doit pas y avoir d'autres maxima horizontaux et verticaux. Les faces convexes ayant une ouverture en leur milieu ne sont pas prises en considération (figure 5.37).

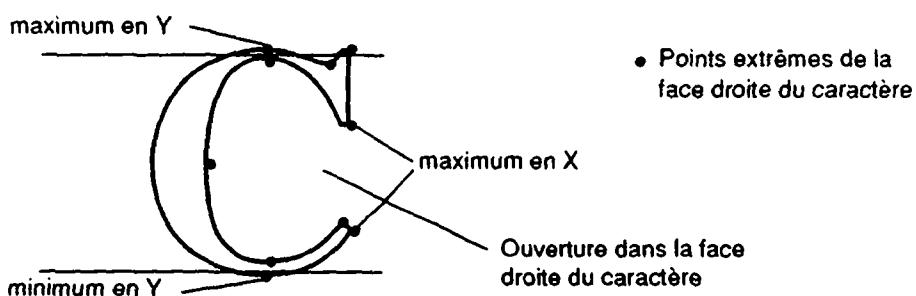


Figure 5.37 Face courbe avec une ouverture au milieu, face droite du caractère "C"

Entre les trois points extrêmes (maximum en Y, maximum en X et minimum en Y), il ne doit y avoir de saut dans la continuité géométrique (changement de pente important ou point d'inflexion). La première dérivée doit être continue et la deuxième dérivée ne doit pas changer d'orientation entre ces trois points. Ce critère élimine les faces ayant une forme carrée ou triangulaire, qui

auraient pu être considérées comme des faces formées d'une courbe convexe par les critères précédents (figure 5.38).

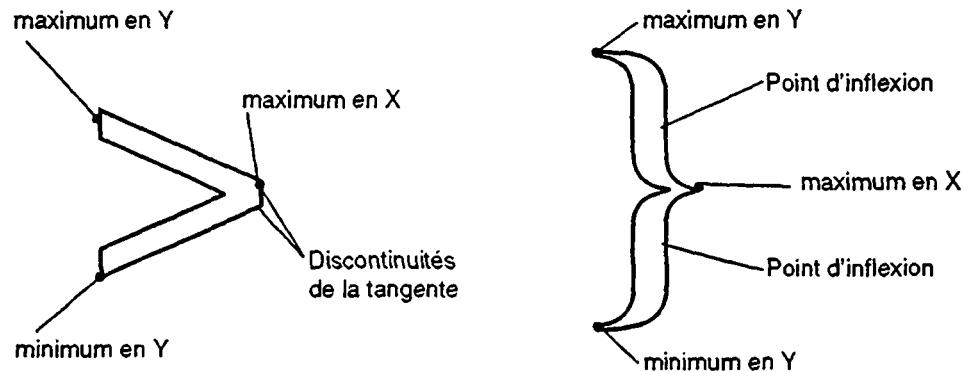


Figure 5.38 Face de forme convexe, avec points d'inflexion ou sans continuité de tangente

La référence de position horizontale de la face est placée sur le point extrême en X (figure 5.39). La coordonnée X de la référence de position de la face est utilisée pour calculer l'espacement.

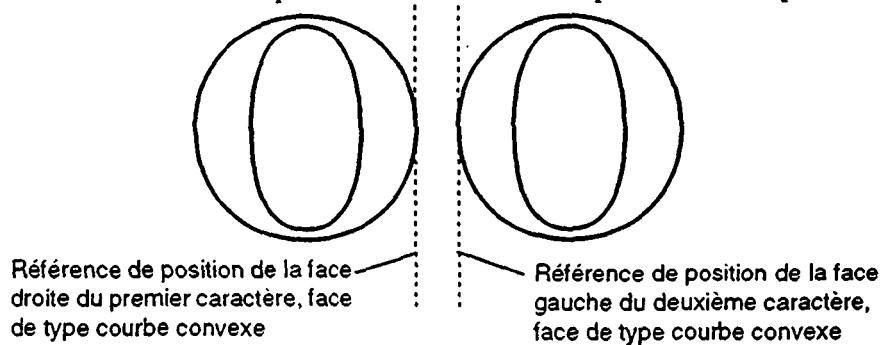


Figure 5.39 Référence de position des faces de type courbe convexe

Les paramètres utilisés pour la détection des faces formées d'une courbe convexe sont donnés en pourcentage de la hauteur du caractère (hauteur des minuscules ou des majuscules).

Pour les majuscules:

- CapitalConvCurveMaxYRange 20% (largeur de la zone horizontale de détection des points extrêmes en Y dans la recherche des faces formées d'une courbe convexe, pour les caractères majuscules)
- CapitalConvCurveMaxXRange 50% (largeur de la zone horizontale de détection du point extrême en X dans la recherche des faces formées d'une courbe convexe, pour les caractères majuscules)
- CapitalConvCurveHorSpace 33% (distance horizontale minimum entre les points extrêmes en Y et le point extrême en X afin que la face soit considérée comme formée d'une courbe convexe, pour les caractères majuscules)

Pour les minuscules:

- SmallConvCurveMaxYRange 20% (largeur de la zone horizontale de détection des points extrêmes en Y dans la recherche des faces formées d'une courbe convexe, pour les caractères minuscules)

- SmallConvCurveMaxXRange 50% (largeur de la zone horizontale de détection du point extrême en X dans la recherche des faces formées d'une courbe convexe, pour les caractères minuscules)
- SmallConvCurveHorSpace 33% (distance horizontale minimum entre les points extrêmes en Y et le point extrême en X afin que la face soit considérée comme formée d'une courbe convexe, pour les caractères minuscules)

5.4.2.3 Table d'espacement entre faces types

Les valeurs d'espacement entre les faces types (faces verticales, courbes convexes) sont extraites de tables. Leurs valeurs sont données en pourcent de la hauteur des lettres majuscules. Pour l'espacement entre deux caractères formés de faces verticales (figure 5.40), la distance entre les deux faces prend la valeur de l'espacement entre deux barres verticales, donnée par une table (CapitalStemSpacing ou SmallStemSpacing, selon que le caractère est majuscule ou minuscule). Ces valeurs sont recherchées lors de l'étiquetage automatique des fontes et introduites dans l'en-tête de fonte. Les caractères utilisés pour mesurer ces paramètres sont "H" (pour les majuscules) et "n" (pour les minuscules). La distance entre les barres verticales de deux caractères qui se suivent "HH" ou "nn" est prise comme valeur d'espacement entre deux barres verticales.

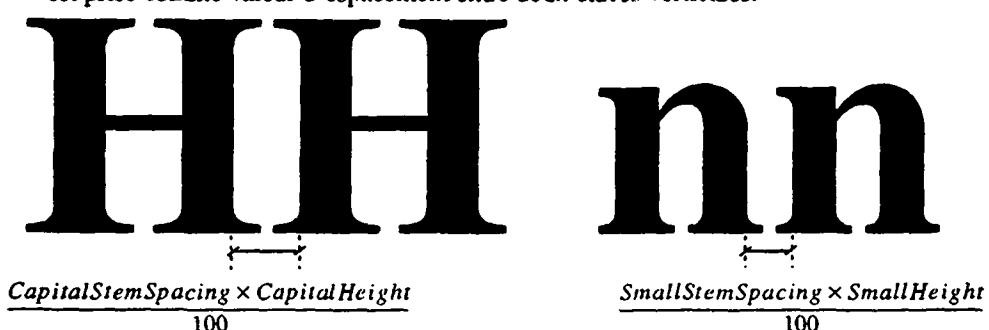


Figure 5.40 Espacement entre faces verticales, fonte Times

Dans le cas d'une fonte avec empattement, la question s'est posée de savoir, dans le cas de l'espacement entre deux faces verticales, si la présence ou l'absence d'empattements avait une influence sur l'espacement. L'absence d'empattement dans la face droite du caractère "j" pourrait permettre de rapprocher ce caractère du caractère "n" (figure 5.41). Les experts typographiques que j'ai interrogés à ce sujet donnent des avis divergents. Le même expert peut dire qu'il est souhaitable de rapprocher les deux caractères lorsqu'il les voit de manière isolée et souhaiter garantir le même espacement entre toutes les barres verticales lorsqu'il voit les mêmes caractères dans un texte.

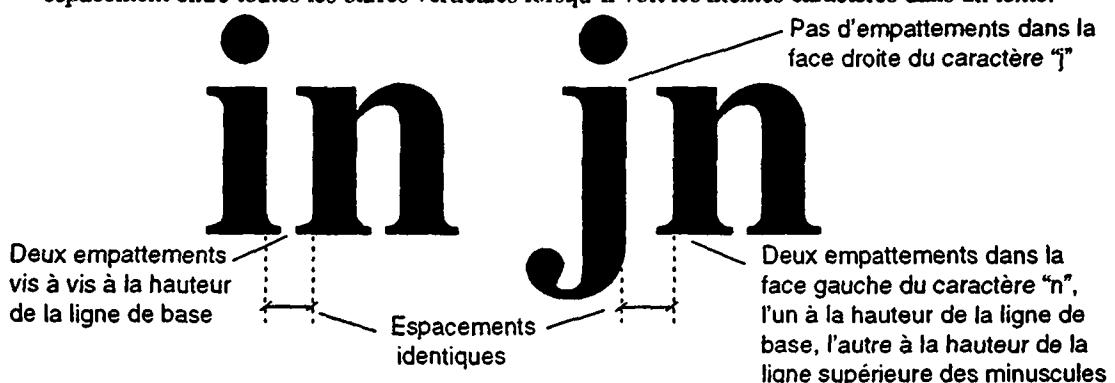


Figure 5.41 Comparaison de l'espacement entre faces verticales avec ou sans empattements

Pour l'espacement entre deux caractères avec faces formées de courbes convexes (figure 5.42), la distance entre les deux faces prend la valeur de l'espacement entre deux faces formées d'une courbe convexe, donnée par une table (CapitalCurveSpacing ou SmallCurveSpacing, selon que le caractère est majuscule ou minuscule). Ces valeurs sont recherchées lors de l'étiquetage automatique des fontes et introduites dans l'en-tête de fonte. Les caractères utilisés pour mesurer ces paramètres sont "O" (pour les majuscules) et "o" (pour les minuscules). La distance entre les points extrêmes horizontaux de deux caractères qui se suivent "OO" ou "oo" est prise comme valeur d'espacement entre deux faces formées d'une courbe convexe.

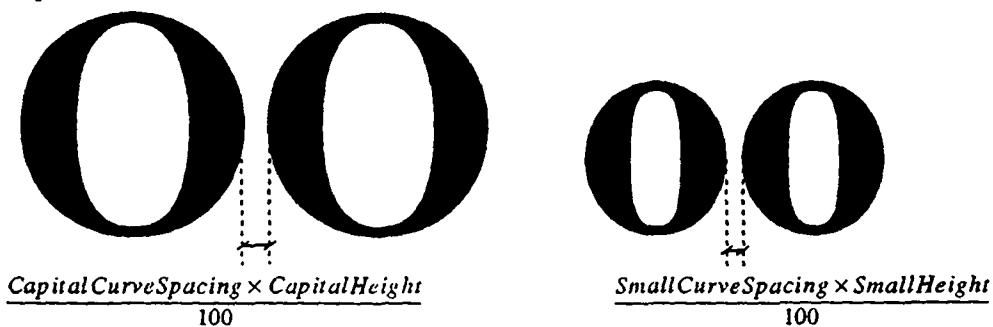


Figure 5.42 Espacement entre deux faces formées d'une courbe convexe, fonte Times

Pour l'espacement entre deux caractères avec une face de type verticale et une face formée d'une courbe convexe (figure 5.43), la distance entre les deux faces prend la valeur moyenne entre l'espacement entre faces de type *verticale* et entre faces *formées d'une courbe convexe*, donnée par une table (CapitalStemToCurveSpacing ou SmallStemToCurveSpacing, selon que le caractère est majuscule ou minuscule). Ces valeurs sont recherchées lors de l'étiquetage automatique des fontes, elles correspondent à la moyenne entre l'espacement entre deux barres verticales et l'espacement entre deux faces formées de courbes convexes.

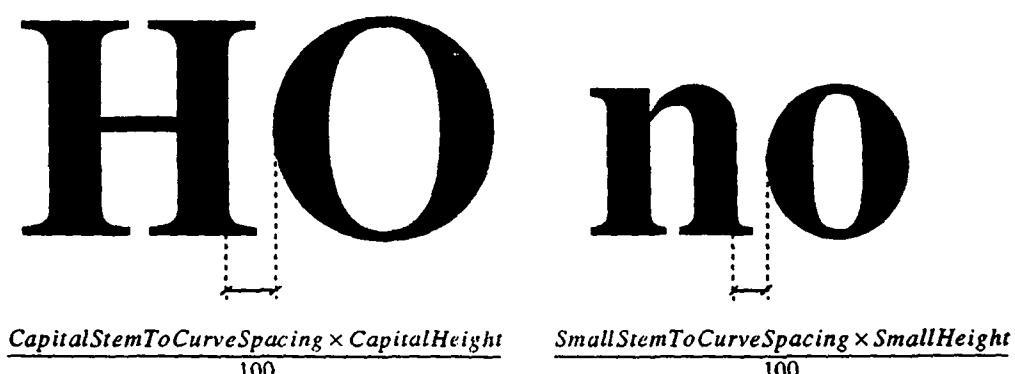


Figure 5.43 Espacement entre une face verticale et une face formée d'une courbe convexe, fonte Times

Les espacements entre faces de forme typique ont été mesurés sur des fontes Type 1 de haute résolution Times et Helvetica (figure 5.44). Les fontes utilisées sont dessinées pour une taille de 10 -12 points typographiques. On remarque que les barres verticales de la fonte avec empattements (Times) sont plus espacées que celles de la fonte sans empattement (Helvetica). Les empattements occupant l'espace entre les barres, l'espacement entre les barres doit, dans ce cas, être augmenté pour maintenir l'équilibre visuel. Les valeurs d'espacement entre faces types sont recherchées, à

l'aide de l'étiquetage automatique, sur des caractères typiques décrits par leurs contours à haute résolution (HH, nn, OO, oo). Ces valeurs sont introduites dans l'en-tête des fontes.

	Times	Times Bold	Times Italique	Helvetica	Helvetica Bold	Helvetica Italique
CapitalStemSpacing	32%	32%	36%	22%	18%	22%
CapitalCurveSpacing	10%	12%	19%	10%	10%	10%
CapitalStemToCurveSpacing	21%	22%	27%	16%	14%	16%
SmallStemSpacing	19%	21%	26%	19%	17%	19%
SmallCurveSpacing	9%	7%	9%	11%	10%	11%
SmallStemToCurveSpacing	15%	14%	17%	15%	14%	15%

Figure 5.44 Espacements entre faces type (verticales et courbes convexes) pour les fontes Times et Helvetica en pourcentage de la hauteur des majuscules.

Les barres obliques des minuscules italiques des fontes avec empattements sont plus espacées que les barres verticales des minuscules droites afin de tenir compte de l'empattement de forme arrondie des minuscules italiques (figure 5.45).

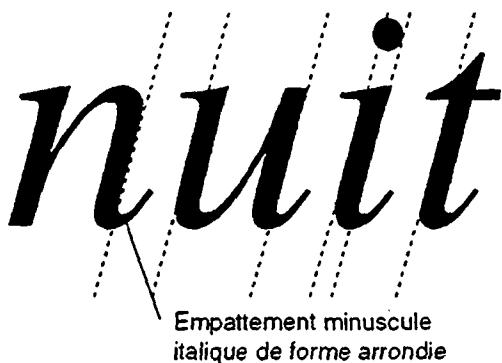


Figure 5.45 Espacement entre les barres obliques des minuscules italiques

5.4.3 Valeurs des paramètres d'espacement en fonction du type de fonte

Les valeurs de l'espacement ont été mesurées sur des fontes Type 1 à haute résolution Times et Helvetica (figure 5.44). Les fontes utilisées sont dessinées pour une taille de 10 -12 points typographiques. Ces valeurs sont recherchées lors de l'étiquetage automatique des fontes et introduites dans l'en-tête de fonte.

	Times	Times Bold	Times Italique	Helvetica	Helvetica Bold	Helvetica Italique
CapitalSpacing	27%	27%	29%	19%	17%	19%
SmallSpacing	29%	29%	35%	25%	25%	25%
CapitalMinimalSpacing	5%	5%	5%	5%	5%	5%
SmallMinimalSpacing	5%	5%	5%	5%	5%	5%

Figure 5.46 Espacement normal et espacement minimal (entre empattements) mesurés sur les fontes Times et Helvetica en pourcentage de la hauteur des majuscules.

5.4.3.1 Valeur de l'espacement minimal entre deux caractères

Pour les fontes avec empattements, l'espacement minimal qui doit être garanti entre les éléments de deux caractères qui se suivent correspond, dans le cas de deux caractères avec empattements qui se suivent, à la distance entre les extrémités des empattements (figure 5.47).

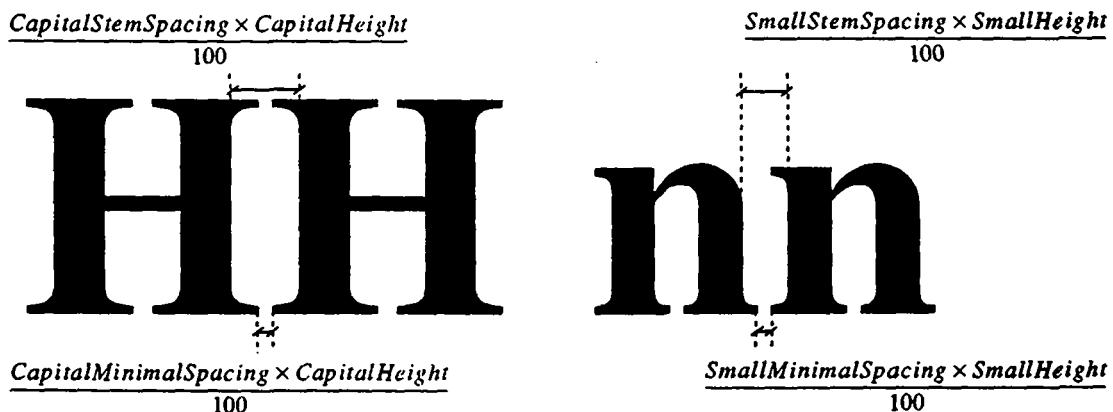


Figure 5.47 Espacement minimal garanti dans le cas de fontes avec empattements

5.4.3.2 Influence de la graisse sur les valeurs de l'espacement

Pour conserver un bon équilibre entre les blancs et les noirs, dans les fontes de type gras, les barres verticales sont légèrement moins espacées que dans les fontes de type mince.

	Sérifa	Helvetica
Mince	HHOOHH	HHOOHH
Normal	HHOOHH	HHOOHH
Gras	HHOOHH	HHOOHH
Super-Gras	HHOOHH	HHOOHH

Figure 5.48 Comparaison de l'espacement en fonction de la graisse

En observant les différents paramètres de l'espacement, mesurés dans les fontes (Espacement entre faces type, figure 5.44 et espacement visuel entre caractère, figure 5.44), on observe cette différence entre les fontes romanes et les fontes bold.

5.4.4 Espacement entre caractères italiques

Pour calculer l'espacement entre des caractères italiques, les caractères sont redressés suivant l'angle avec lequel les barres sont penchées (figure 5.49).



Figure 5.49 Caractères italiques redressés pour faciliter le calcul

Le calcul est ensuite effectué de la même manière qu'avec les caractères droits. La forme des faces des caractères est transformée de manière identique aux caractères droits de manière à obtenir une surface géométrique mesurable représentant l'espacement optique (figure 5.50).

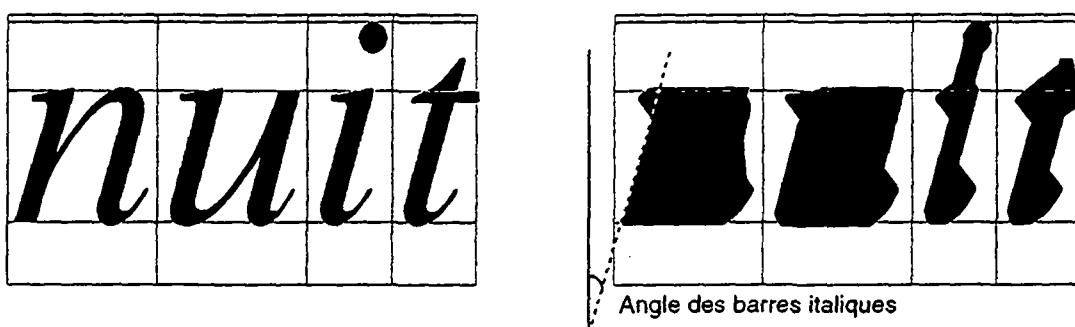


Figure 5.50 Caractères italiques, espace optique entre caractères

Les valeurs des paramètres d'espacement mesurés sur les caractères italiques sont légèrement différentes de celles des caractères droits (figure 5.44 et figure 5.44).

L'espacement optimal entre caractères italiques s'obtient donc avec la même méthode que pour les caractères droits et redressant les caractères et en utilisant des valeurs d'espacement légèrement différentes.

5.4.5 Espacement entre les points discrets à basse résolution

Pour l'espacement à basse résolution, la méthode générale d'espacement est complétée par des contraintes d'espacement supplémentaires afin de garantir une bonne lisibilité à basse résolution. Dans le cas où la résolution du dispositif de sortie est faible, le calcul de l'espacement minimum du paragraphe 5.4.1.10 est modifié de manière à garantir que les points discrets de deux caractères consécutifs ne se touchent pas. A basse résolution, le découpage de l'espace entre les caractères en bandes horizontales pour le maintien d'un espacement minimum se fait de manière à ce que chaque bande soit centrée sur une ligne horizontale de points discrets. La distance entre deux bandes horizontales consécutives est d'un point discret sur la grille (figure 5.51).

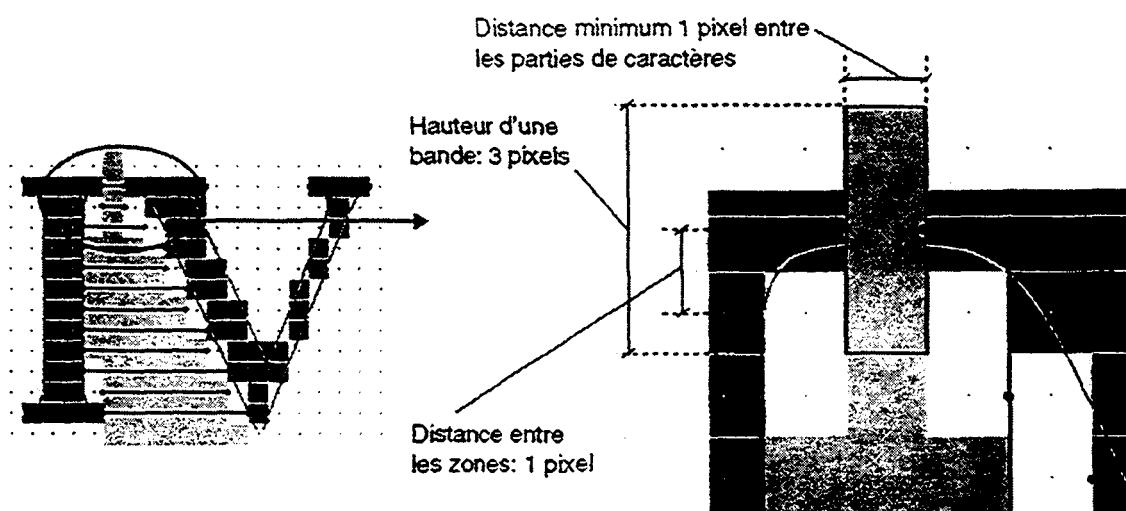


Figure 5.51 Espacement entre les points discrets à basse résolution

La hauteur de chaque bande horizontale est de 3 points discrets. La bande horizontale comprend la rangée de points discrets examinée ainsi qu'une rangée en dessus et une rangée en dessous. Cela permet d'éviter des situations comme celle de la figure 5.52 où les points discrets se touchent diagonalement.

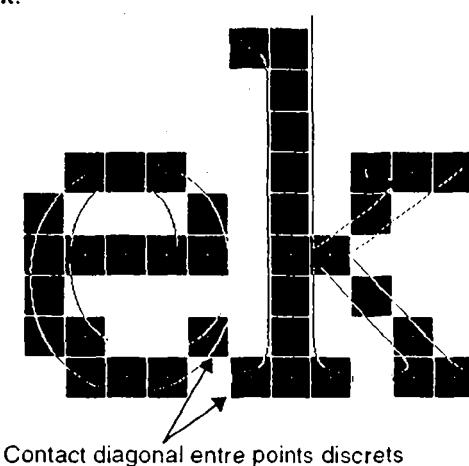


Figure 5.52 Contact diagonal entre les points discrets de deux caractères successifs

Selon la règle 7, paragraphe 5.4.1.10, les caractères sont espacés de manière que pour chaque bande horizontale, une distance minimale soit garantie. Dans le cas où la valeur de l'espacement minimal donné par la table (CapitalMinimalSpacing ou SmallMinimalSpacing) est plus petite qu'un point de la grille, un espacement minimal est maintenu entre les contours pour permettre d'éviter que les caractères se touchent.

Pour l'espacement entre caractères noir/blanc, l'espacement discret minimum entre les parties de caractère est d'un point de la grille. Les coordonnées horizontales extrêmes dans chaque bande sont tronquées à une valeur discrète avant de calculer l'espacement minimum. L'espacement entre les points discrets maintenu entre les caractères correspond ainsi exactement à celui qui sera obtenu après la discréttisation du caractère (figure 5.53).

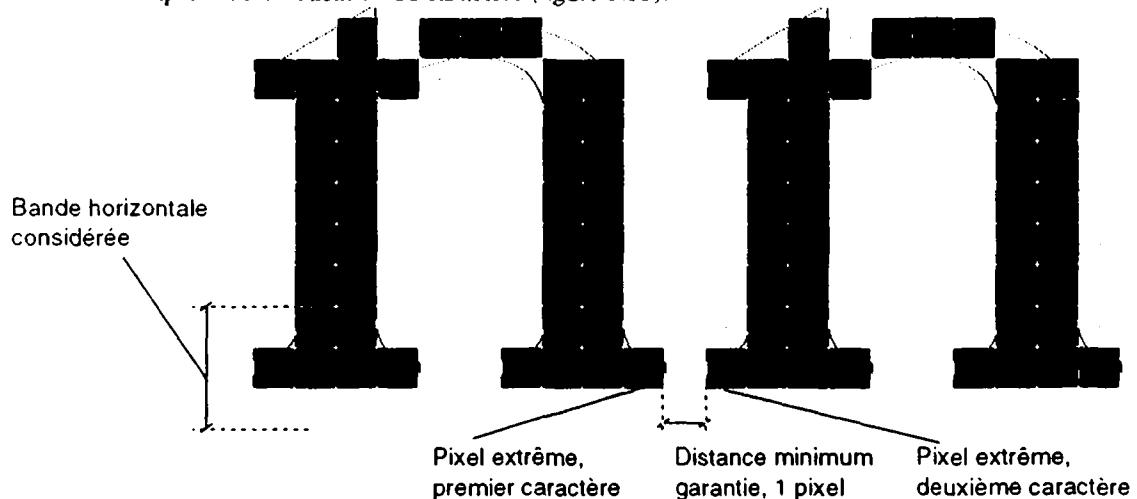


Figure 5.53 Espacement minimal à basse résolution, caractères à deux niveaux

Pour l'espacement entre caractères gris, un espace minimum entre les parties de caractère correspondant à 1/4 de l'espace entre les points discrets est maintenu. Cet espace minimum permet d'éviter que des points discrets ayant une valeur de gris élevé ou complètement noir, de deux caractères successifs, se touchent. (figure 5.53).

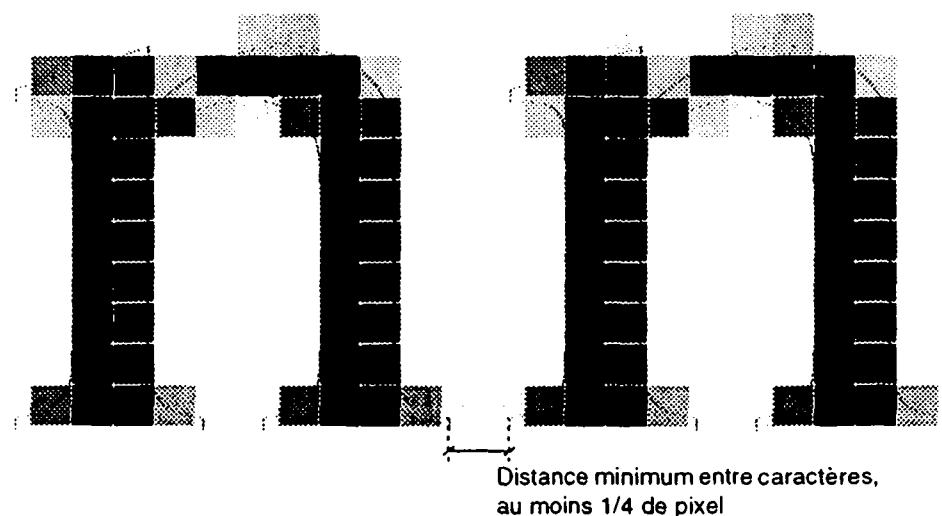


Figure 5.54 Espacement minimal entre les points discrets à basse résolution, caractères gris

L'espacement final correspond à l'espacement le plus grand entre l'espacement minimal calculé pour éviter que les caractères se touchent et l'espacement calculé pour obtenir une surface optique régulière.

5.4.6 Calcul de l'arrondi discret du vecteur de chasse

L'algorithme de calcul de l'espacement optimal nous donne un vecteur de chasse réel. Ce vecteur correspond à la distance entre les origines des deux caractères qui se suivent. Ce vecteur doit être arrondi à une valeur entière de points discrets. En règle générale, cet arrondi se fait au point discret le plus proche.

Pour de très basses résolutions, nous obtenons une certaine irrégularité, dans les espacements, due à la manière d'effectuer cet arrondi. De par l'application des contraintes d'adaptation du contour à la grille et la manière homogène avec laquelle l'espacement optique est calculé, l'histogramme de la partie fractionnaire de ces vecteurs de chasse donne une classe importante de valeurs regroupées autour d'une valeur moyenne. Cette valeur moyenne correspond à peu près au cas de l'espacement entre deux caractères dont les faces sont formées de barres verticales. Il est possible de localiser dans un histogramme de la partie fractionnaire des vecteurs de chasse, les combinaisons de faces les plus typiques (figure 5.55).

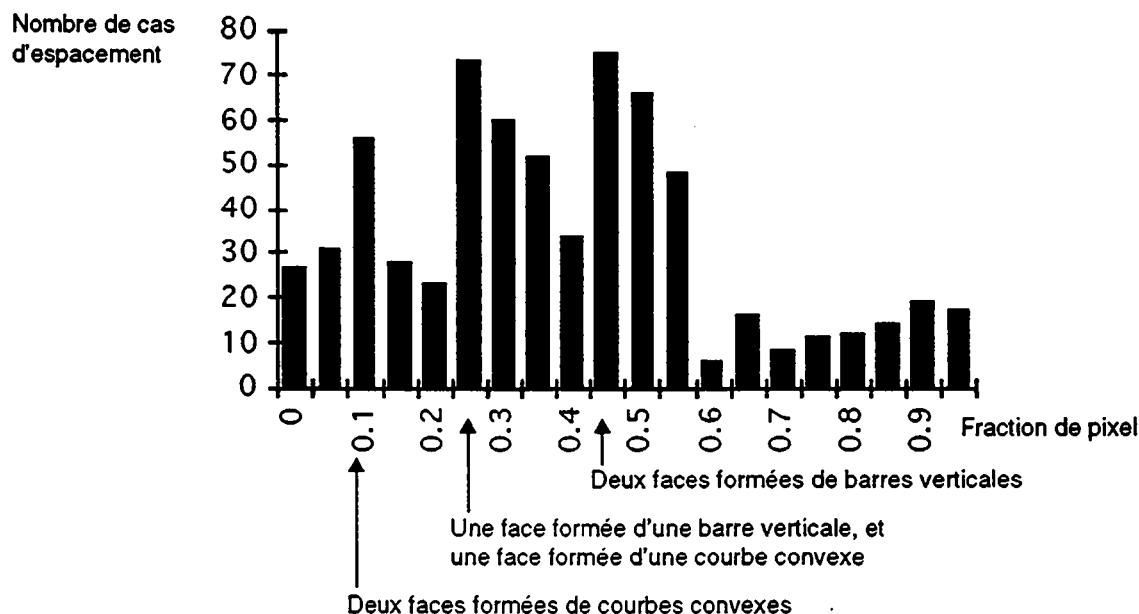


Figure 5.55 Histogramme de la partie fractionnaire des vecteurs de chasse, avant arrondi, fontes Nimbus, caractères minuscules, taille 10 points, résolution 75dpi

Dans une fonte sans empattements, à très faible résolution, la distribution des valeurs des parties fractionnaires des vecteurs de chasse est encore plus regroupée autour d'une valeur moyenne (figure 5.56).

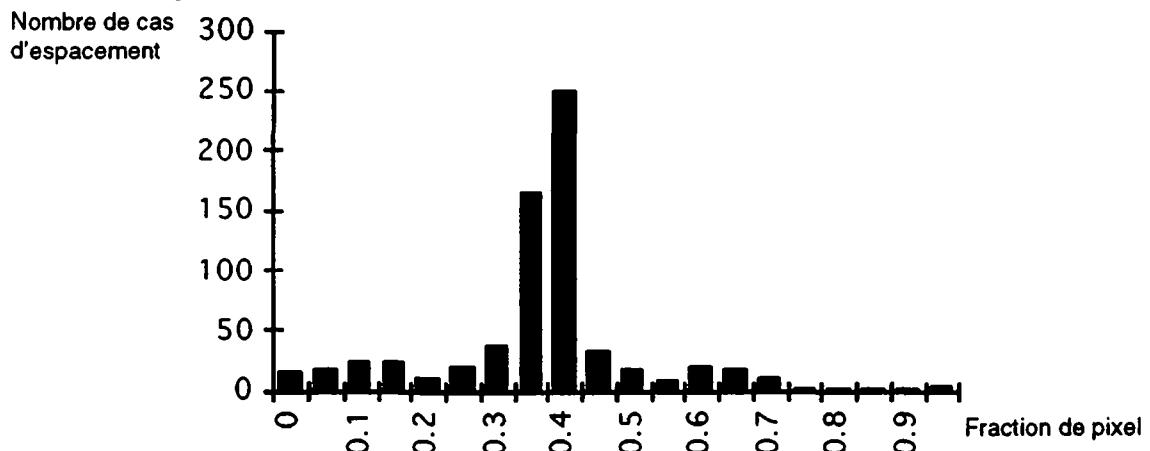


Figure 5.56 Histogramme de la partie fractionnaire des vecteurs de chasse avant arrondi, fontes Nimbus sans, caractères minuscules, taille 10 points, résolution 75dpi

Si la valeur moyenne se trouve proche du milieu entre deux points discrets, une partie des vecteurs seront arrondis vers le bas et l'autre partie, arrondis vers le haut. Des vecteurs de chasse réels ayant une partie fractionnaire très proche peuvent ainsi être arrondis de manière différente. A une même taille, à très basse résolution, cette différence entre les vecteurs arrondis vers le bas et ceux arrondis vers le haut est visible (figure 5.57).

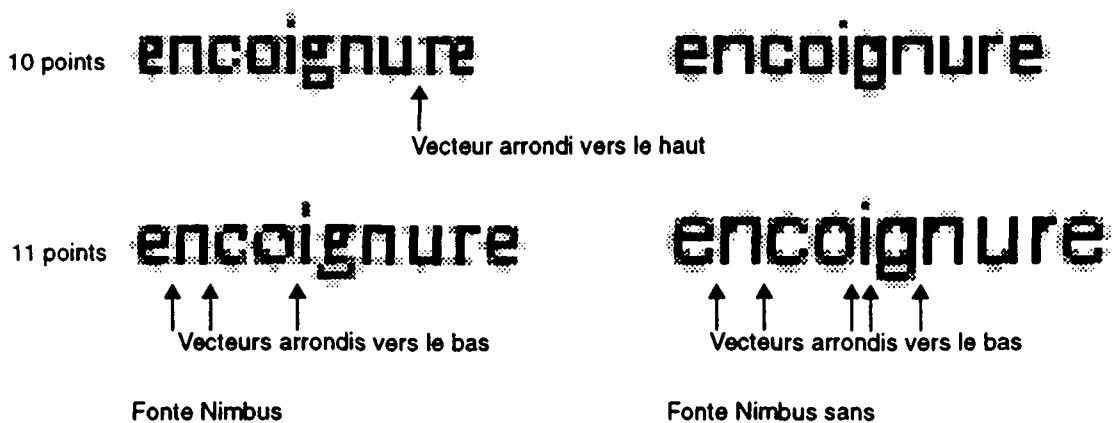


Figure 5.57 Espacement sans introduction d'un attracteur sur l'arrondi des vecteurs de chasse, fontes Nimbus sans et avec empattements, tailles 10 et 11 points, résolution 75 dpi

Pour cette raison, nous avons introduit, à très basse résolution, un attracteur sur la manière d'arrondir les vecteurs de chasse. La partie fractionnaire du vecteur de chasse moyen dans le cas de paires de caractères qui se suivent avec des faces formées de barres verticales est calculée. Si cette valeur est comprise entre 1/4 et 3/4 de la distance entre deux points discrets, l'arrondi des vecteurs de chasse ne se fait pas au plus proche, mais légèrement décalé dans la direction de l'arrondi du vecteur de chasse moyen. L'introduction de cet attracteur dans la manière d'arrondir les vecteurs de

chasse à très basse résolution, donne plus de cohérence dans les espacements pour une même résolution (figure 5.57).

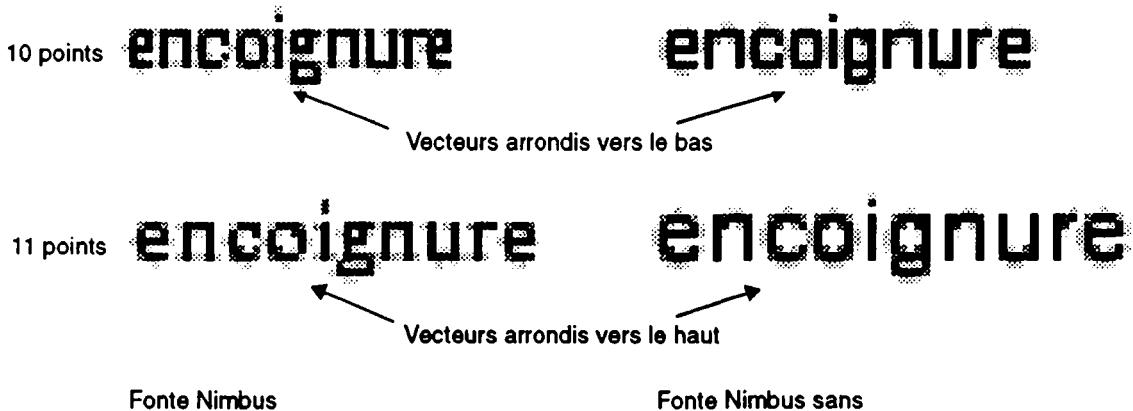


Figure 5.58 Espacement avec introduction d'un attracteur sur l'arrondi des vecteurs de chasse, fontes Nimbus sans et avec empattements, tailles 10 et 11 points, résolution 75 dpi

5.4.7 Espacement optimal et affichage WISYWIG

L'espacement optimal dépend également du type de visualisation que l'on désire. Dans une situation de prévisualisation sur un écran du résultat que l'on va obtenir sur un dispositif de sortie haute résolution, la position des mots sur la page doit correspondre le plus fidèlement possible au résultat que l'on va obtenir sur le dispositif à haute résolution. Dans une telle situation (WISYWIG) l'espacement doit correspondre à celui du dispositif haute résolution. Ce résultat peut être obtenu en reportant les erreurs d'arrondi entre les mots. Le début de chaque mot étant placé à l'endroit exact où il doit se trouver dans la page.

Dans la situation d'affichage de messages sur un écran et de saisie de texte, l'espacement optimal devra tenir compte de la résolution de l'écran afin de privilégier le confort et la qualité visuelle et garantir, à basse résolution, la régularité et l'équilibre de l'espacement entre les lettres.

5.5 Conclusion du chapitre

La méthode de calcul automatique d'un espacement correct entre les caractères, développé dans le cadre de cette thèse, produit à moyenne et basse résolution un espacement discret régulier entre les caractères aussi bien pour les caractères noir/blanc que pour le cas des caractères à niveaux de gris. Cette méthode n'a pas la prétention de fournir des tables de crénage parfaites à haute résolution mais seulement de contribuer à un bon équilibre des espacements à moyenne et faible résolution.

Interlettrage automatique

Conclusion

Ce travail fait appel à la fois aux domaines de l'informatique et de la typographie. Par une fructueuse collaboration avec des experts de l'école typographique de Bâle (Schule für Gestaltung), nous avons pu intégrer dans une base de connaissances les éléments de topologie des caractères des fontes latines ainsi que les règles nécessaires à leur placement sur la grille des points discrets.

Dans le cadre de ce travail, les règles d'adaptation du contour à la grille développées par le directeur de la thèse ont été améliorées et généralisées en étroite collaboration avec des experts typographiques. Le système de règles qui a été défini, nous permet d'obtenir une conversion ponctuelle correcte des caractères jusqu'à des tailles discrètes très petites pour les caractères noir/blanc et, grâce au travail de Justin Bur, également pour les caractères à niveaux de gris.

Le modèle topologique des fontes latines développé dans le cadre de cette recherche contient des informations sur les éléments qui constituent les caractères, leurs positions, leurs orientations et leurs interconnexions. Ce modèle est suffisamment complet pour s'adapter à presque toutes les fontes latines traditionnelles (avec ou sans empattements, italiques, gras).

La localisation dans les fontes des points caractéristiques qui forment la structure du modèle topologique de chaque lettre est possible par l'étiquetage automatique des fontes. Cet étiquetage nous permet de copier de manière intelligente les règles généralisées d'adaptation du contour à la grille des points discrets, associées au modèle dans les différentes fontes.

L'étiquetage automatique a été testé avec succès sur plus de 100 fontes latines. Parmi ces fontes, un étiquetage correct a été obtenu sur 99% des caractères. La plupart des erreurs dans l'étiquetage peuvent être résolues par une extension du modèle. Une modification du programme d'étiquetage pourrait également permettre d'améliorer le taux d'étiquetage correct. A cette fin, il serait intéressant d'introduire un mécanisme de back-tracking et de calcul de la probabilité pour qu'une relation soit correcte.

L'adjonction automatique des règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets et l'amélioration de ces règles nous ont permis d'obtenir des résultats de qualité pour les différentes fontes jusqu'à des tailles de caractères très petites (hauteur des lettres majuscules ne dépassant pas 8 points discrets).

La base de connaissances constituée par le modèle topologique, les règles d'adaptation généralisées associées au modèle ainsi que la description de la zone de déplacement autorisée pour le placement de chacun des éléments est décrite sous forme informatique pour les caractères minuscules, majuscules et les chiffres des fontes latines. Cette base de connaissances intègre notre expérience de 6 ans de recherche dans le domaine ainsi que le savoir-faire des experts typographiques consultés. Cette base de connaissances constitue le véritable fruit de mon travail et mérite d'être exploitée pour d'autres recherches dans le domaine typographique et de servir de base à de nouveaux logiciels.

Le modèle topologique et l'étiquetage automatique peuvent être utiles dans tous les traitements de contours de caractères nécessitant une connaissance de la topologie des polices de caractères.

Le modèle topologique des fontes, tel que présenté dans ce travail, convient aux fontes latines et aux fontes d'une complexité similaire, comme les fontes cyrilliques et hébraïques. Pour des fontes d'une complexité supérieure (fontes Chinoises, Kanji), une généralisation du modèle topologique et de l'algorithme d'étiquetage est possible.

Le calcul automatique de l'espacement par modélisation géométrique de l'espace visuel entre les caractères nous permet d'uniformiser l'espace optique entre les caractères. Cette méthode produit à basse résolution un espacement discret régulier entre caractères aussi bien dans le cas des caractères noir/blanc que dans le cas de caractères à niveaux de gris.

Les différentes recherches envisagées pour la suite portent sur l'adaptation du contour à la résolution du dispositif de sortie, la correction des effets perturbateurs dus au périphérique de sortie utilisé, la personnalisation de fontes typographiques, les outils d'aide à la création de nouvelles fontes basées sur une connaissance des règles typographiques, l'aide à la localisation des éléments lors de l'extraction de contour à partir de caractères numérisés par scanner.

Références

- [Adams89] D. Adams, "abcdefg : a better constraint driven environment for font generation". in André Hersch (eds.) *Raster Imaging and Digital Typography*. Cambridge University Press. 1989. pp 54-70
- [Adobe85] Adobe Systems Inc, Postscript Language Reference Manual, Addison-Wesley, 1985
- [Adobe90] Adobe Systems Inc, *The Type 1 Format Specification*, Addison-Wesley, 1990
- [Andler90] S. Andler, Automatic Generation of Gridfitting Hints for Rasterization of Outline Fonts or Graphics, Proceedings of the International Conference on Electronic Publishing, Document Manipulation & Typography, September 90, (R. Futura, Ed.) Cambridge University Press, 221-234
- [André92] C. André, C. Bétrisey, "An enhanced PostScript Previewer for experimenting and teaching new approaches in digital typography", Proceedings of TEP'92, Lausanne, Bigre 79, IRISA Rennes, April 1992, 83-95
- [Apple90] Apple Computer, *TrueType Spec - The TrueType Font Format Specification*, July 1990
- [Appley87] Philip Apley, Automatic Generation of Digital Typographic Images From Outline Masters, ACM SIGGRAPH'88 Tutorial on Digital Typography
- [Betrisey87] C. Bétrisey, "Algorithmes pour la génération de caractères analytiques", Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, département d'informatique, Laboratoire de Microinformatique, projet de diplôme, hivers 1987
- [Betrisey89] C. Bétrisey, R.D. Hersch, "Flexible Application of Outline Grid Constraints", in André, Hersch (eds.) *Raster Imaging and Digital Typography*, Cambridge University Press, 1989, pp 245-250
- [Betrisey93a] C. Bétrisey, "Description EBNF du format des fontes typographiques", rapport interne, Laboratoire de Systèmes Périphériques, EPFL, juin 1993
- [Betrisey93b] C. Bétrisey, "Description EBNF et exemple des règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets", rapport interne, Laboratoire de Systèmes Périphériques, EPFL, juin 1993
- [Betrisey93c] C. Bétrisey, "Description EBNF et exemple du format de description du modèle topologique", rapport interne, Laboratoire de Systèmes Périphériques, EPFL, juin 1993
- [Coueignoux80] P. Coueignoux, R. Guedj, "Computer Generation of Colored Planar Patterns on TV-like Rasters", Proceedings of the IEEE, Vol 68, No 7, July 1980
- [Coueignoux81] P. Coueignoux, "Character Generation by Computer", Computer Graphics and Image Processing, Vol 16, pp 240-269, 1981
- [Eden62] M. Eden, "Handwriting and pattern recognition", IRE Trans. Inform. Theory. Vol IT-8, 1962, pp 160-166

- [Feng75] H.F. Feng, T. Pavlidis, "Decomposition of polygons into simpler components: Feature generation for syntactic pattern recognition", IEEE Transactions on Computers, Vol C-24, June 1975, pp 636-650.
- [Gonczarowksi91] J. Gonczarowksi "A fast Approach to Auto-tracing (with Parametric Cubics)", Proceedings International Conference RIDT'91, Cambridge University Press, 1991, pp 1-15
- [Hersch85] R.D. Hersch, "Architecture pour système d'impression de texte, graphique et images numérisées", thèse No 591, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, département d'électricité, 1985
- [Hersch86] R.D. Hersch, "Descriptive Contour Fill of Partly Degenerated Shapes" IEEE Computer Graphics and Applications, Vol 6, No 7, Juillet 1986, pp 61-71
- [Hersch87a] R.D. Hersch, "Real Scan-Conversion of Shape Contours", Proceedings Computer Graphics International 87, Karuizawa, Japan, Ed. T.L. Kunii, Springer Verlag, 1987, pp 207-220
- [Hersch87b] R.D. Hersch, "Character generation under grid control", Proceedings Siggraph'87, Anaheim, Calif, July 1987, ACM Computer Graphics, Vol. 21, No 4, July 1987, pp 243-252
- [Hersch91a] R.D. Hersch, C. Bétrisey, "Advanced grid constraints: performances and limitations", Proceedings International Conference RIDT'91, Cambridge University Press, 1991, pp 190-204
- [Hersch91b] R.D. Hersch, C. Bétrisey, "Model-based matching and hinting of fonts", Proceedings SIGGRAPH'91, ACM Computer Graphics, Vol 25, July 1991
- [Hersch93a] R.D. Hersch (ed.), Visual and Technical Aspects of Type, Cambridge University Press, 1993
- [Hersch93b] R.D. Hersch, J. Bur, C. Bétrisey, A. Gürtler, "Perceptually-Tuned Generation of Grayscale Fonts" (to be published)
- [Huynh88] Huynh Thoai-Nghia, "Extraction de contours intérieurs et extérieurs de formes imbriquées", projet de semestre, LAMI-DI EPF Lausanne 1988
- [Jamra91] Marc Jamra, "Some elements of proportion and optical image support in a typeface", à paraître dans [Hersch93a]
- [Karow87] Peter Karow, Digital Formats for Typefaces, URW Verlag, Hamburg, 1987
- [Karow89] Peter Karow, "Automatic hinting for intelligent font scaling", Proceedings of the International Conference RIDT'89, Cambridge University Press, 1989, pp 232-241
- [Kindersley76] David Kindersley, "Optical letter spacing for new printing systems", The Wynkyn de Worde Society, Lund Humphries Publishers Limited, 1976
- [Knut86] D. Knuth. Computer Modern Typefaces. Adison-Wesley. 1986
- [Pavlidis85] T. Pavlidis, "Scan-Conversion of Regions Bounded by Parabolic Splines", IEEE Computer Graphics and Applications, Vol 5, No 6, June 1985, pp 47-53
- [Shapiro80] L.G. Shapiro, "A Structural Model of Shape", IEEE PAMI, Vol PAMI-2, No 2, March 1980, pp 111-126
- [Thacker79] C.P. Thacker et al. "Alto: A Personal Computer", in D.P. Siewiorek, G. Bell, A. Newlee (eds.), Computer Structures: Principles and Examples, Mc Graw-Hill, 1982, pp 549-572

ANNEXE 1 Résultats obtenus

Cette annexe contient une série d'exemple des résultats obtenus. Les polices de caractères sont traduites d'un format industriel (le plus souvent Type1) vers le format interne de notre logiciel. Le programme d'étiquetage est appliqué sur ces polices de caractères afin d'adoindre automatiquement les règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets.

Les exemples présentés dans cette annexe sont préparés à l'aide d'une boucle Postscript qui affiche l'alphabet à différentes tailles pour une résolution de 75dpi. Le programme Postscript est ensuite interprété par le programme de visualisation Postscript que nous avons réalisé pour le projet Européen SPIRIT-2, "The Spirit Workstation". Ces images sont intégrées dans ce texte par une copie de l'écran. L'espacement entre les caractères est calculé à l'aide de l'algorithme décrit au chapitre 5.

Nimbus Roman

```
8 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
9 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
10 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
11 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
12 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
13 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
14 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
15 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
16 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
17 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
18 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
19 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
20 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
21 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
22 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
```

Nimbus-Sans

8 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJKL MNOP QR STUVW XYZ
9 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJKL MNOP QR STUVW XYZ
10 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJKL MNOP QR STUVW XYZ
11 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJKL MNOP QR STUVW XYZ
12 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJKL MNOP QR STUVW XYZ
13 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJKL MNOP QR STUVW XYZ
14 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJKL MNOP QR STUVW XYZ
15 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJKL MNOP QF
16 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJKL NC
17 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJKL N
18 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJKL
19 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJK
20 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH I
21 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF G
22 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF

Nimbus Bold

8 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJKL MNOP QR STUVW XYZ
9 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJKL MNOP QR STUVW XYZ
10 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJKL MNOP QR STUVW XYZ
11 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJKL MNOP QR STUVW XYZ
12 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJKL MNOP QR STUVW XYZ
13 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJKL MNOP QR STUVW
14 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJKL MNOP QR STU
15 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJKL MNOP QR P
16 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJKL MNOP QF
17 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJKL MN
18 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJKL
19 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH IJK
20 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF GH I
21 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF G
22 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF

Nimbus Italique

8 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPOQRSTUVWXYZ
9 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPOQRSTUVWXYZ
10 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPOQRSTUVWXYZ
11 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPOQRSTUVWXYZ
12 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPOQRSTUVWXYZ
13 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPOQRSTUVWXYZ
14 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPOQRSTUVWXYZ
15 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPOQRSTUVWXYZ
16 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPOQRSTUVWXYZ
17 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPOQRSTUVWXYZ
18 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPOQRSTUVWXYZ
19 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOI
20 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMI
21 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFHIJK
22 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHI

Nimbus-Sans Italique

8 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPOQRSTUVWXYZ
9 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPOQRSTUVWXYZ
10 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPOQRSTUVWXYZ
11 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPOQRSTUVWXYZ
12 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPOQRSTUVWXYZ
13 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPOQRSTUVWXYZ
14 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPOQRSTUVWXYZ
15 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPOQRSTUVWXYZ
16 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPOQRSTUVWXYZ
17 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOF
18 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMI
19 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMI
20 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMI
21 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMI
22 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMI

Haas Unica Light

1 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
2 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
3 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
4 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
5 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
6 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
7 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
8 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
9 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
10 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
11 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
12 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
13 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
14 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
15 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
16 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
17 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
18 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
19 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
20 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
21 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
22 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

Haas Unica Roman

8 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHijklmnopqrstuvwxyz
9 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHijklmnopqrstuvwxyz
10 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHijklmnopqrstuvwxyz
11 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHijklmnopqrstuvwxyz
12 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHijklmnopqrstuvwxyz
13 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHijklmnopqrstuvwxyz
14 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHijklmnopqrstuvwxyz
15 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHijklmnopqrstuvwxyz
16 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHijklmnopqrstuvwxyz
17 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHijklmnopqrstuvwxyz
18 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHijklmnopqrstuvwxyz
19 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHijklmnopqrstuvwxyz
20 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHijklmnopqrstuvwxyz
21 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHijklmnopqrstuvwxyz
22 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHijklmnopqrstuvwxyz

Optima (basse résolution)

8 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
9 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
10 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
11 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
12 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
13 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
14 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
15 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
16 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPQRS
17 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOP
18 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOP
19 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOP
20 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKL
21 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHI
22 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHI

Optima (Haute résolution)

8 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
9 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
10 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
11 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
12 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
13 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
14 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
15 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
16 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOPQRST
17 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOP
18 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOP
19 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKLMNOP
20 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHIJKL
21 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHI
22 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFCHI

Lucida

8 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
9 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
10 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
11 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
12 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
13 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
14 abcdefghi jklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
15 abcdefghi jklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
16 abcdefghi jklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
17 abcdefghi jklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
18 abcdefghi jklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
19 abcdefghi jklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
20 abcdefghi jklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
21 abcdefghi jklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
22 abcdefghi jklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

Lucida Sans

8 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
9 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
10 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
11 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
12 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
13 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
14 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
15 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
16 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
17 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
18 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
19 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
20 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
21 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
22 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

Résultats obtenus

Courier

* abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
* abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
10 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
11 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
12 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
13 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
14 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
15 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
16 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
17 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
18 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
19 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKL
20 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHI
21 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGI
22 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEF

Helvetica

8 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
9 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
10 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
11 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
12 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGH IJKL NOPQRSTUVWXYZ
13 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGH IJKL NOPQRSTUVWXYZ
14 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGH IJKL NOPQRSTUVWXYZ
15 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGH IJKL NOPQF
16 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGH IJKL NO
17 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGH IJKL N
18 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJKL
19 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGHIJK
20 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFGH
21 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDEFG
22 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz1234567890ABCDI

Résultats obtenus

ANNEXE 2

Exemple d'étiquetage automatique des fontes latines

Exemple d'étiquetage, caractère “B”, fonte “English-Times”

Dans notre modèle topologique, nous n'avons qu'une seule variante contenant une seule figure. Le choix de la variante et de la figure sont donc évidents. Nous présentons ici l'exemple de l'étiquetage automatique, pour le caractère “B” de la fonte English-Times, des points de structure composant le contour externe, à l'aide du modèle topologique. A chaque étape la liste de relations candidates (*CandidatMatchList*), la liste des points étiquetés (*PointMatchList*) ainsi que les relations choisies et les relations éliminées à l'étape courante sont indiquées. Le contour extérieur du modèle topologique comprend 14 points de structure, numérotés de 0 à 13.

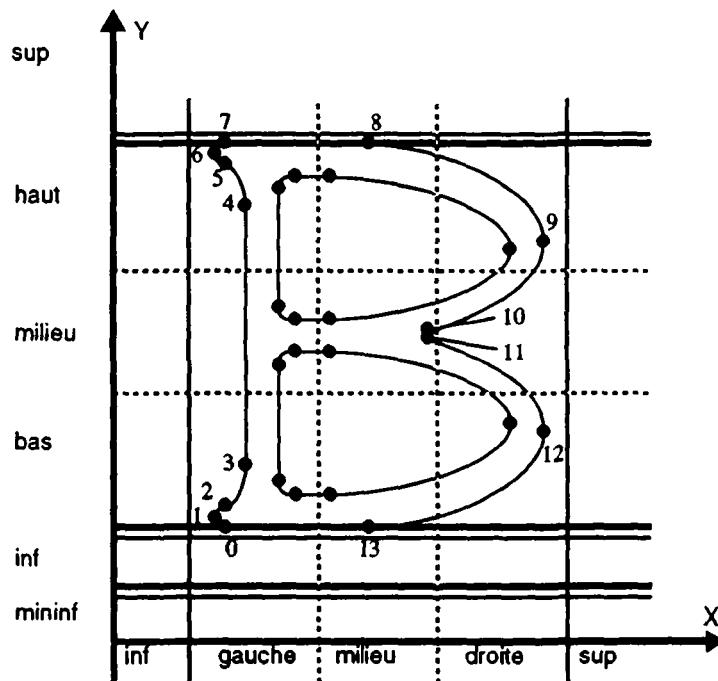


Figure A2-1 Description topologique du caractère “B”

Le contour extérieur du caractère “B”, fonte “English-Times” est défini par 32 points de contour, numérotés de 0 à 31.

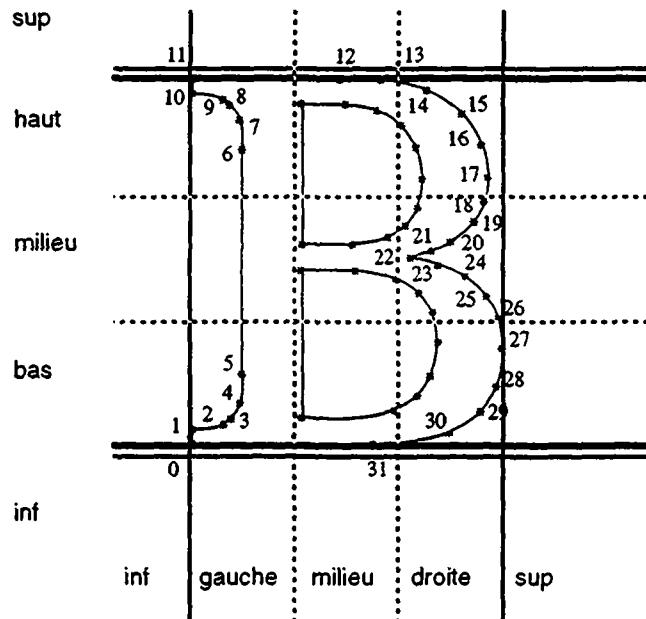


Figure A2-2 Caractère “B”, fonte English-Times, points servant à définir le contour.

En fonction du critère de position, les relations suivantes sont introduites dans la liste des candidats:

CandidatMatchList:

(TopoPt 000 => FontPt 000)	(TopoPt 004 => FontPt 006)	(TopoPt 007 => FontPt 010)	(TopoPt 010 => FontPt 026)
(TopoPt 000 => FontPt 001)	(TopoPt 004 => FontPt 007)	(TopoPt 007 => FontPt 011)	(TopoPt 010 => FontPt 027)
(TopoPt 000 => FontPt 002)	(TopoPt 004 => FontPt 008)	(TopoPt 007 => FontPt 012)	
(TopoPt 000 => FontPt 003)	(TopoPt 004 => FontPt 009)		(TopoPt 011 => FontPt 017)
	(TopoPt 004 => FontPt 010)	(TopoPt 008 => FontPt 012)	(TopoPt 011 => FontPt 018)
(TopoPt 001 => FontPt 000)	(TopoPt 004 => FontPt 011)	(TopoPt 008 => FontPt 013)	(TopoPt 011 => FontPt 019)
(TopoPt 001 => FontPt 001)	(TopoPt 004 => FontPt 012)	(TopoPt 008 => FontPt 014)	(TopoPt 011 => FontPt 020)
(TopoPt 001 => FontPt 002)	(TopoPt 005 => FontPt 006)		(TopoPt 011 => FontPt 021)
(TopoPt 001 => FontPt 003)	(TopoPt 005 => FontPt 007)	(TopoPt 009 => FontPt 013)	(TopoPt 011 => FontPt 022)
(TopoPt 001 => FontPt 004)	(TopoPt 005 => FontPt 008)	(TopoPt 009 => FontPt 014)	(TopoPt 011 => FontPt 023)
(TopoPt 001 => FontPt 005)	(TopoPt 005 => FontPt 009)	(TopoPt 009 => FontPt 015)	(TopoPt 011 => FontPt 024)
	(TopoPt 005 => FontPt 010)	(TopoPt 009 => FontPt 016)	(TopoPt 011 => FontPt 025)
(TopoPt 002 => FontPt 000)	(TopoPt 005 => FontPt 011)	(TopoPt 009 => FontPt 017)	(TopoPt 011 => FontPt 026)
(TopoPt 002 => FontPt 001)	(TopoPt 005 => FontPt 012)	(TopoPt 009 => FontPt 018)	(TopoPt 011 => FontPt 027)
(TopoPt 002 => FontPt 002)		(TopoPt 009 => FontPt 019)	
(TopoPt 002 => FontPt 003)	(TopoPt 006 => FontPt 006)	(TopoPt 009 => FontPt 020)	(TopoPt 012 => FontPt 024)
(TopoPt 002 => FontPt 004)	(TopoPt 006 => FontPt 007)	(TopoPt 010 => FontPt 017)	(TopoPt 012 => FontPt 025)
(TopoPt 002 => FontPt 005)	(TopoPt 006 => FontPt 008)	(TopoPt 010 => FontPt 018)	(TopoPt 012 => FontPt 026)
	(TopoPt 006 => FontPt 009)	(TopoPt 010 => FontPt 019)	(TopoPt 012 => FontPt 027)
(TopoPt 003 => FontPt 000)	(TopoPt 006 => FontPt 010)	(TopoPt 010 => FontPt 020)	(TopoPt 012 => FontPt 028)
(TopoPt 003 => FontPt 001)	(TopoPt 006 => FontPt 011)	(TopoPt 010 => FontPt 021)	(TopoPt 012 => FontPt 029)
(TopoPt 003 => FontPt 002)	(TopoPt 006 => FontPt 012)	(TopoPt 010 => FontPt 022)	(TopoPt 012 => FontPt 030)
(TopoPt 003 => FontPt 003)		(TopoPt 010 => FontPt 023)	(TopoPt 012 => FontPt 031)
(TopoPt 003 => FontPt 004)	(TopoPt 007 => FontPt 008)	(TopoPt 010 => FontPt 024)	
(TopoPt 003 => FontPt 005)	(TopoPt 007 => FontPt 009)	(TopoPt 010 => FontPt 025)	(TopoPt 013 => FontPt 031)

Les différents critères sont appliqués sur les relations candidates dans l'ordre décrit au chapitre 4.

Critère:

- Points n'ayant qu'une seule étiquette possible

choix de la relation :

(TopoPt013 \Rightarrow FontPt031)

CandidatMatchList:

(TopoPt000 \Rightarrow FontPt000)	(TopoPt004 \Rightarrow FontPt006)	(TopoPt007 \Rightarrow FontPt010)	(TopoPt010 \Rightarrow FontPt026)
(TopoPt000 \Rightarrow FontPt001)	(TopoPt004 \Rightarrow FontPt007)	(TopoPt007 \Rightarrow FontPt011)	(TopoPt010 \Rightarrow FontPt027)
(TopoPt000 \Rightarrow FontPt002)	(TopoPt004 \Rightarrow FontPt008)	(TopoPt007 \Rightarrow FontPt012)	
(TopoPt000 \Rightarrow FontPt003)	(TopoPt004 \Rightarrow FontPt009)		(TopoPt011 \Rightarrow FontPt017)
	(TopoPt004 \Rightarrow FontPt010)	(TopoPt008 \Rightarrow FontPt012)	(TopoPt011 \Rightarrow FontPt018)
(TopoPt001 \Rightarrow FontPt000)	(TopoPt004 \Rightarrow FontPt011)	(TopoPt008 \Rightarrow FontPt013)	(TopoPt011 \Rightarrow FontPt019)
(TopoPt001 \Rightarrow FontPt001)	(TopoPt004 \Rightarrow FontPt012)	(TopoPt008 \Rightarrow FontPt014)	(TopoPt011 \Rightarrow FontPt020)
(TopoPt001 \Rightarrow FontPt002)	(TopoPt005 \Rightarrow FontPt006)		(TopoPt011 \Rightarrow FontPt021)
(TopoPt001 \Rightarrow FontPt003)	(TopoPt005 \Rightarrow FontPt007)	(TopoPt009 \Rightarrow FontPt013)	(TopoPt011 \Rightarrow FontPt022)
(TopoPt001 \Rightarrow FontPt004)	(TopoPt005 \Rightarrow FontPt008)	(TopoPt009 \Rightarrow FontPt014)	(TopoPt011 \Rightarrow FontPt023)
(TopoPt001 \Rightarrow FontPt005)	(TopoPt005 \Rightarrow FontPt009)	(TopoPt009 \Rightarrow FontPt015)	(TopoPt011 \Rightarrow FontPt024)
	(TopoPt005 \Rightarrow FontPt010)	(TopoPt009 \Rightarrow FontPt016)	(TopoPt011 \Rightarrow FontPt025)
(TopoPt002 \Rightarrow FontPt000)	(TopoPt005 \Rightarrow FontPt011)	(TopoPt009 \Rightarrow FontPt017)	(TopoPt011 \Rightarrow FontPt026)
(TopoPt002 \Rightarrow FontPt001)	(TopoPt005 \Rightarrow FontPt012)	(TopoPt009 \Rightarrow FontPt018)	(TopoPt011 \Rightarrow FontPt027)
(TopoPt002 \Rightarrow FontPt002)		(TopoPt009 \Rightarrow FontPt019)	
(TopoPt002 \Rightarrow FontPt003)	(TopoPt006 \Rightarrow FontPt006)	(TopoPt009 \Rightarrow FontPt020)	(TopoPt012 \Rightarrow FontPt024)
(TopoPt002 \Rightarrow FontPt004)	(TopoPt006 \Rightarrow FontPt007)	(TopoPt010 \Rightarrow FontPt017)	(TopoPt012 \Rightarrow FontPt025)
(TopoPt002 \Rightarrow FontPt005)	(TopoPt006 \Rightarrow FontPt008)	(TopoPt010 \Rightarrow FontPt018)	(TopoPt012 \Rightarrow FontPt026)
	(TopoPt006 \Rightarrow FontPt009)	(TopoPt010 \Rightarrow FontPt019)	(TopoPt012 \Rightarrow FontPt027)
(TopoPt006 \Rightarrow FontPt010)		(TopoPt010 \Rightarrow FontPt020)	(TopoPt012 \Rightarrow FontPt028)
(TopoPt003 \Rightarrow FontPt000)	(TopoPt006 \Rightarrow FontPt011)	(TopoPt010 \Rightarrow FontPt021)	(TopoPt012 \Rightarrow FontPt029)
(TopoPt003 \Rightarrow FontPt001)	(TopoPt006 \Rightarrow FontPt012)	(TopoPt010 \Rightarrow FontPt022)	(TopoPt012 \Rightarrow FontPt030)
(TopoPt003 \Rightarrow FontPt002)		(TopoPt010 \Rightarrow FontPt023)	(TopoPt012 \Rightarrow FontPt031)
(TopoPt003 \Rightarrow FontPt003)	(TopoPt007 \Rightarrow FontPt008)	(TopoPt010 \Rightarrow FontPt024)	
(TopoPt003 \Rightarrow FontPt004)	(TopoPt007 \Rightarrow FontPt009)	(TopoPt010 \Rightarrow FontPt025)	
(TopoPt003 \Rightarrow FontPt005)			

PointMatchList:

(TopoPt013 \Rightarrow FontPt031)

Critère 1:

- Points qui sont à la fois extrêmes horizontaux et verticaux

Aucun choix et aucune élimination par ce critère.

Critère 2:

- Points extrêmes globaux dans l'une des directions (horizontale ou verticale) avec élimination des points qui ne sont pas extrêma

Choix de la relation :

(TopoPt012 \Rightarrow FontPt027)

Elimination des autres relations du point de la structure topologique no. 12.

CandidatMatchList:

(TopoPt 000 => FontPt 000)	(TopoPt 003 => FontPt 004)	(TopoPt 006 => FontPt 011)	(TopoPt 010 => FontPt 019)
(TopoPt 000 => FontPt 001)	(TopoPt 003 => FontPt 005)	(TopoPt 006 => FontPt 012)	(TopoPt 010 => FontPt 020)
(TopoPt 000 => FontPt 002)			(TopoPt 010 => FontPt 021)
(TopoPt 000 => FontPt 003)	(TopoPt 004 => FontPt 006)	(TopoPt 007 => FontPt 008)	(TopoPt 010 => FontPt 022)
	(TopoPt 004 => FontPt 007)	(TopoPt 007 => FontPt 009)	(TopoPt 010 => FontPt 023)
(TopoPt 001 => FontPt 000)	(TopoPt 004 => FontPt 008)	(TopoPt 007 => FontPt 010)	(TopoPt 010 => FontPt 024)
(TopoPt 001 => FontPt 001)	(TopoPt 004 => FontPt 009)	(TopoPt 007 => FontPt 011)	(TopoPt 010 => FontPt 025)
(TopoPt 001 => FontPt 002)	(TopoPt 004 => FontPt 010)	(TopoPt 007 => FontPt 012)	(TopoPt 010 => FontPt 026)
(TopoPt 001 => FontPt 003)	(TopoPt 004 => FontPt 011)		(TopoPt 010 => FontPt 027)
(TopoPt 001 => FontPt 004)	(TopoPt 004 => FontPt 012)	(TopoPt 008 => FontPt 012)	
(TopoPt 001 => FontPt 005)		(TopoPt 008 => FontPt 013)	(TopoPt 011 => FontPt 017)
(TopoPt 002 => FontPt 000)	(TopoPt 005 => FontPt 006)	(TopoPt 008 => FontPt 014)	(TopoPt 011 => FontPt 018)
(TopoPt 002 => FontPt 001)	(TopoPt 005 => FontPt 007)		(TopoPt 011 => FontPt 019)
(TopoPt 002 => FontPt 002)	(TopoPt 005 => FontPt 008)	(TopoPt 009 => FontPt 013)	(TopoPt 011 => FontPt 020)
(TopoPt 002 => FontPt 003)	(TopoPt 005 => FontPt 009)	(TopoPt 009 => FontPt 014)	(TopoPt 011 => FontPt 021)
(TopoPt 002 => FontPt 004)	(TopoPt 005 => FontPt 010)	(TopoPt 009 => FontPt 015)	(TopoPt 011 => FontPt 022)
(TopoPt 002 => FontPt 005)	(TopoPt 005 => FontPt 011)	(TopoPt 009 => FontPt 016)	(TopoPt 011 => FontPt 023)
	(TopoPt 005 => FontPt 012)	(TopoPt 009 => FontPt 017)	(TopoPt 011 => FontPt 024)
		(TopoPt 009 => FontPt 018)	(TopoPt 011 => FontPt 025)
(TopoPt 003 => FontPt 000)	(TopoPt 006 => FontPt 006)	(TopoPt 009 => FontPt 019)	(TopoPt 011 => FontPt 026)
(TopoPt 003 => FontPt 001)	(TopoPt 006 => FontPt 007)	(TopoPt 009 => FontPt 020)	(TopoPt 011 => FontPt 027)
(TopoPt 003 => FontPt 002)	(TopoPt 006 => FontPt 008)		
(TopoPt 003 => FontPt 003)	(TopoPt 006 => FontPt 009)	(TopoPt 010 => FontPt 017)	
	(TopoPt 006 => FontPt 010)	(TopoPt 010 => FontPt 018)	

PointMatchList:

(TopoPt 012 => FontPt 027)
(TopoPt 013 => FontPt 031)

Critère 3:

- Recherche dans la fonte des points extrema dans l'une des directions horizontale ou verticale pour des points topologiques qui doivent être extrema globaux dans cette même direction avec élimination des points qui ne sont pas extrema

Aucun choix et aucune élimination par ce critère.

Critère 4:

- Points de départ ou d'arrivée de longs segments, ce critère n'accepte que les segments de droite

Choix des relations:

(TopoPt 003 => FontPt 005)
(TopoPt 004 => FontPt 006)

Elimination des autres relations des points de la structure topologique no. 3 et 4.

CandidatMatchList:

(TopoPt 000 => FontPt 000)	(TopoPt 005 => FontPt 010)	(TopoPt 009 => FontPt 015)	(TopoPt 011 => FontPt 022)
(TopoPt 000 => FontPt 001)	(TopoPt 005 => FontPt 011)	(TopoPt 009 => FontPt 016)	(TopoPt 011 => FontPt 023)
(TopoPt 000 => FontPt 002)	(TopoPt 005 => FontPt 012)	(TopoPt 009 => FontPt 017)	(TopoPt 011 => FontPt 024)
(TopoPt 000 => FontPt 003)		(TopoPt 009 => FontPt 018)	(TopoPt 011 => FontPt 025)
	(TopoPt 006 => FontPt 006)	(TopoPt 009 => FontPt 019)	(TopoPt 011 => FontPt 026)
(TopoPt 001 => FontPt 000)	(TopoPt 006 => FontPt 007)	(TopoPt 009 => FontPt 020)	(TopoPt 011 => FontPt 027)
(TopoPt 001 => FontPt 001)	(TopoPt 006 => FontPt 008)		
(TopoPt 001 => FontPt 002)	(TopoPt 006 => FontPt 009)	(TopoPt 010 => FontPt 017)	
(TopoPt 001 => FontPt 003)	(TopoPt 006 => FontPt 010)	(TopoPt 010 => FontPt 018)	
(TopoPt 001 => FontPt 004)	(TopoPt 006 => FontPt 011)	(TopoPt 010 => FontPt 019)	
(TopoPt 001 => FontPt 005)	(TopoPt 006 => FontPt 012)	(TopoPt 010 => FontPt 020)	
		(TopoPt 010 => FontPt 021)	
(TopoPt 002 => FontPt 000)	(TopoPt 007 => FontPt 008)	(TopoPt 010 => FontPt 022)	
(TopoPt 002 => FontPt 001)	(TopoPt 007 => FontPt 009)	(TopoPt 010 => FontPt 023)	
(TopoPt 002 => FontPt 002)	(TopoPt 007 => FontPt 010)	(TopoPt 010 => FontPt 024)	
(TopoPt 002 => FontPt 003)	(TopoPt 007 => FontPt 011)	(TopoPt 010 => FontPt 025)	
(TopoPt 002 => FontPt 004)	(TopoPt 007 => FontPt 012)	(TopoPt 010 => FontPt 026)	
(TopoPt 002 => FontPt 005)		(TopoPt 010 => FontPt 027)	
	(TopoPt 008 => FontPt 012)		
(TopoPt 005 => FontPt 006)	(TopoPt 008 => FontPt 013)	(TopoPt 011 => FontPt 017)	
(TopoPt 005 => FontPt 007)	(TopoPt 008 => FontPt 014)	(TopoPt 011 => FontPt 018)	
(TopoPt 005 => FontPt 008)	(TopoPt 009 => FontPt 013)	(TopoPt 011 => FontPt 019)	
(TopoPt 005 => FontPt 009)	(TopoPt 009 => FontPt 014)	(TopoPt 011 => FontPt 020)	
		(TopoPt 011 => FontPt 021)	

PointMatchList:

(TopoPt 003 => FontPt 005)	(TopoPt 012 => FontPt 027)
(TopoPt 004 => FontPt 006)	(TopoPt 013 => FontPt 031)

Critère 5:

- Points extrema locaux suivant une direction horizontale ou verticale

Elimination des relations:

(TopoPt 001 => FontPt 005) ("les point 5, 4, 3 et 2 ne sont pas des minima horizontaux")
(TopoPt 001 => FontPt 004)
(TopoPt 001 => FontPt 003)
(TopoPt 001 => FontPt 002)
(TopoPt 006 => FontPt 012) ("les point 6, 7, 8, 9 et 12 ne sont pas des minima horizontaux")
(TopoPt 006 => FontPt 009)
(TopoPt 006 => FontPt 008)
(TopoPt 006 => FontPt 007)
(TopoPt 006 => FontPt 006)

Choix des relations:

(TopoPt 008 => FontPt 012) ("maximum vertical")
(TopoPt 009 => FontPt 017) ("maximum horizontal")
(TopoPt 010 => FontPt 022) ("minimum horizontal")

Elimination des autres relations des points de la structure topologique no. 8, 9 et 10

Elimination des relations:

(TopoPt 011 \Rightarrow FontPt 021) (* contraires à la continuité du contour après (TopoPt 010 \Rightarrow FontPt 022) *)
(TopoPt 011 \Rightarrow FontPt 020)
(TopoPt 011 \Rightarrow FontPt 019)
(TopoPt 011 \Rightarrow FontPt 018)
(TopoPt 011 \Rightarrow FontPt 017)

Choix de la relation:

(TopoPt 011 \Rightarrow FontPt 022) (* minimum horizontal *)

Elimination des autres relations du point de la structure topologique no.11.

CandidatMatchList:

(TopoPt 000 \Rightarrow FontPt 000)	(TopoPt 002 \Rightarrow FontPt 000)	(TopoPt 005 \Rightarrow FontPt 006)	(TopoPt 006 \Rightarrow FontPt 010)
(TopoPt 000 \Rightarrow FontPt 001)	(TopoPt 002 \Rightarrow FontPt 001)	(TopoPt 005 \Rightarrow FontPt 007)	(TopoPt 006 \Rightarrow FontPt 011)
(TopoPt 000 \Rightarrow FontPt 002)	(TopoPt 002 \Rightarrow FontPt 002)	(TopoPt 005 \Rightarrow FontPt 008)	
(TopoPt 000 \Rightarrow FontPt 003)	(TopoPt 002 \Rightarrow FontPt 003)	(TopoPt 005 \Rightarrow FontPt 009)	(TopoPt 007 \Rightarrow FontPt 008)
	(TopoPt 002 \Rightarrow FontPt 004)	(TopoPt 005 \Rightarrow FontPt 010)	(TopoPt 007 \Rightarrow FontPt 009)
(TopoPt 001 \Rightarrow FontPt 000)	(TopoPt 002 \Rightarrow FontPt 005)	(TopoPt 005 \Rightarrow FontPt 011)	(TopoPt 007 \Rightarrow FontPt 010)
(TopoPt 001 \Rightarrow FontPt 001)		(TopoPt 005 \Rightarrow FontPt 012)	(TopoPt 007 \Rightarrow FontPt 011)
			(TopoPt 007 \Rightarrow FontPt 012)

PointMatchList:

(TopoPt 003 \Rightarrow FontPt 005)	(TopoPt 008 \Rightarrow FontPt 012)	(TopoPt 010 \Rightarrow FontPt 022)	(TopoPt 012 \Rightarrow FontPt 027)
(TopoPt 004 \Rightarrow FontPt 006)	(TopoPt 009 \Rightarrow FontPt 017)	(TopoPt 011 \Rightarrow FontPt 022)	(TopoPt 013 \Rightarrow FontPt 031)

Critère 6:

- Points de départ ou d'arrivée de longs segments, avec acceptation des courbes très plates

Aucun choix et aucune élimination par ce critère.

Critère 7:

- Points d'inflexion, à l'exception de ceux qui se trouvent dans les empattements

Aucun choix et aucune élimination par ce critère.

Critère 8:

- Point de départ et d'arrivée d'une courbe dans la bonne direction

Choix de la relation:

(TopoPt 007 \Rightarrow FontPt 011)

Elimination des autres relations du point de la structure topologique no.7.

Elimination de la relation:

(TopoPt 005 \Rightarrow FontPt 012) (* point de départ et d'arrivée en ce point avec mauvaise direction *)

CandidatMatchList:

(TopoPt 000 \Rightarrow FontPt 000)	(TopoPt 002 \Rightarrow FontPt 000)	(TopoPt 005 \Rightarrow FontPt 006)	(TopoPt 006 \Rightarrow FontPt 010)
(TopoPt 000 \Rightarrow FontPt 001)	(TopoPt 002 \Rightarrow FontPt 001)	(TopoPt 005 \Rightarrow FontPt 007)	(TopoPt 006 \Rightarrow FontPt 011)
(TopoPt 000 \Rightarrow FontPt 002)	(TopoPt 002 \Rightarrow FontPt 002)	(TopoPt 005 \Rightarrow FontPt 008)	
(TopoPt 000 \Rightarrow FontPt 003)	(TopoPt 002 \Rightarrow FontPt 003)	(TopoPt 005 \Rightarrow FontPt 009)	
	(TopoPt 002 \Rightarrow FontPt 004)	(TopoPt 005 \Rightarrow FontPt 010)	
(TopoPt 001 \Rightarrow FontPt 000)	(TopoPt 002 \Rightarrow FontPt 005)	(TopoPt 005 \Rightarrow FontPt 011)	
(TopoPt 001 \Rightarrow FontPt 001)			

PointMatchList:

(TopoPt 003 \Rightarrow FontPt 005)	(TopoPt 008 \Rightarrow FontPt 012)	(TopoPt 010 \Rightarrow FontPt 022)	(TopoPt 012 \Rightarrow FontPt 027)
(TopoPt 004 \Rightarrow FontPt 006)	(TopoPt 009 \Rightarrow FontPt 017)	(TopoPt 011 \Rightarrow FontPt 022)	(TopoPt 013 \Rightarrow FontPt 031)
(TopoPt 007 \Rightarrow FontPt 011)			

Critère 9:

- Point de départ ou d'arrivée de segments avec acceptation des courbes très plates

Choix de la relation :

(TopoPt 000 \Rightarrow FontPt 000)

Elimination des autres relations du point de la structure topologique no.0.

CandidatMatchList:

(TopoPt 001 \Rightarrow FontPt 000)	(TopoPt 002 \Rightarrow FontPt 002)	(TopoPt 005 \Rightarrow FontPt 006)	(TopoPt 005 \Rightarrow FontPt 011)
(TopoPt 001 \Rightarrow FontPt 001)	(TopoPt 002 \Rightarrow FontPt 003)	(TopoPt 005 \Rightarrow FontPt 007)	
	(TopoPt 002 \Rightarrow FontPt 004)	(TopoPt 005 \Rightarrow FontPt 008)	(TopoPt 006 \Rightarrow FontPt 010)
(TopoPt 002 \Rightarrow FontPt 000)	(TopoPt 002 \Rightarrow FontPt 005)	(TopoPt 005 \Rightarrow FontPt 009)	(TopoPt 006 \Rightarrow FontPt 011)
(TopoPt 002 \Rightarrow FontPt 001)		(TopoPt 005 \Rightarrow FontPt 010)	

PointMatchList:

(TopoPt 000 \Rightarrow FontPt 000)	(TopoPt 007 \Rightarrow FontPt 011)	(TopoPt 010 \Rightarrow FontPt 022)	(TopoPt 012 \Rightarrow FontPt 027)
(TopoPt 003 \Rightarrow FontPt 005)	(TopoPt 008 \Rightarrow FontPt 012)	(TopoPt 011 \Rightarrow FontPt 022)	(TopoPt 013 \Rightarrow FontPt 031)
(TopoPt 004 \Rightarrow FontPt 006)	(TopoPt 009 \Rightarrow FontPt 017)		

Critère 10:

- Point de départ ou d'arrivée d'une courbe dans la bonne direction

Aucun choix et aucune élimination par ce critère.

Critère 11:

- Points extrema globaux dans l'une des directions (horizontale ou verticale) avec élimination des points qui ne sont pas extrema globaux

Aucun choix et aucune élimination par ce critère.

Critère 12:

- Points liés à une ligne de référence

Aucun choix et aucune élimination par ce critère.

Critère 13:

- Points d'inflexion dans les empattements

Choix des relations:

(TopoPt 002 \Rightarrow FontPt 001)

(TopoPt 005 \Rightarrow FontPt 010)

Elimination des autres relations des points de la structure topologique no. 2 et 5

CandidatMatchList:

(TopoPt 001 \Rightarrow FontPt 000) (TopoPt 006 \Rightarrow FontPt 010)
(TopoPt 001 \Rightarrow FontPt 001) (TopoPt 006 \Rightarrow FontPt 011)

PointMatchList:

(TopoPt 000 \Rightarrow FontPt 000) (TopoPt 004 \Rightarrow FontPt 006) (TopoPt 008 \Rightarrow FontPt 012) (TopoPt 011 \Rightarrow FontPt 022)
(TopoPt 002 \Rightarrow FontPt 001) (TopoPt 005 \Rightarrow FontPt 010) (TopoPt 009 \Rightarrow FontPt 017) (TopoPt 012 \Rightarrow FontPt 027)
(TopoPt 003 \Rightarrow FontPt 005) (TopoPt 007 \Rightarrow FontPt 011) (TopoPt 010 \Rightarrow FontPt 022) (TopoPt 013 \Rightarrow FontPt 031)

Critère final de sélection

Choix des relations:

(TopoPt 001 \Rightarrow FontPt 000)

(TopoPt 006 \Rightarrow FontPt 011)

PointMatchList:

(TopoPt 000 \Rightarrow FontPt 000) (TopoPt 004 \Rightarrow FontPt 006) (TopoPt 008 \Rightarrow FontPt 012) (TopoPt 011 \Rightarrow FontPt 022)
(TopoPt 001 \Rightarrow FontPt 000) (TopoPt 005 \Rightarrow FontPt 010) (TopoPt 009 \Rightarrow FontPt 017) (TopoPt 012 \Rightarrow FontPt 027)
(TopoPt 002 \Rightarrow FontPt 001) (TopoPt 006 \Rightarrow FontPt 011) (TopoPt 010 \Rightarrow FontPt 022) (TopoPt 013 \Rightarrow FontPt 031)
(TopoPt 003 \Rightarrow FontPt 005) (TopoPt 007 \Rightarrow FontPt 011)

Critère:

- Affinement de l'étiquetage automatique dans les empattements

Pas de modification de l'étiquetage

Glossaire

Modèle topologique des fontes

Nous n'utilisons pas ici le terme de topologie dans son sens de mathématique algébrique mais dans son sens géométrique "étude des propriétés des figures géométriques invariantes sous l'effet de transformations". Le modèle topologique des fontes latines que nous avons développé contient les informations géométriques, associées à chaque caractère, ne dépendant pas d'une fonte particulière mais qui sont générales à toutes les fontes. Ce modèle constitue une base de connaissance typographique sur la géométrie des caractères. La base de connaissance est donnée sous forme de tables (variantes, figures, contours, points de structure, éléments de courbe, éléments de structure, règles d'adaptation du contour généralisées) et de relations entre les tables (relations basées sur la numérotation des points de structure).

Variantes de la description topologique

Dans les fontes latines, un même caractère peut être dessiné sous des formes différentes. Dans notre modèle topologique, nous appelons variantes, les différentes formes possibles que peut prendre un même caractère. Un tableau (figure 4.2) contient la liste des variantes que nous avons introduites dans notre modèle.

Figures

Un caractère peut être composé de plusieurs éléments disjoints (un caractère et un signe diacritique, les trois éléments qui composent le signe "%"). Nous appelons figures ces différents éléments disjoints. Dans notre description, les caractères sont composés de figures qui sont décrites par un contour extérieur et un ou plusieurs contours intérieurs.

Dans notre modèle topologique des fontes, les variantes topologiques sont composées de figures topologiques, composés de contours topologiques.

Contours

Nous appelons contour, une succession d'éléments de courbe qui se suivent de manière continue. Les contours de notre description doivent être tous fermés. Deux contours ne doivent pas se juxtaposer. Les contours sont soit de type "contour intérieur", soit de type "contour extérieur".

Nous utilisons une convention d'orientation : les contours extérieurs sont orientés dans le sens des aiguilles d'une montre et les contours intérieurs dans le sens inverse. Dans la description d'une fonte, les contours sont composés de segments de droite et de courbes de Bézier.

Dans notre modèle topologique des fontes, les figures topologiques sont composées de contours topologiques, décrits par des points de structure et des éléments de courbe caractéristique.

Points de structure

Les contours de notre modèle topologique sont composés de points de structure. Ces points de structure sont introduits à tous les endroits dans le contour où une situation géométrique particulière peut se produire (points extrêmes, changement de pente, changement de courbure, inflexion)

Éléments de courbe caractéristique

Les points de structure de notre description topologique sont reliés entre eux par des courbes caractéristiques. Ces courbes caractéristiques correspondent à des morceaux de contours ayant des caractéristiques topologiques particulières.

Étiquetage des fontes

Action de localiser, pour un caractère, dans une fonte particulière, les éléments du modèle topologiques (variantes, figures, contours, points de structure) qui servent à décrire la géométrie de ce caractère.

Règles d'adaptation du contour à la grille des points discrets

Les règles d'adaptation du contour à la grille définissent les éléments que l'on veut placer sur la grille des points discrets et la manière avec laquelle on peut déplacer ces éléments. Ces règles permettent d'améliorer la qualité des caractères obtenus en adaptant le contour à la grille des points discrets avant la conversion ponctuelle.

Index

A

alignement	2-21
application des règles d'adaptation du contour à la grille	4-3, 4-25
arc externe - interne	2-15
arc interne - externe	2-15, 2-16
arcs externes	2-17
arcs internes	2-17
arrondi	2-7, 2-21, 2-29, 5-29
attaque	3-15
attracteur	5-30
axe de symétrie	2-7, 2-8, 2-9

B

barre verticale	5-16
barres diagonales	3-21
barres horizontales	2-5, 3-21
barres horizontales et verticales	2-11
barres obliques	2-5, 2-18, 2-21
barres verticales	2-5, 2-28, 3-21
basse résolution	2-5, 2-6, 2-28, 5-27
blue lines	1-3
Blue Scale	1-3
Blue Shift	1-3
bonne lisibilité	5-4
boucle d'application d'un critère	4-13
boucle de vérification du critère	4-14

C

CapitalConvCurveHorSpace	5-20, 5-21
CapitalConvCurveMaxXRange	5-21
CapitalConvCurveMaxYRange	5-21
CapitalCurveSpacing	5-23, 5-24
CapitalHoleDepth	5-10, 5-15
CapitalMaxHoleDepth	5-15
CapitalMinimalSpacing	5-24, 5-28
CapitalMinSpaceZoneDist	5-14, 5-16
CapitalMinSpaceZoneWidth	5-14, 5-16
CapitalSpacing	5-24
CapitalStemSpacing	5-24
CapitalStemToCurveSpacing	5-23, 5-24
CapitalStraightWallDetection	5-17, 5-18
CapitalStraightWallMaxDX	5-17, 5-18
CapitalStraightWallMinLength	5-16, 5-18
caractères à deux niveaux	2-5
caractères à niveaux de gris	2-5
caractères italiques	5-26
caractères numérisés	3-19
caractères symétriques	2-7

cavités	5-7
centrage barre verticale	2-4
centrage des terminaisons	2-3
centrages vertical et horizontal	2-5
centre d'une cavité	5-8
changement de courbure	3-7
changement de pente	2-23
changements de pente	4-24
cohérence de l'épaisseur	2-1
complément à l'espace visuel droit du premier caractère	5-12
constantes de position	4-5, 4-8
continuité géométrique	5-20
ContMatchList	4-8
ContMatchX	4-7
ContMatchY	4-7
contours	3-5, 4-2
contours extérieurs	3-7, 4-6
contours intérieurs	3-7, 4-6, 5-5
contours topologiques	4-6
contraintes	2-4
contrôler l'épaisseur discrète	2-29
conversion ponctuelle	1-1, 2-1
correction optique	1-3, 2-16, 2-17, 3-10
courbe dans la bonne direction	4-21, 4-22, D-6, D-7
courbes caractéristiques	3-13
courbes de Bézier	2-1, 3-1
courbes très plates	4-19, 4-21, D-7
critère final de sélection	4-24, D-8
critères de sélection	4-11, 4-13
D	
déformation de type élastique	2-27, 2-30
déformation du contour	2-2
demi-empattement	2-26, 3-8
déplacement	2-29
déplacement proportionnel	2-31
descendante	2-18
description des caractères par leur contour	1-1
description par contours	3-1, 3-3, 3-5
description par squelette	3-3, 3-4
description par tracé de plume	3-1
description topologique par contours	3-25
dessins de caractères par contours	2-1
détection des choix croisés	4-12
direction du déplacement	2-4, 2-11, 2-15, 2-16
E	
éléments de courbe	2-5, 2-14, 2-15, 3-3, 3-17, 3-21
éléments de jonction	3-4, 3-8, 3-13, 3-15, 3-18, 3-19, 3-24
éléments de structure	3-1, 3-20
éléments de type courbe	3-14, 3-24
éléments obligatoires	3-5
éléments optionnels	3-4, 3-5
empattement	2-21, 3-4, 3-15, 3-18, 3-24
empattements	2-23, 3-13, 4-23, 4-25, 5-16, D-8
en-tête de fonte	2-16, 2-17, 2-32
épaisseur d'une barre oblique	2-20

épaisseur de l'empattement	2-24, 4-25
épaisseur de référence	2-4, 2-11, 2-13, 2-15, 2-18, 2-21, 2-25, 2-27, 2-28, 2-32
épaisseur des éléments de structures	3-23
épaisseur des empattements	2-25
épaisseur discrète	2-12, 2-21, 2-29
épaisseurs des barres	4-27
épaisseurs discrètes	2-32
épaisseurs réelles	2-32
équilibre entre les blancs et les noirs	5-1, 5-25
équilibre optique	5-4
espace géométrique	5-4
espace visuel gauche du deuxième caractère	5-12
espacement automatique	5-15
espacement correct	5-1
espacement entre caractères gris	5-28
espacement entre caractères noir/blanc	5-28
espacement entre caractères types	4-27
espacement fixe	5-1
espacement minimal	5-25
espacement proportionnel	5-1, 5-2
espacement sans crénage	5-15
espacement visuel	5-4
espacements entre faces type	5-24
étiquetage automatique	2-3, 4-1, 4-9, 4-27
extrema globaux dans l'une des direction	4-22, D-7
extrema horizontaux et verticaux	4-16, D-3
extrema locaux	4-19, D-5
extrêmes globaux dans l'une des directions	4-16, D-3
F	
face de type courbe convexe	5-19
face extérieure	5-7
face verticale	5-17
faces intérieures	5-6
fenêtre de recherche des extrema	5-20
FigMatchList	4-5
FigMatchX	4-5
FigMatchY	4-5
figures	3-5, 4-2
figures séparées	5-8
figures topologiques	4-4
filtre passe-bas	5-9
filtres géométriques	5-4
FontContPositionX	4-7
FontContPositionY	4-7
fonte avec empattement	5-22
fontes bold	5-25
fontes chinoises	4-8
fontes d'une complexité supérieure	4-27
fontes de forme très arrondie	4-17
fontes italiques	4-18, 4-26
FontFigPositionX	4-4
FontFigPositionY	4-4

G	
géométrie de l'élément	3-19
graphe des relations de position	4-5, 4-8
grille de coordonnées simplifiée	3-9
grille de position simplifiée	3-6
grille discrète	2-1
H	
hauteur des caractères	2-24
hauteur discrète des caractères	2-6, 2-12
hstem	1-3
I	
infexion	2-24
information de continuité	3-21
intervalle de recherche	5-17
J	
jambage	2-26
jambage vertical	2-29
L	
langage de description de page	1-1
largeur de référence	2-11
lettres rondes	2-8, 2-9
ligne de base	2-2
lignes de référence	1-3, 2-2, 2-4, 2-5, 2-6, 2-13, 2-15, 2-16, 2-24, 3-9, 3-21
limite de profondeur de la face	5-11
liste des candidats	4-9
liste des points étiquetés	4-9, 4-12
long segment	3-13, 4-20
longueur de l'empattement	2-24, 2-26, 4-25
longueur de référence	2-27
M	
maintien d'un espace minimum	5-14
marge de tolérance	4-10
masque de détection des faces verticales	5-17
métriques de la fonte	5-3
modèle topologique	2-3, 3-1, 4-1
montante	2-18
morceaux de courbe	3-13
N	
niveaux de gris	2-3
noir/blanc	2-3
O	
obliques étroites	2-18
ordre d'application des critères de sélection	4-12, 4-15
ordre d'application des variantes	4-3
ordre des positions des contours	4-6
orientation de l'élément	2-11, 2-15, 2-18, 2-19, 2-26, 2-27
orientation des courbes caractéristiques	3-17
ornements	3-4
P	
parallélisation	2-22, 2-23

parois	2-4, 2-18, 2-19
parties identiques	2-1
phase correcte	2-25
placement des jambages	2-12
plans de bits	1-1, 2-1
point extrême global	3-12
point extrême local	3-12
PointMatchList	4-9, 4-11, D-1
points d'inflexion	2-23, 3-7, 3-11, 4-20, 4-23, 4-25, D-6, D-8
points de changement de courbure	3-12
points de départ ou d'arrivée de longs segments	4-18, D-4
points de jonction	3-12
points de structure	3-3, 3-7, 4-11
points extrema dans l'une des directions	4-18, D-4
points extrêmes	3-7, 3-11
points liés à une ligne de référence	4-23, D-8
points tangents	3-12
position des extrema globaux	4-18
position des lignes de référence	4-27
position des points de structure	3-9, 3-23
position relative des figures	4-4
Postscript	1-1
profondeur des cavités	5-9
R	
rapports des épaisseurs	2-1
recherche de correspondance	4-1
référence de position de la face	5-18
règles d'adaptation	2-4, 3-1, 3-22
règles d'adaptation du contour	1-1
règles généralisées	2-3
représentation graphique du modèle	3-23, 3-24
S	
segments de droite	3-1
segments diagonaux	3-13, 3-17
segments horizontaux	3-13
segments nuls	3-13, 3-15
segments verticaux	3-13
signe diacritique	2-27
SmallConvCurveHorSpace	5-22
SmallConvCurveMaxXRange	5-22
SmallConvCurveMaxYRange	5-21
SmallCurveSpacing	5-23, 5-24
SmallHoleDepth	5-10, 5-16
SmallMaxHoleDepth	5-16
SmallMinimalSpacing	5-24, 5-28
SmallMinSpaceZoneDist	5-14, 5-16
SmallMinSpaceZoneSpace	5-14
SmallMinSpaceZoneWidth	5-16
SmallSpacing	5-24
SmallStemSpacing	5-24
SmallStemToCurveSpacing	5-23, 5-24
SmallStraightWallDetection	5-18

SmallStraightWallMaxDX	5-18
SmallStraightWallMinLength	5-18
squelette principal	3-4
surface géométrique mesurable	5-4
symétrie	2-1, 2-21
symétrie centrale	2-28
T	
table d'espacement entre faces types	5-22
table de correspondance	4-1
table de crénage	5-1, 5-2
terminaisons	3-15
TopoContPositionX	4-7
TopoContPositionY	4-7
TopoFigPositionX	4-4
TopoFigPositionY	4-4
TrueType	1-1
type des points de structure	3-11
Type1	1-1, 1-3
U	
un seul point candidat	4-12
uniformisation de l'espace visuel	5-12
V	
valeur de l'espacement visuel optimum	5-12
variante incorrecte	4-3
variante topologique	4-2
variantes	3-5
vecteur de chasse	5-29
vecteur de chasse optimum	5-12
vecteur de déplacement	2-9, 2-10, 2-30
vecteur de projection	1-1
vecteurs de déplacement	2-14, 2-17, 2-21
vérification de la règle de continuité	4-15
vstem	1-3
W	
WYSIWIG	5-31
Z	
zone d'application	2-4, 2-29
zone de correction optique	3-10
zone de recherche des candidats	4-10

Bétrisey Claude est né le 14 mai 1963 à St. Léonard (Valais). Il a accompli sa scolarité à St. Léonard, puis au Lycée-Collège de Sion, où il obtint en 1983 une Maturité Scientifique. Entré à l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne la même année, il acquit en janvier 1988 le diplôme d'Ingénieur Informaticien.

Depuis février 1988, il travaille comme assistant à l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne d'abord pour le IXe cours postgrade en informatique technique, puis depuis 1989 au Laboratoire de Systèmes Périphériques de l'EPFL comme assistant de recherche dans le domaine de la typographie numérique. Il a participé à des projets en collaboration avec l'industrie et au développement d'un logiciel de visualisation Postscript dans le cadre d'un projet européen Esprit Spirit-2.

Depuis juillet 1993, il travaille dans le domaine de la typographie numérique auprès de la maison Microsoft, principal créateur de logiciels pour ordinateurs personnels.
