

HISTOIRE D'O, D'o ET DE 0

 Charles BIGELOW

RÉSUMÉ. — Malgré l'accroissement exponentiel de l'informatique durant le demi-siècle dernier, il reste au moins un problème, lié aux chiffres binaires 0 et 1, qui a défié toute solution : comment dessiner les formes graphiques du chiffre '0' (zéro) et de la lettre majuscule 'O' de façon qu'un lecteur humain puisse les distinguer l'un de l'autre.

ABSTRACT. — Despite exponential increases of computing power over the past half-century, at least one problem involving ones and zeroes has defied easy solution: how to shape the graphical forms of numeral '0' (zero) and capital letter 'O' (Oh) so a human reader can easily distinguish between them.

NOTE. — Cet article est paru en anglais sous le titre « Oh oh zero » dans *TUGboat* [35]. Il est reproduit ici avec l'aimable autorisation de l'auteur et de Karl Berry, rédacteur en chef de *TUGboat*.

Il a été traduit en français par Jacques André, avec des corrections d'Yvon Henel, de Fabrice Popineau et de Thierry Bouche. La mention [Ndt] indique une note du traducteur.

Le texte original de Charles Bigelow était suivi, dans *TUGboat*, par une annexe de Karl Berry sur la composition en \TeX de cet article, qui est traduite aussi ici (page 42) et adaptée au cas des *Cahiers GUTenberg*; nous donnons alors quelques précisions sur l'utilisation de certaines variantes de caractères avec \Lua\TeX . Nous avons par ailleurs ajouté un complément (avec l'auteur) dans une seconde annexe (page 46).

Le titre de cet article mérite une petite explication. Bigelow m'a écrit¹ que littéralement "*Oh, oh, zero*" veut dire « Attention, c'est zéro » car "*Oh-oh*" (qui est une alarme) n'a rien à voir avec les lettres O et o. Cet amusant titre a double-sens m'a été proposé par Barbara Beeton ». Pour garder l'humour de celle-ci, je n'ai trouvé qu'une allusion au célèbre roman *Histoire d'O*. Charles Bigelow est bien connu de la communauté \TeX , puisque c'est l'un des premiers

1. "*Oh, oh, zero!*" has an English connotation of "*Beware, (here is) zero!*" because "*Oh, oh*" or "*Oh-oh*" is a warning and doesn't signify the letters at all. It was Barbara Beeton who saw this amusing double-entendre. [Mail de Ch. Bigelow, sept. 2013]

typographes à avoir travaillé avec Don Knuth. Il est notamment le père de Lucida, l'une des premières grandes fontes à avoir été ouverte à Unicode. On trouve dans ce même numéro de *TUGboat* une longue interview de Charles Bigelow (illustrée de ses fontes) par Yue Wang [46]. Rappelons que les *Cahiers GUTenberg* ont déjà publié la traduction française d'un de ses articles : « Création d'une police UNICODE » [34]. [Ndt].

*

* *

TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction	7
2. Chiffre 0 ou lettre O en informatique	8
2.1. Formes et idées	10
2.2. Modèles de marquage et de lisibilité	14
3. Chiffres 0 et lettres O dans des fontes contemporaines	17
4. Un court survol historique	24
4.1. Échantillon des premiers zéros imprimés	25
5. Conclusion	40
Remerciements	41
ANNEXES	
A. « Comment a été produit cet article » par Karl Berry ¹	42
À propos de cette version française	44
À propos de certaines fontes utilisées dans cet article	44
B. Complément : chasse des chiffres	46
Chasse fixe ou chasse propre ?	46
Survol historique	47
Chasse et style	49
Références	51
Textes	51
Url citées dans le texte (par ordre d'apparition)	52
Références additionnelles	52

1. INTRODUCTION

Nous étudions dans cette note trois aspects du problème « chiffre zéro ou lettre O²? ». Nous commencerons d'abord par une étude de la littérature informatique et typographique traitant de ce problème dans les années 1960 et 1970. Ensuite, nous regarderons les solutions pratiques adoptées par les fontes numériques des années 1980 à nos jours. Enfin, nous verrons les origines de ce problème sur des exemples issus de la typographie de la Renaissance italienne et française, et de la typographie anglaise et américaine pendant la Révolution industrielle. Nous nous intéressons ici surtout aux signes typographiques ; on trouvera chez Cajori [5] et Ifrah [8] l'histoire des notations mathématiques avant la typographie.

2. Dans cet article, nous encadrons la première occurrence d'un caractère de guillemets anglais simples (*quotes*) et le faisons suivre de son nom usuel entre parenthèses ; par la suite on utilise son nom ou un terme désambiguïsant. Exemples : 'O' (capitale O) pour la majuscule O ; '0' (zéro) pour le chiffre 0 ; '1' (un, ou chiffre 1) pour le chiffre 1 ; 'l' (bas-de-casse l) pour la lettre minuscule l ; 'I' (capitale I) pour la lettre majuscule I ; 'Ø' (zéro barré) pour le chiffre zéro barré ; 'ø' (zéro pointé) pour le zéro avec un point au centre. Les caractères utilisés dans les nombres, par exemple 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9, sont appelés en français par le seul mot « chiffres ». Mais en anglais, il y en a d'autres : en typographie on utilise le mot *figure*, comme dans *old-style figures* [chiffres elzéviens], *lining figures* [chiffres alignés] [4] tandis que le standard Unicode [13] emploie le terme *digit*. Ce standard Unicode distingue par ailleurs le « caractère », unité d'un système d'écriture, du « glyphe », marque graphique représentant un caractère. Mais cette distinction n'est pas toujours préservée rigoureusement dans ce papier.

[À propos de cette version française. Pour garder le dessin des lettres romaines citées, nous ne pouvons utiliser l'italique classique de l'autonymie aussi pour alléger, préférons-nous l'écriture non ambiguë « la lettre O » à, par exemple, « la lettre 'O' » ; toutefois nous écrivons « 'O' est... » et non « O est... ». Nous gardons donc les « guillemets anglais simples » (' et ') et avons remplacé les doubles (" et ") du texte original par nos chevrons (« et »), sauf dans les citations en anglais. Profitons-en pour signaler ici que nous avons traduit *serif* par empattement, ou par patin, pour préciser qu'il s'agit alors d'empattement sur la ligne de base, et que nous utilisons les noms normatifs français d'Unicode [44]. Ndt]

2. CHIFFRE 0 OU LETTRE O EN INFORMATIQUE

En 1967, R.W. Bemer a écrit un article [2] intitulé malicieusement *“Toward Standards for Handwritten Zero and Oh: Much Ado about Nothing (and a Letter), or A Partial Dossier on Distinguishing Between Handwritten Zero and Oh”* (Vers une norme pour l’écriture manuscrite du zéro et de la lettre O : « beaucoup de bruit pour rien »³ (et pour une lettre), ou dossier partiel sur la distinction entre le chiffre zéro et la lettre O manuscrits). Il y donnait une compilation commentée des propositions faites entre 1958 et 1966 pour lever l’ambiguïté des formes manuscrites de zéro et de la lettre O. Le but de l’étude était de permettre aux perforatrices de cartes perforées pour ordinateurs de mieux lire les bordereaux manuscrits de codes.

Il est peu probable que le papier de Bemer ait apporté quelque changement que ce soit dans l’écriture manuscrite mais Bemer a également participé aux développements de l’ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*, Code américain normalisé pour l’échange d’information). Le code ASCII, avec l’apparition des claviers de saisie, a fait passer le problème « lettre O ou zéro ? » de la réforme de l’écriture manuscrite, sujet périlleux, à la lisibilité typographique, sujet non moins problématique. Ce problème concernait dorénavant des lettres toutes faites et non plus l’écriture manuscrite personnalisée des programmeurs. Le code ASCII ne résolvait toutefois pas l’ambiguïté entre les zéros affichés ou imprimés et les lettres O, comme le fait DIN 1450, une récente norme allemande en matière de lisibilité et de typographie [6]. Elle reprend encore une fois et de nos jours l’éternel problème de différencier le zéro de la lettre O dans la typographie contemporaine.

Les fontes numériques se sont considérablement développées depuis 1980, ce qui a encore compliqué le problème. En effet, les fontes contiennent désormais de grands jeux de caractères ce qui augmente le risque d’avoir des lettres ou symboles qui se ressemblent au sein d’une même fonte ou d’une familles de fontes, notamment celles utilisées en édition scientifique et mathématique. La figure 1 montre un ensemble de caractères, issus des fontes Lucida Sans et Lucida Math, ressemblant au chiffre zéro ou à la lettre O.

3. *Much Ado about Nothing* (Beaucoup de bruit pour rien) est le nom d’une pièce de Shakespeare. [Ndt]

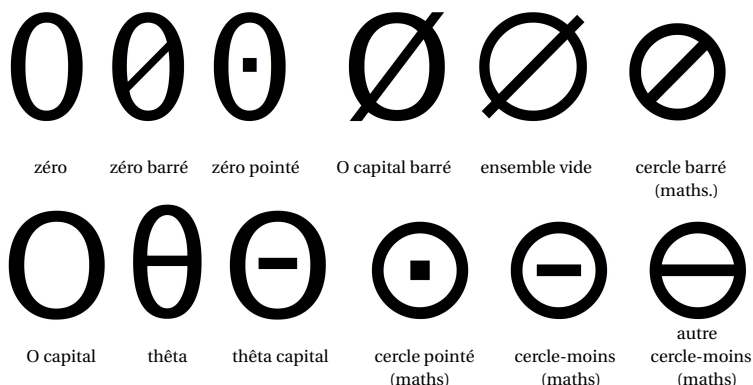


FIGURE 1. — Caractères ressemblant à des zéros (ligne du haut) ou à la lettre O (ligne du bas). Voir page 44 comment utiliser ces caractères en L^AT_EX.

La solution proposée en 1967 par Bemer [2] comprenait : une boucle, un paragraphe ou un trait au dessus de la lettre O ; une barre en travers de zéro ou de la lettre O ; un point ou un trait au centre de la lettre O ou du zéro ; une forme rectangulaire pour la lettre O et une elliptique pour le zéro (ou le contraire) ; une lettre O plus large que le zéro ; une orientation losangique pour la lettre O mais carrée pour le zéro ; une barre horizontale au-dessus de la lettre O. Un paragraphe de son article traitait rapidement de la distinction du chiffre '1' (un) de la lettre I capitale 'I' (I), et de celle du chiffre '2' (deux) de la lettre capitale 'Z' (Zed).

Une autre tentative d'accord sur la forme des chiffres et lettres manuscrites pour l'informatique a été publiée en 1969 par un groupe de travail de l'ANSI (*American National Standards Institute*, l'institut national américain de normalisation) sous la signature de Kerpelman [9] : « Forme des caractères alphanumériques en traitement de l'information ». La proposition recommandait une boucle manuscrite au sommet de la lettre O capitale pour la distinguer du zéro (Figure 2).

Kerpelman a observé une différence curieuse mais très nette entre deux groupes de personnes : « Les programmeurs habitués à utiliser un langage de programmation pour la gestion semblent préférer marquer les zéros. Ceux utilisant des langages mathématiques ou scientifiques préfèrent au

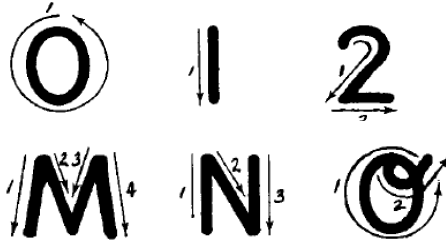


FIGURE 2. — Zéro (en haut à gauche) et lettre O (en bas à droite) selon Kerpelman [9].

contraire marquer les lettres. » [9] Cette différence permet de distinguer humanistes et techniciens. C'est un thème récurrent dans les annales du problème « lettre O ou zéro ».

À la suite de ces publications de l'ACM et de l'ANSI, le débat « lettre O ou zéro » se déplaça sur un forum dédié à la typographie, le *Journal of Typographic Research*, où, en 1969, le psychologue Dirk Wendt [17] analysa le problème de la discrimination et de la confusion entre les formes du zéro et de la lettre O mais sans donner de solution unique sauf qu'il nota que le zéro est plus facilement reconnu s'il est plus étroit que la lettre O. Dans le même numéro de ce journal, un chercheur des Bell Laboratories, Allen G. Vartabedian, donna les résultats d'une autre expérience de lisibilité et proposa qu'une boucle ou un trait fût ajouté au sommet de la lettre O pour la distinguer du zéro [15]. Cette proposition d'ajouter une boucle à la lettre O était identique à celle de Kerpelman.

Plus tard, dans une lettre à ce même journal, le calligraphe et dessinateur de caractère Hermann Zapf critiqua la proposition de Vartabedian et fit une contre proposition — ajouter une petite barre horizontale en haut à droite du chiffre zéro [18]. Vartabedian lui répondit et ajouta d'autres arguments en faveur de la modification de la lettre O [16]. Ainsi, un ingénieur (Vartabedian) préférait modifier la lettre O tandis qu'un humaniste (Zapf) préférait modifier le chiffre (figures 3 et 4).

2.1. FORMES ET IDÉES

Platon (ou le personnage de Socrate dans les *Dialogues* écrits par Platon) discute de la façon dont les lettres expriment des idées. Il suggère,

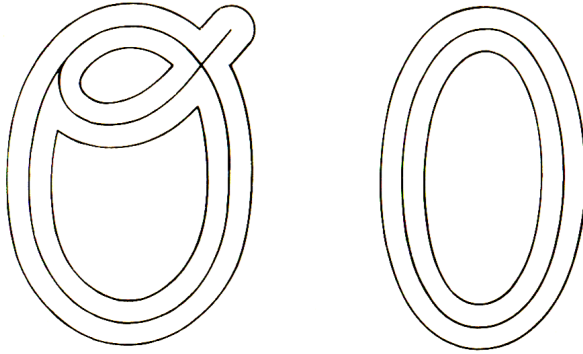


FIGURE 3. — Modification de la lettre O proposée par Vartabedian [15, 16].



FIGURE 4. — Modification du chiffre 0 proposée par Hermann Zapf [18].
Le zéro ressemble à un grand sigma bas-de-casse.

par exemple, que la lettre grecque omicron ‘O’ exprime de la rondeur, bien qu’il ne soit pas très clair si Socrate (ou Platon) se réfère à la forme ronde de la lettre ou à la forme arrondie des lèvres lorsque l’on prononce la voyelle désignée par omicron. Peut-être les deux. Les anciennes mathématiques grecques n’utilisaient pas de symbole écrit pour désigner le concept de rien, mais le philosophe atomiste Démocrite, probablement

contemporain de Socrate, utilise le mot « vide » en opposition à « plein », comme l'atteste Aristote dans sa *Métaphysique* [1].

En termes de sémiotique moderne, on peut se poser la question « Le symbole graphique est-il “iconique” ? Est-ce qu'un glyphe ressemble à la chose qu'il signifie ? » Pour la majorité des glyphes typographiques, la réponse est « non », mais le glyphe zéro, ajout tardif à l'écriture latine, est un anneau circulaire ou ovale ; son intérieur vide ne contient rien. Il apparaît donc comme iconique. Dans l'écriture manuscrite et en typographie, un espace blanc sépare les symboles ou groupes de symboles, mais ne signifie rien. Donc, pour dénoter « rien », il doit y avoir une marque qui de quelque façon matérialise la présence de rien. De plus, si l'intérieur vide du zéro est une icône de rien, alors une marque insérée dedans indique que quelque chose est dans le vide, en contradiction avec l'iconicité du glyphe vide. Dans sa longue histoire, zéro a quelques fois été représenté par un point plutôt que par un anneau, on pourrait donc arguer que le glyphe zéro-pointé est un double rien, comme une double négation serait une négation emphatique.

En théorie des ensembles, une des représentations iconiques de l'ensemble vide est une paire d'accolades entourant un espace vide : $\{ \}$. Le glyphe zéro a aussi été utilisé pour dénoter l'ensemble vide, mais pour distinguer le nombre zéro de l'ensemble vide, on a adopté comme symbole de l'ensemble vide⁴ soit un glyphe fait d'un zéro barré (\emptyset), soit d'un cercle barré (\varnothing). En Unicode, le caractère ENSEMBLE VIDE a pour code hexadécimal U+2205 ; Unicode ne distingue pas le zéro barré du cercle barré, les considérant en effet comme des formes visuelles différentes du même caractère. Les deux formes peuvent cependant être fournies comme des variantes de glyphes dans une fonte donnée, comme en Lucida Math OpenType utilisée ici. Et pour compliquer encore un peu, il y a une variante de zéro barré qui — quoique rarement utilisée dans les fontes avec empattements — est souvent présente dans des fontes à chasse fixe sans empattements (figure 9), comme nous le verrons plus bas.

Ces formes de l'ensemble vide ne marquent pas le début de la diminution des symboles cercles barrés. Un cercle avec une barre oblique

4. Certains mathématiciens français l'appellent « phi » et le tracent comme la lettre grecque Φ . [Ndt]

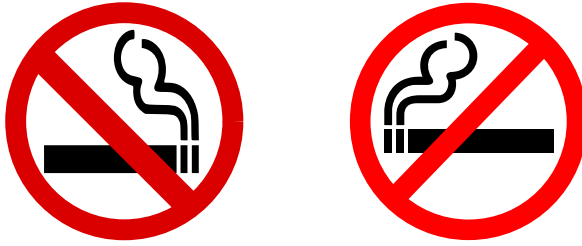


FIGURE 5. — Signes d'interdiction de fumer.

ne dépassant par le contour (' \emptyset ') a été adopté en Europe (et quelques fois en Amérique) en signalisation pour indiquer des interdictions⁵ : « ne pas », « non » ou « interdit de ». Le cercle d'interdiction est en général, mais pas toujours, barré dans le sens nord-ouest sud-est, alors que l'ensemble vide est barré dans le sens nord-est sud-ouest. Contrairement au symbole de l'ensemble vide, celui d'interdiction contient aussi, en général, une représentation de ce qui est interdit, par exemple une cigarette (figure 5, qui montre aussi les deux orientations). Le symbole d'interdiction en Unicode, DIACRIQUE CERCLE ENGLOBANT ET BARRE OBLIQUE INVERSÉE, a pour code U+20E0.

Un détail supplémentaire : l'opérateur mathématique de division cerclé \emptyset est orienté comme l'ensemble vide \emptyset mais sa barre ne dépasse pas le bord du cercle ; en Unicode il a le code U+2298 (BARRE OBLIQUE DE DIVISION CERCLÉE). Par ailleurs le langage de programmation APL a un caractère cercle-barré (*circle-backslash*, \emptyset) correspondant en Unicode au caractère de code U+2349 (SYMBOLE DE FONCTION APL SATURNE).

Enfin, bien que non circulaire, n'oublions pas la lettre O barrée 'Ø' (Unicode U+00D8, LETTRE MAJUSCULE LATINE O BARRÉ OBLIQUEMENT), et sa bas-de-casse 'ø' (U+00F8), une lettre de certaines des langues scandinaves : danois, féringien, norvégien et sami (lapon).

5. Il convient toutefois de rappeler que le code (européen) de la route utilise pour les interdictions un cercle rouge entourant ce qui est interdit, par exemple une voiture doublant une autre, et que c'est la fin d'interdiction qui est marquée par un cercle et une barre diagonale grise (tronquée en son milieu) ! On retrouve le premier principe de De Saussure : l'arbitraire du signe [41, § 135].

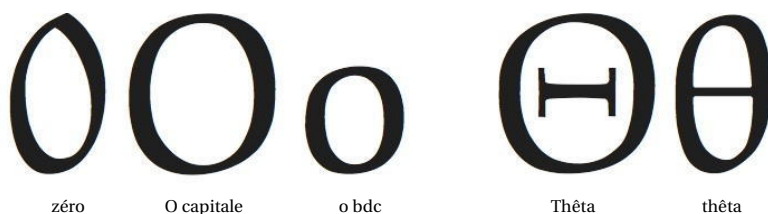


FIGURE 6. — Caractères de la fonte Euler d'Hermann Zapf

Revenons aux zéros et lettres O classiques. Dans diverses fontes récentes, sauf OCR-A et OCR-B des années 1960 et celles plus récentes les imitant, c'est le zéro qui est marqué et non la lettre O. Cependant, Hermann Zapf, qui avait donc proposé de modifier le zéro en lui ajoutant une barre, a utilisé un tracé calligraphique pour conserver la pureté du zéro vide sans ornement dans le dessin de la fonte Euler qu'il fit pour Donald Knuth et l'American Mathematical Society au début des années 1980 (figure 6). Dans Euler roman (1987), le zéro de Zapf est comme une ellipse étroite avec une pointe calligraphique au sommet et avec une base arrondie, un peu comme s'il avait été tracé à la plume d'un seul trait courbe. Au contraire, la lettre O a une forme plus large, plus lisse, presque super-elliptique. Zapf a ainsi trouvé, pour les fontes Euler, une voie commune tant pour les techniciens que pour les humanistes : ni le zéro, ni la lettre O ne sont marqués par des barres, traits, points, tirets ou autres trous. Les lettres grecques thêta traditionnelles, en capitale (Θ , U+0398) et en bas-de-casse (θ , U+03B8), ressemblent au O avec des marques internes.

2.2. MODÈLES DE MARQUAGE ET DE LISIBILITÉ

La première impression que l'on a est que les diverses propositions des mathématiciens, techniciens, psychologues et dessinateurs diffèrent largement. Les uns proposent de modifier le zéro, d'autres la capitale O ; certains veulent ajouter une barre diagonale, d'autres une boucle, d'autres encore ajouter un point, un trait horizontal ou une projection. Certains suggèrent de redessiner la forme des courbes du zéro, d'autres celle du O, et au moins une personne (Lo en 1967 [10]) de prendre des caractères d'un autre système d'écriture, en l'occurrence le chinois. Mais, malgré une telle variété, quelques principes peuvent être discernés. L'un est que la plupart des propositions ajoutent des marques à des formes existantes,

mais aucune n'en supprime. On doit ajouter des traits ou des points, mais pas de trous ni de ruptures dans les contours.

ABCDEFGHIJKLM
NOPQRSTUVWXYZ
0123456789 ÄÖÜ



FIGURE 7. — Fonte FE-Schrift, dessinée par Karlgeorg Hoefer (puis modifiée par d'autres) pour les plaques d'immatriculation allemandes. Le trou dans le zéro rectangulaire aide à le distinguer de la capitale O ; la forme de l'empiètement de la capitale I permet de la distinguer du chiffre 1.

En dessous : des plaques avec FE-Schrift se voient aussi dans d'autres pays européens.

L'ajout de marques noires est conforme à la vision habituelle de la forme des types : l'important ce sont les noirs, tandis que les blancs ne sont pas significatifs. Les dessinateurs de caractères, les typographes et les graphistes ne diraient pas ça, mais ils ne représentent qu'une petite minorité de professionnels, pas la vaste majorité des lecteurs. Un autre fait est que la majorité des marques proposées sont en général localisées au milieu (ou au-dessus du milieu) du caractère, et plus souvent dans le coin supérieur droit que dans le gauche. Ce qui est conforme à la tendance générale pour les alphabets typographiques latins de regrouper les parties significatives au-dessus du point médian des bas de casse, près de la ligne des x, et plus souvent dans le coin droit que dans le gauche. Cette tendance a été notée dès 1900 par Javal [39] puis par Huey en 1908 et Legros et Grant en 1916.

Il y a toutefois au moins une utilisation de trou pour marquer le zéro : les plaques d'immatriculation des véhicules allemands qui utilisent FE-Schrift, une fonte initialement dessinée par le calligraphe et dessinateur de caractères Karlgeorg Hoefer (Figure 7). Le zéro est presque rectangulaire et présente un trou près du coin supérieur droit, ce qui le distingue de la capitale O qui est un ovale en forme d'œuf avec un contour sans discontinuité. Le chiffre 1 se différencie de la capitale I en taille, en orientation et par l'arrangement des empattements.

La confusion entre le chiffre 0 et la lettre O était rare avant l'ère informatique, en partie parce que le contexte pouvait lever l'ambiguïté lettre ou chiffre. Une forme ronde au milieu d'un groupe de chiffres était très probablement le chiffre 0. Une même forme ronde parmi des lettres capitales, au début d'une phrase ou d'un nom propre, très probablement la lettre O. Mais en informatique les chaînes de symboles mélangent souvent les caractères alphabétiques et numériques et du coup le contexte ne permet plus de les distinguer.

Parmi les désambiguïssations proposées par Bemmer [2] on trouve celle du chiffre 1 avec la capitale I, mais pas avec la bas-de-casse l (petit ell). Peu de jeux de caractères utilisés en informatique dans les années 1950 et au début des années 1960 comprenaient des minuscules [7] : il y avait donc moins de risque de confusion entre le chiffre un et la bas-de-casse l qu'entre un chiffre 0 et la capitale O. Mais ça devint plus problématique quand, en 1966, la révision du code ASCII incorpora les bas-de-casses.

La forme graphique du chiffre 1 et de la bas-de-casse l existait en typographie traditionnelle, mais ces deux signes ont été réunis en un seul sur les machines à écrire qui ne proposèrent qu'une seule touche pour les deux graphèmes. Une troisième confusion, due aux premiers claviers de machines à écrire, a été la réunion des deux signes ' et ' sur la touche ' ce qui nous vaut aujourd'hui le remplacement de l'apostrophe par la chiure de mouche. Une autre fusion, celle-là concerne la typographie anglo-saxonne, a été l'invention de la *double-quote* droite " pour remplacer les deux guillemets anglais "et". Les normes de codage distinguent ces caractères 1 et l par des numéros différents ; par exemple, en ASCII, le chiffre un a pour code décimal 049 et la lettre bas-de-casse l a pour code décimal 108 tandis qu'en Unicode, ce sont, en hexadécimal, 0031 et 006C respectivement. Mais leurs glyphes restent souvent d'apparence identique quand on utilise des fontes à chasse fixe.

3. CHIFFRES 0 ET LETTRES O DANS DES FONTES CONTEMPORAINES

Compte tenu du passé du problème chiffre zéro ou lettre O, et son transfert de l'écriture manuscrite dans le monde du dessin de caractères, quelles ont été les solutions retenues par les fontes actuelles ? Aujourd'hui on dispose de milliers de fontes, mais une petite sélection de fontes couramment utilisées montre les principales caractéristiques du problème (voir figure 8).

Pour les fontes sans empattements, la confusion entre le chiffre 1, la capitale I et la bas-de-casse l est plus grande qu'avec des fontes avec empattements puisque les empattements permettent de distinguer⁶ la capitale I de la bas-de-casse l et les deux du chiffre 1. Dans beaucoup de fontes sans empattements, les capitales et les bas-de-casse avec ascendantes ont la même hauteur, supprimant encore une autre possibilité de distinction.

Futura. Dans cette fonte géométrique sans empattements de Paul Renner (1927), le zéro est une ellipse verticale et étroite ; la majuscule O est large et paraît circulaire. Le chiffre 1 a un court trait en haut à gauche du fût et a la même hauteur que la majuscule I, tandis que la bas-de-casse l est nettement plus grande que la capitale I ou le chiffre 1.

Helvetica. Dans cette fonte sans empattements (*neo-grotesque*, c'est-à-dire une linéale du milieu du xx^e siècle) de Max Miedinger et Eduard Hoffman (1957), le zéro est nettement plus étroit et légèrement plus bas que la capitale O. Le chiffre un se distingue de la capitale I et de la bas-de-casse l par un trait en haut à gauche comme une rampe. La bas-de-casse l et la capitale I ont la même hauteur et ne sont différenciées que par une graisse légèrement plus forte pour la capitale I — différence qui est un peu ou complètement imperceptible à petite taille ou à basse définition.

Frutiger. Dans cette mécanique de transition sans empattements Frutiger, d'Adrian Frutiger (1976), le zéro est nettement plus étroit que la capitale O, mais tous deux ont la même hauteur. La bas-de-casse l est légèrement plus grande que la capitale I, et le chiffre 1 est différencié à la fois du I capital et du l bas-de-casse par un petit trait diagonal en haut à gauche.

6. Avec empattements, une capitale I en a quatre, la bas-de-casse l trois (dont celui supérieur de forme différente de ceux de la capitale I) et le chiffre 1 a trois empattements (celui supérieur à gauche étant distinct de ceux des I et l).

1 IIB0OD5SZ2

Futura (1927)

1 IIB0OD5SZ2

Helvetica (1957)

1 IIB0OD5SZ2

Frutiger (1976)

1 IIB0OD5SZ2

Lucida Sans (1985)

1 IIB0OD5SZ2

Verdana (1996)

1 IIB0OD5SZ2 I00

Lucida Grande & alternates (2001)

1 IIB0OD5SZ2 0I

Frutiger Neue 1450 & alternates (2013)

1 IIB0OD5SZ2 I00

Lucida Grande 1450 & alternates (2014)

FIGURE 8. — Fontes sans empattements avec, pour chacune, dans l'ordre : le chiffre 1, la capitale I, la bas-de-casse l; B, le chiffre 0 et la capitale O; D, le chiffre 5, les capitales S et Z et le chiffre 2. Toutes les fontes sont au même corps.

Lucida. Dans cette linéale humaniste de Charles Bigelow et Kris Holmes (1985), le zéro et la capitale O sont différenciés, en suivant l'étude de Wendt [17], par leur graisse et non par leur hauteur. La bas-de-casse l est nettement plus grande que la capitale I (sauf à de très petits corps ou à basse définition) et le chiffre 1 est différent des deux précédentes par le petit trait en haut à gauche.

Verdana. Dans la fonte Verdana de Matthew Carter (1996), le zéro et la capitale O sont différenciés par la chasse et non par leur hauteur ; le zéro est très elliptique tandis que la lettre O est l'oval traditionnel ; des patins horizontaux sont ajoutés au chiffre 1 et quatre empattements à la capitale I pour mieux différencier ces trois caractères.

Lucida Grande. Dans cette fonte, basée sur Lucida Sans, le chiffre 1 est retravaillé avec des patins sur la ligne de base mais le zéro par défaut et la capitale O sont comme dans la version originale. Cette fonte inclut aussi une version barrée et une pointée pour le zéro, ainsi qu'une variante avec empattements pour la capitale I, mais ce ne sont pas les glyphes par défaut.

Neue Frutiger 1450. Dans cette fonte d'Adrian Frutiger et d'Akira Kobayashi (2013), la capitale I acquiert quatre empattements, le zéro un point et la bas-de-casse l un congé courbe, similaire à celui de la bas-de-casse 't'. Un zéro ouvert et une bas-de-casse l rectangulaire existent comme variantes (*alternates*).

Lucida Grande 1450. Dans cette version du Lucida de Bigelow & Holmes (2014), on a par défaut un zéro barré et une capitale I avec empattements, ainsi qu'une bas-de-casse l à congé. Le chiffre 1 a des patins sur la ligne de base comme dans Lucida Grande standard. Comme variantes, on trouve un zéro pointé et un zéro ouvert ainsi qu'une bas-de-casse l et une capitale I rectangulaires.

Il ressort de ce regard sur des fontes récentes et largement utilisées que, pour les diverses propositions de désambiguïsation de caractères faites depuis 50 ans, certaines tendances ont émergé et convergé.

Pour la paire zéro/lettre O, le zéro est presque toujours le caractère qui reçoit un élément supplémentaire, généralement une diagonale interne ou un point interne. Le O n'est pas affublé de boucles ni autres gadgets malgré les suggestions de Bemmer en 1967 [2] et de Vartabedian en 1969 [15]. Dans les fontes à chasse variable, la forme du zéro est généralement celle

d'une ellipse étroite, tandis que celle du O capital est d'habitude plus large, presque circulaire, reflétant les découvertes de Wendt [17]. En ce qui concerne le débat entre humanistes et techniciens, ce sont les humanistes qui ont gagné puisque ce sont les chiffres qui sont modifiés, pas les lettres.

En ce qui concerne la distinction chiffre 1/bas-de-casse l, le résultat observé est plutôt une affaire de dessin. Le chiffre un reçoit des patins dans diverses fontes sans empattements, tandis que la capitale I a des empattements dans les autres ; à noter que dans quelques fontes « sans empattements », il y a des versions « avec empattements » pour ces deux caractères. La bas-de-casse l est variable, quelquefois différenciée de la capitale I et du chiffre 1 par un patin ou un trait en haut à gauche ou en bas à droite, voire les deux.

On voit (figure 9) que ces tendances sont encore plus fortes pour les fontes à chasse fixe qui ont une contrainte supplémentaire : le zéro ne peut pas être distingué de la lettre O par la chasse puisque tous les caractères y ont la même chasse. Bien que les machines à écrire soient devenues obsolètes, les fontes à chasse fixe développées pour ces machines abondent, malgré leur côté rétro et leur connotation de vieille technologie, aujourd'hui dans le monde du numérique. De nouvelles fontes à chasse fixe ont même été conçues depuis la généralisation des technologies de fontes numériques pour imprimantes laser et écrans d'ordinateurs depuis les années 1980. Tout comme la forme des lettres a subi le passage de l'écriture manuscrite à l'imprimé au xv^e siècle, elle a subi celui de l'analogique au digital aux xx^e et xxi^e siècles. La technologie a influencé la forme des lettres pendant des siècles mais la forme visuelle même des lettres peut avoir existé avant une technologie précise ; rappelons-nous la philosophie de Platon des formes éternelles.

Courier est un caractère à empattement et à chasse fixe dessiné par Howard Kettler (1955) pour les machines à écrire IBM. Il est devenu le caractère le plus utilisé pour machines à écrire et a donc été l'un des premiers à avoir été numérisé. Fonte avec empattements, Courier a deux patins pour le chiffre 1, trois empattements pour la bas-de-casse l, et quatre empattements pour la capitale I, comme on s'y attend pour une telle fonte. Le chiffre zéro est distingué de la capitale O par sa hauteur : en Courier, les chiffres sont plus grands que les capitales et plus espacés, ce qui n'est pas habituel ; le zéro est donc une ellipse étroite et haute tandis que la capitale O est plus petite et plus proche d'un cercle. La capitale I

1 I l B 0 O D 5 S Z 2
Courier (1956)

1 I l B 0 O D 5 S Z 2
Letter Gothic (1962)

1 I l B 0 O D 5 S Z 2
Lucida Sans Typewriter (1986)

1 I l B 0 O D 5 S Z 2
Monaco (1991)

1 I l B 0 O D 5 S Z 2 0
Lucida Console (1993) & alternate (2014)

1 I l B 0 O D 5 S Z 2
Andale Mono (1997)

1 I l B 0 O D 5 S Z 2 0 0 l l
Consolas (2006) & alternates

1 I l B 0 O D 5 S Z 2
Inconsolata (2009)

1 I l B 0 O D 5 S Z 2
Lucida Retro (2014)

FIGURE 9. — Fontes à chasse fixe avec, pour chacune, dans l'ordre : le chiffre 1, la capitale I, la bas-de-casse l ; B, le chiffre 0 et la capitale O ; D, le chiffre 5, les capitales S et Z et le chiffre 2. Certaines fontes présentent des variantes (*alternates*). Toutes les fontes sont au même corps.

est notablement plus petite que le chiffre 1 et que la bas-de-casse l.

Letter Gothic de Roger Roberson (1962) est une linéale fine⁷ (*fineline*) conçue pour la machine à écrire Selectric d'IBM. Capitales et chiffres ont la même hauteur. Le chiffre un a deux patins et une diagonale à gauche en haut du fût. La capitale I a quatre empattements et la bas-de-casse l a un seul empattement horizontal en haut à gauche. On ne peut pas distinguer le zéro de la capitale O.

Lucida Sans Typewriter de Bigelow & Holmes (1986) distingue le chiffre 1, la capitale I et la bas-de-casse l par la position et le nombre d'empattements : un empattement supérieur à gauche pour la bas-de-casse l, deux patins et un trait diagonal supérieur pour le chiffre 1 et quatre empattements pour la capitale I. Le chiffre 1 se distingue de la bas-de-casse l par la forme du fût ou de l'empattement en haut à gauche (diagonal pour le chiffre, horizontal pour la lettre l), par la présence de patins pour le chiffre 1 mais pas pour la lettre l, et par une hauteur légèrement plus grande de la bas-de-casse l et des autres bas-de-casse ascendantes comparée à celles des capitales et chiffres. Zéro est plus étroit que la capitale O mais en a la même hauteur et n'a pas d'autre marque distinctive.

Monaco, de Bigelow & Holmes pour Apple (1991), dérivée de fontes bitmap de Susan Kare (1984), a des chiffres et des capitales de même hauteur, mais légèrement plus courts que les ascendantes. La capitale I a des empattements, le chiffre 1 a des patins ainsi qu'un trait diagonal au nord-ouest, et la bas-de-casse l n'a des empattements qu'en haut à gauche et en bas à droite. Zéro a une barre diagonale, mais ne se distingue de la capitale ni par sa hauteur ni par sa chasse.

Lucida Console (1993) de Bigelow & Holmes a des capitales nettement plus courtes que les chiffres à cause de contraintes techniques de Microsoft Windows NT, pour lequel la fonte a été initialement développée. La plupart des autres lettres et chiffres sont similaires à ceux de *Lucida Sans Typewriter*. Un zéro barré avait été envisagé, mais les dessinateurs et Microsoft décidèrent que la différence des hauteurs serait suffisante pour distinguer les deux caractères. Toutefois, dans la version

7. *Letter Gothic* paraît plus fine que les autres fontes parce que le dessin original des traits avait une graisse mince de façon à compenser l'écrasement des rubans des machines à écrire.

distribuée en 2014, B&H ont redessiné le zéro comme un zéro barré (figure 22).

Andale Mono de Steve Matteson (1997) a les mêmes empattements que Monaco pour le chiffre 1, la capitale I et la bas-de-casse l. Le zéro est pointé, et non barré, et légèrement plus étroit que la capitale O, mais de même hauteur. Les capitales, les chiffres et les bas-de-casse avec ascendantes ont la même hauteur.

Consolas de Lucas de Groot (2006) a un zéro barré par défaut mais, en version Open Type, elle comprend de plus une variante de zéro pointé et une de zéro vide. Tous ces zéros sont légèrement plus étroits que la capitale O, mais de même hauteur. La fonte comprend aussi des chiffres elzéviens comprenant ces trois zéros, alignés comme les bas de casse. Les chiffres et les capitales sont égaux en hauteur et plus courts que les bas-de-casse ascendantes.

Inconsolata de Raph Levien (2009) a un zéro barré plus étroit mais de même hauteur que la capitale O. Le chiffre 1 a l'habituel trait diagonal en haut à gauche mais n'a pas de patins sur la ligne de base ce qui le distingue de la bas-de-casse l qui a trois empattements, comme en Consolas.

Lucida Retro de Bigelow & Holmes (2014) a un zéro barré plus étroit que la capitale O et une bas-de-casse l avec deux empattements similaires à ceux de Lucida Sans Typewriter, dont elle dérive. Des différences apparaissent pour certaines autres bas-de-casse et pour certains symboles.

Ainsi, comme on le voit, dans la plupart des fontes à chasse fixe sans empattements, la pureté du design moderne strict est subordonnée à la lisibilité, parce que beaucoup de ces fontes sont utilisées en programmation, pour les terminaux, pour les consoles, et pour les fenêtres de systèmes d'exploitation et d'environnements de programmation, où la lisibilité est primordiale.

Bien que ces fontes soient sans empattements, les lettres sujettes à confusion (comme la capitale I ou la bas-de-casse l) se voient affectées d'empattements pour les distinguer l'une de l'autre et du chiffre 1 qui peut aussi recevoir des patins sur la ligne des base, contrairement au purisme « sans empattement ».

On peut tirer une leçon de ces comparaisons : en informatique, la tendance a été vers une différenciation plus marquée de formes sujettes à confusion, même si le marquage est contraire à la tradition historique

ou à la pureté du design. Il apparaît que les principes abstraits de différenciation sont plus importants que les moyens graphiques utiliser pour les réaliser. Ainsi, le principe est de différencier le zéro de la capitale O et de la bas-de-casse o ; la réalisation est l'utilisation de formes très elliptiques, de barres, de points... ou de les distinguer par leur hauteur ou par leur forme.

Le chiffre 1, la bas-de-casse l et la capitale I peuvent être distingués par la présence, la localisation et l'orientation des empattements, mais le nombre exact et l'emplacement de ceux-ci peut varier selon les préférences du dessinateur ou les fonctions de la fonte.

4. UN COURT SURVOL HISTORIQUE

Bemer [2] laisse supposer que la confusion chiffre 0/lettre O résulte du manque de précision de l'écriture manuscrite des années 1950, lorsque les ordinateurs commencèrent à être largement utilisés dans l'industrie, dans les administrations et dans les milieux académiques. En fait, le problème graphique existait bien avant l'informatique et peut être suivi à la trace depuis l'écriture manuscrite et la première typographie de la Renaissance italienne, quand nos alphabets modernes ont pris forme, et quand les chiffres arabes ont commencé à apparaître dans les publications et les écrits des humanistes.

Nos fontes romaines et italiques sont dérivées de l'écriture humanistique qui amalgamait deux formes distinctes de l'alphabet latin : les capitales romaines, qui ont atteint leurs formes canoniques à la fin du 1^{er} siècle ap. J.C. et les minuscules carolingiennes, basées sur la cursive descendant des capitales déformées par des scribes de la cour de Charlemagne au VIII^e siècle. La majorité des minuscules, qu'on appelle en typographie « bas-de-casse », ont vu leur formes se différencier des capitales (par exemple 'a' est une déformation du 'A', 'b' du 'B', 'e' du 'E'), mais la minuscule 'o' garda la forme de la capitale 'O'. L'évolution de la forme des capitales et des minuscules latines se fit indépendamment de celle des chiffres arabo-indiens ; ceux-ci n'ont pas été introduits en Europe avant la fin du X^e siècle tandis que le zéro ne semble pas y avoir été utilisé de façon courante avant le début du XIII^e siècle (Ibrah [8]). L'usage courant des chiffres arabes et du zéro dans les ouvrages de comptabilité et de mathématiques a été popularisé par le *Liber Abaci*, écrit vers 1202 par Leonardo de Pisa (plus connu sous le nom de Fibonacci). Les nombres

romains, basés sur des lettres ou des symboles ressemblants à des lettres, continuèrent à être abondamment utilisés ailleurs.

Bien que les glyphes des systèmes d'écritures changèrent de forme au fil du temps, les changements maintinrent généralement les distinctions entre éléments. L'évolution des lettres latines indépendamment des chiffres arabo-indiens dura des siècles ce qui montre qu'il n'y avait aucune pression pour distinguer le chiffre zéro des lettres O et o, puisqu'ils faisaient partie de systèmes différents. Du ix^e au xv^e siècle, les minuscules carolingiennes se sont transformées en gothiques. À mesure que les chiffres arabes ont vu leur usage s'accroître, ils ont été utilisés en écriture manuscrite gothique, où le glyphe du zéro tend à avoir un léger point là où les traits de la boucle se rejoignent (Figure 10).

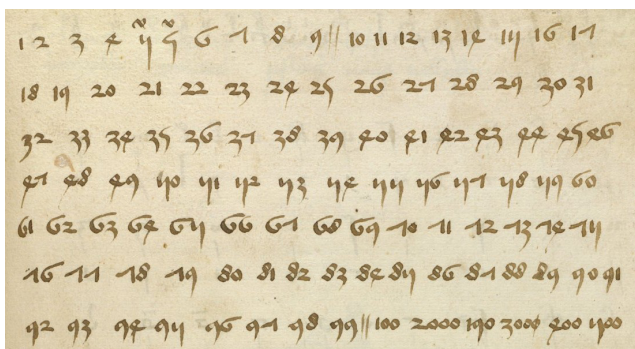


FIGURE 10. — Chiffres manuscrits gothiques, 1459 [19].

4.1. ÉCHANTILLON DES PREMIERS ZÉROS IMPRIMÉS

Tant dans les manuscrits gothiques qu'humanistiques, les chiffres arabes ont des ascendantes et descendantes, comme ceux qu'on appelle aujourd'hui elzéviens (*old style*). Les '0', '1' et '2' avaient en gros la hauteur d'x, les '3', '4', '5' et '9' descendaient sous la ligne de base et les '6' et '8' étaient au dessus d'elle. Ces caractéristiques ont été conservées en typographie. À l'époque de la Renaissance, le symbole zéro en écriture manuscrite et en typographie avait en général une forme circulaire proche de la minuscule o. Le zéro était parfois plus sous forme de point dans les écritures gothiques, et plus sous forme d'un anneau dans des scriptes humanistiques. Voici quelques exemples spécifiques.

1474. Un calendrier du mathématicien allemand Johann Müller von Königsberg (appelé *Regiomontanus*) a été imprimé à Nuremberg en 1474 avec une écriture gothique (figure 11). Les formes des lettres et chiffres arabes, avec le zéro, sont irrégulières car ces gothiques ont été imprimées à partir d'une plaque gravée en bois et non à partir de types fondus.

La même année, une édition latine de ce calendrier était aussi imprimée à Nuremberg, mais cette fois avec des types mobiles en romain humanistique, avec un zéro de forme presque circulaire. La lettre o est plus grande et plus noire que le zéro et a un plus grand contraste pleins-déliés. Les zéros manuscrits dans les deux colonnes de droite ont ces pleins et déliés caractéristiques de l'écriture manuscrite (figure 11-b)

Une édition de 1476, imprimée en humanistique à Venise par Erhardt Ratdolt, utilise un zéro circulaire. Les formes des chiffres 4, 5 et 7 ressemblent plus à ceux qu'on trouve dans nos fontes modernes qu'à ceux des éditions précédentes. Cette édition de Ratdolt constitue le premier livre imprimé connu dont la première page de titre soit ornementée ; par ailleurs, elle utilise abondamment (quoique ce ne soit pas nouveau) des rubriques (impressions en rouge). Figure 11-c.

1474. Le *Fasciculus Temporum*, une encyclopédie d'histoire, par Werner Rollevinck, imprimée par Arnold ther Hoernen à Cologne en 1474, utilise intensivement les chiffres arabes, taillés dans un style gothique, y compris le zéro, pour les dates des événements historiques (la figure 12 en montre un exemple dans une autre édition).

1478. Un traité d'arithmétique, *Arte dell'Abbaco* (d'auteur inconnu), écrit en dialecte vénitien et imprimé à Trévise en 1478 par Gerardus de Las de Flandria ou Michele Manzolo, montre un glyphe du zéro à peu près circulaire qui ressemble beaucoup à celui de la minuscule o. Une singularité est que le glyphe du chiffre 1 a un point au dessus, le faisant ressembler à la minuscule 'i'. Apparemment, aucun auteur ni imprimeur ne ressentait le besoin de distinguer ces chiffres des lettres similaires dans cet humble texte (voir [20]).

1491. Selon Ifrah [8], le mot « zéro » est apparu d'abord dans le *De Arithmetica Opusculum* de Philippi Calandri, imprimé à Florence en 1491. Le nom arabe pour zéro, *sifr* signifiant « vide », a été importé en latin médiéval sous la forme *zephyrum* dans les œuvres de Fibonacci puis plus tard simplifié en italien en *zefiro* et finalement réduit à *zero*. Les mots *Ziffer*

		Sanct	Sonne	Monde
			Stansport	S G S G
1	A	K Neu Tax	20	3 0 17 0 17
2	b	4 no Der achtet. s. Steffans	21	4 0 26 0 26
3	c	3 no Der achtet. s. Johans	22	6 1 10 1 9
4	d	2 no Der achtet der kindlein	23	1 1 23 1 22
4	e	Non Der abent	24	8 2 6 2 4
6	f	8 id ⁹ Obrist	24	9 2 19 2 18
7	g	7 id ⁹	26	11 3 2 3 1
8	A	6 id ⁹ S Erhart bishoue	27	12 3 11 3 14
9	b	5 id ⁹ S Julian vnd sein geselle	28	13 3 29 3 28
10	c	4 id ⁹ S Paul amidel	29	14 4 12 4 11

		.IANVARIVS.	SOLIS	LVNAE	Ascendens
			CAPRI	S G	S G
1	A	K Circūcisio domini	20	3 0 13 1 24 8	
2	b	4 no Octaua. s. Stephani	21	4 0 26 1 24 10	
3	c	3 no Octaua. s. Ioannis	22	6 1 10 1 9 11	
4	d	2 no Octaua. s. Innocentum	23	1 1 23 1 22 13	
4	e	Non Vigilia	24	8 2 6 2 5 14	
6	f	8 id ⁹ Epiphania domini	25	9 2 19 2 18 16	
7	g	7 id ⁹ Claus. lxx.	26	11 3 2 3 1 18	
8	A	6 id ⁹ Erhardi episcopi	27	12 3 15 3 15 19	
9	b	5 id ⁹ Iuliani & sociorum eius	28	13 3 29 3 28 20	
10	c	4 id ⁹ Pauli primi eremite	29	14 4 12 4 11 22	

		.IANVARIVS.	SOLIS	LVNAE
			CAPRI	S. G. S. G.
1	A	K Circūcisio domini	20	3 0 13 0 13
2	b	4 no ⁿ Octaua. s. Stephani	21	4 0 26 0 26
3	c	3 no ⁿ Octaua. s. Ioannis	22	6 1 10 1 9
4	d	2 no ⁿ Octaua sanctorū Innocentū	23	7 1 23 1 22
4	e	Non Vigilia	24	8 2 6 2 5
6	f	8 id ⁹ Epiphanię domini	25	9 2 19 2 18
7	g	7 id ⁹ Claus. lxx.	26	11 3 2 3 1
8	A	6 id ⁹ Erhardi episcopi	27	12 3 15 3 15
9	b	5 id ⁹ Iuliani & sociorum eius	28	13 3 29 3 28
10	c	4 id ⁹ Pauli primi eremite	29	14 4 12 4 11

FIGURE 11. — Trois versions du calendrier *Regiomontanus* édité à Nuremberg en 1474 : (a) sur bois [21], (b) avec des types mobiles [22], (c) 1476, Venise (d'après la *Digital Rare Book Collection at the Vienna University Observatory* [23]).

en allemand, *chiffre* en français et *cifra* en espagnol, qui incluent tous les chiffres, viennent de ce même mot arabe *sifr*, tout comme le mot anglais *cipher* qui peut signifier zéro ou plus généralement un chiffre ou un code secret [24, 25]. En français, chiffre veut aussi dire code secret.

1494. Dans la *Summa de Arithmetica (Somma di arithmetica* en italien) de Luca Pacioli, imprimée par Paganinus de Paganinis à Venise en 1494, le zéro est pratiquement circulaire sans contraste plein ou délié dans les tracés, tandis que, dans la rotunda gothique utilisée pour le texte, la lettre o est plus grande, plus pointue et compressée. La différence est évidente si le zéro apparaît dans des tables avec d'autres chiffres ou dans le texte courant avec des chiffres et des lettres. Un exemple numérisé à haute définition peut être vu en ligne sur le site de l'Institut Max Planck d'histoire des sciences [26]. Un lecteur habitué à l'arithmétique sera bien sûr capable de découvrir une erreur de nombre dans l'un des exemples de multiplication en page 77 (de la version numérisée, folio 31 du livre). Les lettres et chiffres imprimés montrent parfois des variations à cause de la texture du papier fait main et des imperfections des premières impressions, mais les zéros dans les tables diffèrent nettement des minuscules o des colonnes de texte.

1498. Le manuscrit d'une autre œuvre mathématique de Luca Pacioli, *De Divina Proportione* (figure 13), est illustré avec des dessins de polyèdres attribués à Léonard de Vinci mais, hélas, le scribe qui calligraphia le texte à la main avec une écriture humanistique élégante reste inconnu. Le texte utilise des chiffres arabes, mais le scribe, malgré une évidente maîtrise des plumes taillées en pointe, ne fait pas vraiment la différence entre le zéro et la lettre o ; probablement parce qu'il est difficile de dessiner une forme circulaire sans modulation avec une plume pointue. Bien que les chiffres arabes soient utilisés dans les figures et les calculs, les numéros de page sont en chiffres romains, montrant le conservatisme puissant de l'ancien système.

Il semble que, dans les livres imprimés avec des types humanistiques (notre style « romain ») avant le xvi^e siècle, les chiffres arabes soient rares dans le corps du texte, mais qu'ils apparaissent dans des indices, listes, tableaux et calculs. Même les numéros de pages (*folii*) étaient généralement imprimés en nombres romains jusqu'au xvi^e siècle. Mon impression du manque de chiffres arabes est toutefois basée sur une étude

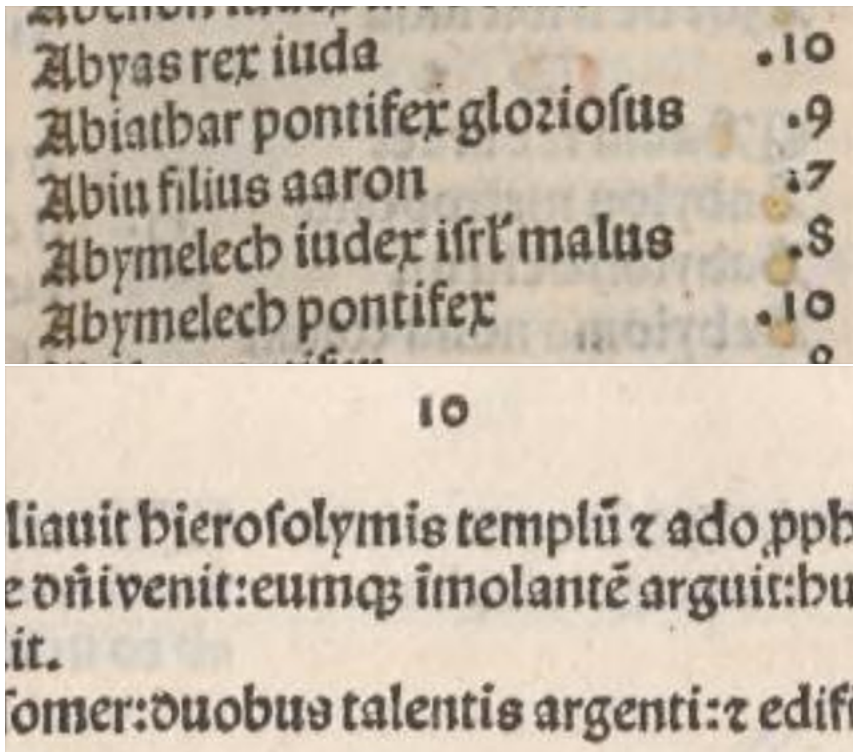


FIGURE 12. — Chiffres 0 et minuscules o, *Fasciculus Temporum* 1485, Venise [27] : (a) Index des noms (lettre A) ; (b) Folio 10.

fragmentaire, et des recherches plus approfondies pourraient modifier mon interprétation.

Les raisons de la rareté des chiffres arabes dans les textes humanistes n'est pas connue, mais il est possible que les humanistes s'intéressaient plus à la philosophie classique, à la littérature et aux travaux historiques qu'aux mathématiques et aux traités d'arithmétique et de comptabilité. Des artistes et architectes humanistes publièrent des traités sur le dessin des lettres capitales romaines à l'aide de construction euclidiennes, mais ils n'abordaient ni le dessin des minuscules ni celui des chiffres. Il en ressort que les humanistes étaient plus intéressés par la capitale O que

o. Si enno doi linee così diuise
 b. diuisa in .c. clafua maior e
 . Elaltra de .c. clafua maior par
 ommo diciamo de queste doi
 amo de infinite altre. Iquali
 e possano per uia de Arithme
 le ponendo .a.b. 10 . a.c. scia R
 altra .15 (m) R 125. E ponendo .d.e.
 R 180 (m) 6. claltra scia 18 (m)

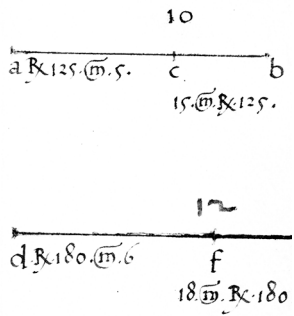


FIGURE 13. — Extrait de *De Divina Proportione* de Luca Pacioli, manuscrit daté de 1498, scribe inconnu. Aboca Edizione, Italie, 2010. Facsimile du *Manuscrit 210*, Bibliothèque de l'Université de Genève.

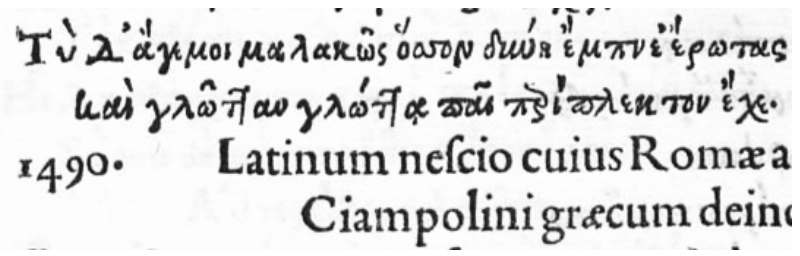


FIGURE 14. — Politanus, *Opera*, imprimé par Aldus Manutius, 1498. Munich Digitization Center and Digital Library [28]

par le zéro. Ainsi, dans *De Divina Proportione*, Pacioli construit-il bien des capitales romaines, mais ni minuscules, ni chiffres.

Le zéro en forme d'anneau, plutôt que le zéro calligraphique, commence à apparaître avec les fontes romaines humanistiques dans la dernière décade du xv^e siècle. Dans les travaux des humanistes, le contexte était probablement suffisant pour différencier le chiffre 0 de la lettre o la plupart du temps, mais notre exemple suivant montre un cas possible de confusion, peut-être dû au compositeur ou à l'absence de caractères

dans la casse de romain. (Quand on compose à la main, il est facile de confondre des lettres qui se ressemblent, telles que ‘p’ et ‘q’ — d’où la maxime⁸ — et probablement ‘0’ et ‘o’.)

1498. Aldus Manutius publia à Venise l’*Opera* d’Angelus Politanus en 1498 (figure 14). Dans une page de l’*Epigrammatum graecorum*, une date (1490) en chiffres arabes utilise un zéro de mauvaise taille et mal aligné. En revanche, le zéro semble avoir les mêmes taille et alignement que les minuscules o de la fonte de texte en romain (le premier romain d’Aldus, gravé par Griffo). Le type est environ en corps 15, mais les chiffres semblent un peu plus petits. Peut-être le compositeur a-t-il confondu la lettre o et le chiffre zéro, ou peut-être que la casse des chiffres ne contenait pas de zéro, ce qui semble moins probable car Griffo, ou quiconque a gravé les chiffres, devait être capable de graver un zéro en même temps que les autres chiffres.

1499. Un an plus tard, Aldus utilisa un zéro correctement aligné avec les autres chiffres gravés à une très petite taille, dans une page d’*errata* du *Hypnerotomachia Poliphili* imprimé en 1499 (figure 15). Cet ouvrage est composé avec un caractère romain humanistique assez grand (environ 15 points) gravé par Griffo. Les bas-de-casse sont basées sur un romain existant, mais les capitales sont nouvelles. Les chiffres dans le texte courant du livre sont des nombres romains, mais dans la page d’*errata* à la fin du livre, de petits chiffres arabes (environ 60% de la hauteur d’x du corps courant) sont utilisés. Ces chiffres ont le dessin du zéro annulaire⁹ qui sera le standard pour les fontes romaines au xvi^e siècle. Voir par exemple le « 20 » en ligne 1 et le « 10 » en ligne 2 de la figure 15.

8. Ch. Bigelow a précisé (mail du 28 septembre 2013) qu’il pense à la maxime “*mind your p’s and q’s*” qui veut dire « comportez-vous correctement » et qu’il s’agit d’une expression ancienne dont l’origine est incertaine [29] mais que les typographes comprennent littéralement : « attention à vos ‘p’ et à vos ‘q’ » — c’est-à-dire « attention aux détails » — du fait que les caractères ‘p’ et ‘q’ sont facilement pris l’un pour l’autre, surtout par les apprentis qui confondent l’œil d’un caractère et sa forme miroir imprimée. [Ndt]

9. L’auteur distingue, ici et dans la suite de cet article, « annulaire » de « circulaire » : le premier indique un cercle tracé avec une épaisseur de trait constante tandis que le second sous-entend un cercle dont l’épaisseur est modulée. [Ndt]

C ch.3.f.1.1.16. cōtemp̄o . pro cōtemp̄o . l.20. suspicare. p
 irare. p parlare. ch.5.f.1.1.9. fa parturisce. ch.6.f.1.1.10. Gratis
 ma. seguitoe. p seguirpe. ch.6.f.1.1.4. feruli pro ferali. Q
 imātime. ch.3.f.5.1.2. Caro. pro Ciaro. Nō se nu
 Venetiis Mense decembri. M. ID. in ædibus Aldi Manuti

FIGURE 15. — Page d’erreurs de *Hypnerotomachia Poliphili* (auteur inconnu) imprimé par Aldus Manutius, Venise, 1499. Rochester Institute of Technology, Cary Collection.

Ces exemples suggèrent que, pendant la Renaissance italienne, les lecteurs humanistes de livres imprimés et de manuscrits avaient peu de chances de confondre le zéro avec la capitale O ; la confusion pouvait se produire entre le zéro et la minuscule o. Dans la plupart des cas, cependant, chiffres et lettres apparaissaient dans des contextes différents, ce qui diminuait les risques de confusion. Quand ils apparaissaient ensemble, le chiffre zéro et la minuscule o étaient distingués par une taille différente ou un ductus différent, du moins pour les types où la forme plus circulaire et le manque de contraste plein-délié du zéro permettaient de le distinguer de la lettre humaniste o, dont les pleins et déliés étaient contrastés.

Plus tard, au xvi^e siècle et particulièrement en France et à Anvers, les chiffres arabes devinrent de plus en plus utilisés avec des fontes en romain¹⁰. Un spécimen de caractères, attribué à François Guyot (figure 16), vers 1565, montre un jeu complet de chiffres arabes pour divers corps. Comme ceux du xv^e siècle, les chiffres arabes de Guyot ont des formes ascendantes et descendantes. Le zéro est gravé à peu près de la taille de la minuscule o, mais sans modulation pleins-déliés. Les types de Guyot sont gravés dans le style de ceux du Garamond, forme canonique de la typographie du xvi^e siècle ; vers 1550 beaucoup de spécimens (ou de relevés) montrent des listes de chiffres arabes gravés pour chaque corps et chaque style [45].

10. En France, les premières occurrences de chiffres arabes dans des imprimés datent de 1479, dans une *Bible* imprimée à Lyon par Perrin Le Masson ; voir Claudin, *Histoire de l'imprimerie...*, IN, 1900. Ceux-ci furent encore quelques temps du type ghubar [8, fig. 239] ; mais dès 1500, les livres d’algèbre (Chuquet, Peletier, etc.) et les traductions (p.ex. de Tartaglia) utilisent nos chiffres arabes actuels. [Ndt]

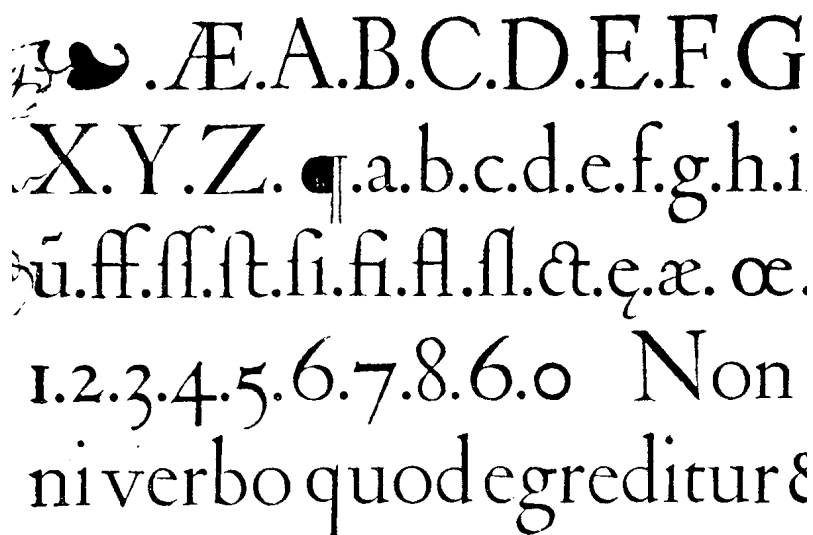


FIGURE 16. — Spécimen de caractères de François Guyot, vers 1565. *Type Specimen Facsimiles*, ed. John Dreyfus. Bowes & Bowes and Putnam, London. 1963. Document original à la Folger Library, Washington, D.C. À noter la coquille du '6' à la place du '9' suite à une rotation de 180° de ce dernier.

Un petit romain (environ 9 points, appelé Gaillarde) a été gravé par Robert Granjon en 1570, avec un zéro annulaire (figure 17).

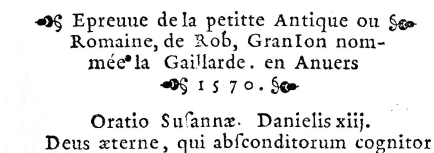


FIGURE 17. — Gaillarde (ou Petit-texte) de Robert Granjon, 1570; extrait de *Le Bé-Moretus Specimen* (~1599), d'après Hendrik Vervliet [45, p. 99]. Document original au Musée Plantin-Moretus à Anvers. Le texte original est en 9 points environ (ici, grandeur nature).

Ainsi, durant la seconde moitié du xvi^e siècle, les chiffres arabes apparaissent dans les casses (ou leurs équivalents d'alors) : capitales

et minuscules, ponctuations et chiffres arabes. Cet amalgame de formes disparates devint le standard en imprimerie du ^{xvi}^e au ^{xix}^e siècle. Ce n'est qu'à la fin du ^{xviii}^e siècle qu'apparaissent les zéros ovales ou avec modulation de graisse (par exemple chez Bodoni vers 1789, ou Stephenson en Angleterre en 1797). C'était déjà le cas dans les écritures de chancellerie de l'époque où, par ailleurs, le chiffre 1 avait un empattement oblique (une attaque de plume) en haut à gauche pour le différencier de la capitale I.

Les *revivals* modernes des fontes du ^{xvi}^e au ^{xviii}^e siècle proposent souvent des chiffres elzévirien (*old style*) en plus des chiffres alignés (*lining*), ces derniers ayant en général la hauteur des capitales (figure 18).

Sabon de Jan Tschichold (1967) et Sabon Next de Tschichold et Jean François-Porchez (2002) sont des *revivals* d'un type gravé par Claude Garamont vers 1550 (il est difficile de proposer une date exacte car Tschichold a probablement utilisé plus d'un modèle de Garamont). Porchez suggère que le dessin de Tschichold a pu être influencé par des types gravés dans le style du Garamond par Guillaume Le Bé, un contemporain plus jeune de Garamont. Dans Sabon, le zéro elzévirien a une modulation de plein et déliés mais les parties grasses sont en haut et en bas, et non à gauche et à droite, contrairement aux contrastes traditionnels, comme pour réduire la confusion potentielle entre le zéro et la bas-de-casse o. Ce dessin du zéro est peut être une invention de la fonderie Stempel ¹¹, mais pas celle de Garamont. Pour les chiffres alignés de Sabon, le zéro a la hauteur des capitales et est nettement plus grand que la bas-de-casse o ; la différence entre eux est évidente.

L'Adobe Garamond de Robert Slimbach (1989), un autre *revival* de types gravés par Garamont, a un zéro annulaire d'épaisseur constante, comme celui du spécimen de Guyot.

Galliard de Matthew Carter (1978), basé sur des dessins de Robert Granjon, a aussi un zéro annulaire d'épaisseur constante. Le nom de cette fonte vient de la Gaillarde de Granjon, mais n'est pas une copie exacte de ce corps précis.

11. On trouve en effet ce même zéro « horizontal » dans le Garamond de Stempel, 1925 (cité par Zapf [47]).

Les machines à écrire apparurent à la fin du XIX^e siècle et devinrent vite populaires. On dit que le premier manuscrit qui ait été soumis à un éditeur sous forme tapée à la machine a été *Huckleberry Finn* [un roman picaresque de l'Américain Mark Twain], imprimé en 1884. Le style dominant des caractères de machines à écrire était connu sous le nom de *Modern*, ce qui couvre un très grand éventail de formes, des élégantes didones de Bodoni et Didot (qu'on utilise encore dans des publicités de haute-couture) à leurs descendants de tous les jours ce qui inclut Scotch Roman, American Monotype Modern 8a et Computer Modern, sa version Metafont par Donald Knuth.

○ I 2 3 4 5 6 7 8 9 ○ ○
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ○ ○
Sabon Next

○ I 2 3 4 5 6 7 8 9 ○ ○
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ○ ○
Adobe Garamond

○ I 2 3 4 5 6 7 8 9 ○ ○
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 ○ ○
Galliard

FIGURE 18. — Chiffres elzéviens et alignés selon trois *revivals* de fontes anciennes : Sabon (Garamond), Adobe Garamond, et Galliard. Les chiffres elzéviens sont en première ligne, avec le zéro elzévirien et la minuscule o pour comparaison ; les chiffres alignés sont en seconde ligne avec le zéro capital et la capitale O pour comparaison.

Ces fontes *Modern*¹² apparurent à la fin du XVIII^e siècle avec de nouvelles proportions pour le dessin des chiffres. Au lieu des chiffres elzéviens avec des ascendantes dépassant la ligne des x et des descendantes sous la ligne de base, les chiffres Modern-style étaient gravés de façon que les sommets des chiffres soient alignés. Le premier de ces ensembles de chiffres de même hauteur a été un caractère de transition tardif gravé par Richard Austin pour John Bell en 1788 ; la hauteur des chiffres était intermédiaire entre celle des capitales et la ligne des x. Ce style de chiffres a été adopté par les autres fonderies de caractères anglaises et écossaises. Le caractère appelé Scotch Roman dérive de caractères originellement fondus au début du XIX^e siècle dans des fonderie écossaises, notamment la fonderie William Miller à Édimbourg en Écosse. Certains de ces caractères *Scottish* ont été refondus à la fin du XIX^e siècle et vendus aux U.S.A. sous le nom de Scotch Roman. La version grasse, produite au début du XX^e siècle par Monotype, a des chiffres alignés légèrement plus bas que les capitales.

Le catalogue de 1815 de la fonderie de caractères de Vincent Figgins montre des chiffres alignés pour toute une série de caractères de laeure ; la hauteur des chiffres est celle des capitales.

Bringhurst [4] suggère que le passage du dessin des chiffres elzéviens à celui des chiffres alignés a été influencé par les chiffres manuscrits des boutiques anglaises et des affiches au XVIII^e siècle et est donc la conséquence de l'émergence de la classe moyenne. C'est possible, mais il est évident qu'au moment où la machine à écrire a été développée, à la fin du XIX^e siècle, le modèle standard pour les chiffres était devenu le style Modern avec des hauteurs identiques (Figure 19).

Pour réduire à la fois la complexité de la mécanique de la machine et l'ergonomie du travail de la personne qui tape, pratiquement toutes les machines à écrire utilisaient des caractères à chasse fixe. Une exception a été l'IBM Executive électrique dans les années 1940 et 1950, et quelques modèles de l'IBM Selectric conçue quelques années plus tard et qui utilisait des espaces proportionnels. Dans les « fontes » de ces machines à écrire, le zéro et la majuscule O ne pouvaient donc pas être différenciés par leur chasse. De plus, la plupart des caractères de machines à écrire avaient une épaisseur constante, c'est-à-dire qu'ils avaient perdu la

12. Elles correspondent en gros aux mécanes de la classification Vox-ATypI. [Ndt]

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 O o

Bell

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 O o

Scotch Roman

FIGURE 19. — *Revivals* par Monotype des types de transition Bell et Scotch Roman. Les chiffres sont alignés en hauteur, mais sont légèrement plus bas que les capitales, comme on le voit dans les combinaisons « zéro O o ».

modulation plein-délié des caractères d'imprimerie, et du coup le zéro et la majuscule O ne pouvaient pas se différencier par leur épaisseur de traits. Ainsi, le zéro et la lettre O, ayant la même chasse, la même hauteur et des traits de même épaisseur, se ressemblaient pour les machines à écrire.

Dans un document tapé avant le développement des ordinateurs au milieu du xx^e siècle, le contexte était vraisemblablement suffisant pour distinguer les chiffres des lettres, mais en informatique, il semble qu'il y ait eu un mélange plus grand de chiffres avec des lettres, provoquant les questions discutées dès 1967 par Bemser [2].

En impression par ordinateur, on a parfois différencié les formes de symboles en faisant l'un plus rectangulaire et l'autre plus oval, mais il n'y avait aucun consensus sur quel symbole devait avoir quelle forme, et la confusion continua. Comme pour compliquer le problème, on retrouve la même confusion entre le zéro et la lettre O à l'oral où le chiffre zéro était, et est encore¹³ souvent prononcé « O ». Bemser [2] rappelle que le célèbre avion Boeing 707 était appelé *seven-oh-seven* et non *seven-zero-seven*. Sur le cadran ou sur le clavier d'un téléphone, la touche O (comme pour Opérateur) est la touche du zéro, pas la touche 6 (couvrant MNO). De même on épelle les numéros de téléphone en prononçant le zéro « oh », par exemple *five-oh-three* (503) pour l'indicatif de l'Oregon nord-ouest.

13. Du moins chez les anglophones ; en français, par exemple, « 403 » se prononce « quatre cent trois » ou s'épelle « quatre zéro trois » mais jamais « quatre O trois ». On ne francise donc pas ici les exemples américains de Ch. Bigelow. [Ndt]

Sur beaucoup de machines à écrire, le chiffre 1 et la bas-de-casse l étaient complètement confondus, avec une seule touche et un seul glyphe pour les deux graphèmes, probablement pour des raisons d'économie de clavier. La même fusion s'est aussi produite avec le chiffre 0 et la lettre O sur certaines machines à écrire (surtout des portables). Mais si un document dactylographié était ensuite composé au plomb, le compositeur rétablissait bien les bons caractères en s'appuyant sur le contexte. On retrouve ce même phénomène dans les langues parlées : la distinction entre deux phonèmes peut disparaître dans certains cas spécifiques si certaines conditions sont réunies, mais être restaurée dans d'autres situations. C'est ce qu'on appelle la neutralisation (*phonemic merger*) en phonologie. En informatique, la paire chiffre-1/lettre-l devint visiblement source de confusion quand les minuscules furent ajoutées au standard ASCII [14]. Comme pour celle chiffre-0/lettre-O, le contexte n'était plus suffisant pour différencier les glyphes dans le domaine de l'informatique.

Quand les entrées et sorties d'ordinateur commencèrent à être faites par des terminaux comme les Teletypes, le zéro et la capitale O se distinguaient par une barre en travers du zéro ¹⁴, comme dans le listing imprimé par une Teletype ASR 33 (Figure 20).

Bien que les fontes des machines à écrire traditionnelles ne distinguaient pas le chiffre zéro de la lettre O, diverses fontes spéciales du monde de l'informatique ont parfois exagéré leurs différences comme le recommandait Bemer en 1967 [2]. Dans OCR-A, une fonte définie par l'ANSI pour la reconnaissance optique des caractères (OCR), le zéro est pratiquement rectangulaire tandis que la lettre O a une forme losange. La première version de cette fonte date de 1968, chez American Typefounders. La technologie ayant évolué, OCR-A est devenue obsolète en tant que fonte OCR, mais est encore en usage en publicité pour donner un look retro-techno à des images ou documents. Dans la fonte OCR-B dessinée par Adrian Frutiger en 1968, le zéro est plus grand et plus rectangulaire que la lettre O, ovale. Le chiffre 1, la capitale I et la bas-de-casse l se distinguent par la présence, la localisation et la forme (anguleuse ou

14. En France, la compagnie Bull proposa des imprimantes où c'était la capitale O qui était barrée. [Ndt]

```

10      FORMAT(I)
        DO 200 I=1,N
        READ 1,110,V
110     FORMAT(E)
        SUM=SUM + V
        SUMSQ=SUMSQ +
        TYPE 120,I,V

```

FIGURE 20. — Extrait d'un programme Fortran imprimé par une Teletype ASR 33 [30]. Dans cette fonte avec seulement des capitales, le zéro est barré pour le distinguer de la lettre O. Cet exemple montre aussi que la tête d'impression, quand elle est usée ou mal ajustée, peut éroder les différences entre des caractères, comme entre la capitale I et le chiffre 1 dans l'expression "I=1".

1 I 1 B 0 0 D 5 S Z 2
Traditional Typewriter

1 I 1 B 0 0 D 5 S Z 2
OCR A

1 I 1 B 0 0 D 5 S Z 2
OCR B

FIGURE 21. — Traditional Typewriter(*revival* par Monotype), OCR-A et OCR-B.

courbée) des empattements (figure 21). Notons que certaines caractéristiques de fontes à chasse fixe dessinées quatre décennies plus tard imitent les solutions conçues par Frutiger dans les années 1960 (figure 9).

5. CONCLUSION

Les lettres latines et les chiffres arabo-indiens ont évolué séparément dans les différentes écritures manuscrites de cultures distinctes, mais chacun des ensembles résultants montre une forme qui était petite, ouverte, circulaire ou elliptique : zéro dans les chiffres et O dans les lettres. Il n'y avait pas de problèmes de confusion entre chiffres et lettres jusqu'à ce qu'ils soient utilisés ensemble dans des textes aux XII^e et XIII^e siècles, quand les chiffres arabo-indiens commencèrent à être adoptés par les mathématiciens européens. Pendant quelques siècles, cependant, divers contextes et, parfois, différents styles d'écriture apparurent comme suffisants pour désambigüiser la signification de glyphes se ressemblant.

Au XV^e siècle toutefois, l'imprimerie développa considérablement la production et la distribution de livres. Puis, quand on vendit ces livres à un plus grand lectorat international, la normalisation des formes de caractères devint une nécessité. Dès l'apparition du chiffre zéro dans des imprimés et plus tard, à la fin du XV^e siècle, le zéro prit une forme circulaire qui était donc plus ou moins d'épaisseur constante c'est-à-dire sans contrastes pleins-déliés. Cette forme d'anneau permit de distinguer typiquement le zéro des minuscules o qui, dans les fontes issues des écritures manuscrites humanistes, étaient modulées. Le zéro annulaire a été adopté pour la plupart des fontes romaines du XVI^e siècle et a été utilisé jusqu'à la fin du XVIII^e ou au début du XIX^e siècle.

Dans les dernières décennies du XVIII^e siècle, est apparu un nouveau style de chiffres qui avaient à peu près la même hauteur que les capitales. Agrandir leur taille rendit le zéro plus distinguable de la bas-de-casse o, mais créa une nouvelle confusion pour la paire zéro/capitale O. Pour les types imprimés, le glyphe du zéro était en général plus étroit que la capitale O, ainsi ces deux caractères pouvaient toujours se différencier ; mais, dans les dernières décennies du XIX^e siècle, les machines à écrire obligèrent tous les caractères à avoir la même chasse, éliminant ce critère pour distinguer le zéro de la capitale O. Apparemment, le contexte permettait encore de distinguer la frappe d'un zéro de celle d'un O dans la plupart des correspondances et documents mais, au milieu du XX^e siècle, les confusions devinrent nombreuses à cause des imprimantes d'ordinateurs utilisant des fontes comme celles des machines à écrire et des programmes informatiques utilisant un grand mélange de lettres et chiffres. Il s'ensuit

alors plusieurs décennies de propositions de dessins, de discussions et d'expérimentations pour développer la meilleure façon de différencier le zéro de la capitale O. Les propositions du camp des « humanistes » modifiaient plutôt le zéro tandis que celles du camp des « techniciens » touchaient plutôt la lettre O. Les progrès de l'informatique et de la chaîne graphique numérique ont parfois pu faciliter la différenciation, mais aussi la compliquer, selon que l'on améliorait le rendu des caractères ou que l'on augmentait le nombre des caractères sujets à confusion.

Des signes de consensus sont apparus dans les fontes numériques développées au cours de ces trois dernières décennies : c'est le glyphe du zéro qui est modifié en général, que ce soit avec une barre diagonale, un point ou tout autre moyen, tandis que la capitale O reste indemne. On peut donc dire que ce sont les humanistes qui ont gagné.

D'autres caractères se ressemblant sont alors apparus, notamment le triplet « I l l » (capitale I, bas-de-casse l et chiffre 1). Diverses tendances ont aussi convergé pour distinguer ces trois glyphes, mais pas aussi nettement que pour le zéro et la capitale O. L'inclusion de symboles mathématiques dans les fontes, et l'emploi grandissant de symboles mathématiques dans les documents électroniques cause de nouvelles formes de confusion ; tant pour les dessinateurs de caractères et les éditeurs de documents que pour les lecteurs, le problème de symboles identiques n'a toujours pas été entièrement résolu.

REMERCIEMENTS

Je remercie Karl Berry et Barbara Beeton de m'avoir suggéré cet article, de l'avoir patiemment attendu et de m'avoir fait des suggestions efficaces pour en améliorer le texte et les illustrations ; et à nouveau Karl pour l'avoir traduit en $\text{T}_\text{E}\text{X}$.

Merci à Steven Galbraith et Amelia Hugil-Fontanel pour m'avoir donné accès aux splendides ouvrages de la Collection Cary du RIT [Rochester Institute of Technology], et encore à Amelia pour la photographie de la page du *Hypnerotomachia Poliphili*. Merci à Rolf Rehe pour m'avoir aidé à obtenir et à m'expliquer certaines parties de la note DIN 1450, et à Otmar Hoefler pour ses commentaires sur le design de Karlgeorg Hoefler pour les plaques de véhicules allemands. Merci à Kris Holmes d'avoir assemblé les images de la figure 21 et pour tant d'années d'inspiration et de collaboration sur le dessin de la fonte Lucida.

Pour la version française, je remercie Frank Blokland pour l'autorisation d'utiliser ses photographies, le Musée Plantin Moretus, la Bibliothèque de Rennes-Métropole et Jacques André — avec qui je partage depuis plus de 25 ans la passion de l'informatique, de la typographie et de la culture — pour sa traduction et ses commentaires.

ANNEXE A. « COMMENT A ÉTÉ PRODUIT CET ARTICLE »

PAR KARL BERRY¹⁵

La partie la plus $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ niquement difficile pour cet article a été de composer les caractères de la note 2 du bas de la page 7 et d'imprimer les caractères cerclés et barrés des pages suivantes. On aurait pu insérer ces caractères sous forme de petites images, mais l'auteur (Chuck Bigelow) m'a envoyé des fontes les incluant. J'ai alors pensé les utiliser directement, mais lui aurait préféré que tout soit composé dans une police cohérente plutôt que de faire un mélange de Computer Modern et d'autres fontes.

La première version que m'envoya Chuck était dans le format `.otf`, les caractères voulus (zéro barré, interdiction, etc.) remplaçant des bas-de-casse. Il suffisait donc de lancer FontForge (de George Williams, `fontforge.sf.net`) et d'utiliser 'Generate Fonts' pour créer les `.pfb + .afm` avec les 256 premiers caractères, ce qui était facile. Je voulais en effet utiliser Type 1 comme on le fait depuis longtemps pour composer les articles et parce que jusqu'à présent j'utilisais $\text{pdfL}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$. Passer à $\text{X}_{\text{E}}\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ ou à $\text{LuaL}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ aurait fait perdre les fonctionnalités de `microtype` et donc un temps considérable pour fixer les coupures de ligne.

Chuck m'a ensuite envoyé une fonte corrigée avec de nouveaux caractères. Cette fois, c'était un `.ttf`, avec les caractères placés dans leur position Unicode correcte (qui sont donc bien au delà des 256 premiers caractères bien sûr) ; je ne pouvais donc plus utiliser la simple génération de FontForge. J'aurais bien sûr pu demander à Chuck de modifier l'emplacement de ces caractères, mais je décidais de prendre ça comme un défi : au fond, cet article devrait montrer notre confiance en $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ pour manipuler n'importe quelle fonte. J'ai alors utilisé l'article de Hàn Thé Thành sur l'utilisation directe des fontes TrueType en $\text{pdfT}_{\text{E}}\text{X}$ [42].

15. Traduction de l'annexe « *Production notes* » de Karl Berry, le rédacteur en chef de *TUGboat*, faisant suite à l'article de Charles Bigelow dans *TUGboat* [32].

J'ai d'abord créé une fonte à codage personnalisé (*custom encoding file*), `altzero.enc`, commençant comme ceci :

```
/enclucidaaltzero [  
  /emptyset      % U+2205  
  /uni20E0       % prohibition  
  /emptyset.var  % glyph index #2225  
  ... ]
```

Ces noms de caractères sont ceux spécifiés dans la fonte. Je les ai trouvés en regardant la fonte avec FontForge et en utilisant 'View → Goto' pour naviguer dans la liste des caractères ; heureusement, chercher « uni . . . » marche même quand le caractère n'a pas un nom de cette forme. Chuck m'a donné le nom du glyphe supplémentaire pour l'ensemble vide (*zero-slash* en l'occurrence) qui n'a pas de numéro Unicode.

En continuant comme dans l'article de Thành j'ai fait le fichier `.tfm` :

```
ttf2afm -e altzero.enc -o altzero.afm ZeroFont.ttf  
afm2tfm altzero.afm
```

que j'utilisais ainsi dans le document \LaTeX :

```
mapline{+altzero ZeroFont <altzero.enc  
                                             <ZeroFont.ttf}  
  
\font\altzero = altzero  
{\altzero\char0}% of our encoding: emptyset
```

Tout marchait bien, jusqu'à ce que Chuck m'envoie une nouvelle révision de sa fonte. C'était encore en `.otf`, mais cette fois en utilisant les positions Unicode. Or `pdf \TeX` ne peut pas lire `.otf` ; et convertir les `.otf` en `.ttf` me paraissait plein de pièges potentiels. J'ai alors utilisé un troisième outil, `otftotfm` (d'Eddie Kohler, `lcdf.org`). Quand j'ai lu la documentation, j'ai découvert que je pouvais réutiliser le même codage de fichier. L'invocation devenait alors :

```
otftotfm -e altzero.enc --no-encoding \  
ZeroFontOT.otf altzero
```

où l'option `-no-encoding` dit à `otftotfm` de ne pas générer son propre codage ; l'argument final de `altzero` est le nom des `.tfm` et `.pfb` à générer par `otftotfm`.

L'utilisation dans le source L^AT_EX est similaire à la précédente, mais maintenant on a :

```
\pdfmapline{+altzero ZeroFontOT <altzero.enc  
                <ZeroFontOT.pfb}
```

Ces outils produisent eux-mêmes les lignes map nécessaires, en fonction des noms utilisés dans les fichiers de fontes, etc.

Pour en terminer avec ces questions techniques, ça a été pour moi un grand plaisir de travailler avec Chuck sur les articles de ce numéro. Il avait eu naguère une grande et positive influence sur moi, me recommandant les écoles à suivre, les professeurs avec qui travailler et en encourageant tout au long de ma vie mon intérêt pour la typographie et la composition. Il se trouve qu'aujourd'hui où nous terminons le travail sur l'article de Chuck, c'est le jour de son anniversaire. Alors : bon anniversaire, Chuck!

À PROPOS DE CETTE VERSION FRANÇAISE [NDT]

Elle a été faite exactement comme la version de *TUGboat*, avec exactement les mêmes fontes (fournies par Karl Berry), mais la présentation a été adaptée au style des *Cahiers GUTenberg*. Le seul problème — mineur ! — a été de modifier les légendes de certaines images quand elles étaient dans celles-ci (par exemple figure 1).

À PROPOS DE CERTAINES FONTES UTILISÉES DANS CET ARTICLE [NDT]

Certaines figures (comme la figure 1) proposent de nombreux caractères. On vient de voir (page 42), que ces caractères ont été inclus dans le source du présent article en créant une fonte formée d'extraits d'autres fontes, et utilisée comme une fonte Latin-1 en L^AT_EX. Pour beaucoup d'entre eux, ces caractères sont issus bien sûr de fontes de Charles Bigelow, notamment de LucidaSans ou des fontes Lucida pour mathématiques, qui sont des fontes OpenTypes.

Les deux figures 22 et 23 montrent la façon d'utiliser ces caractères. Elles ont été composées en LuaL^AT_EX et fontspec en utilisant les fontes commerciales de Lucida (fontes .ttf et .otf que Chuck Bigelow nous a aimablement communiquées) ; leurs caractères respectent les codes Unicode en général sauf, bien sûr, les « variantes ». Pour éviter des conflits avec le mécanisme normal de fontes et avec microtype, il nous a paru plus simple d'utiliser un programme séparé et de n'inclure que la sortie .pdf de ce dernier dans nos figures 22 et 23.

On notera le cas particulier du zéro barré qui, n'étant pour Unicode qu'une variante glyphique, n'a pas de position normalisée dans les fontes : comparez les appels pour LucidaSansOT et pour LucidaBrightMathOT ; par ailleurs on voit que l'utilisation de caractères Unicode composites donne des résultats catastrophiques si on ne bidouille pas la sortie (avec par exemple une commande `\hspace`) ; on donne aussi un exemple avec Arial Unicode pour montrer que ce n'est pas la fonte Lucida qui est en cause.

Glyphe	Unicode	L ^A T _E X: fonte	commande
0	U+0030 DIGIT ZERO ; CHIFFRE ZÉRO	<code>\fontspec{LucidaSansOT.otf}</code>	0
Ø	composite: U+0030 U+0338	<code>\fontspec{Arial Unicode MS}</code>	<code>\char"0030\char"0338</code>
0		<code>\fontspec[RawFeature={zero}]{LucidaSansOT.otf}</code>	0
0		<code>\fontspec{LucidaConsole.ttf}</code> (version 2014)	0
0		<code>\fontspec{LucidaRetro.ttf}</code> (version 2014)	0
Ø		<code>\fontspec{LucidaBrightMathVar30T.otf}</code>	<code>\char"0030\char"0338</code>
∅		<code>\fontspec[RawFeature={ss05}]{LucidaBrightMathOT.otf}</code>	<code>\emptyset</code>
0		<code>\fontspec[RawFeature={ss01}]{LucidaSansOT.otf}</code>	0
Ø	U+00D8 LATIN CAPITAL LETTER O WITH STROKE ; LETTRE MAJUSCULE LATINE O BARRÉ OBLIQUEMENT	<code>\fontspec{LucidaSansOT.otf}</code>	<code>\0</code>
∅	U+2205 EMPTY SET; ENSEMBLE VIDE	<code>\fontspec{LucidaBrightMathOT.otf}</code>	<code>\emptyset</code>
∅	U+2298 CIRCLED DIVISION SLASH; BARRE OBLIQUE DE DIVISION CERCLÉE	<code>\fontspec{LucidaBrightMathOT.otf}</code>	<code>\oslash</code>
⊘	U+2349 APL FUNCTIONAL SYMBOLE CIRCLE BACKSLASH; SYMBOLE DE FONCTION APL SATURNE	<code>\fontspec{LucidaBrightMathVar30T.otf}</code>	<code>\char"2349</code>
⊖	U+20E0 COMBINING ENCLOSING CIRCLE BACKSLASH; DIACRITIQUE CERCLE ENGLOBANT ET BARRE OBLIQUE INVERSÉE	<code>\fontspec{LucidaBrightMathVar30T.otf}</code>	<code>\char"20E0</code>

FIGURE 22. — Comment utiliser directement, avec X_LL^AT_EX ou LuaL^AT_EX, les caractères Lucida de cet article. Partie 1.

Glyphe	Unicode	L ^A T _E X: fonte	commande
⓪	U+004F LATIN CAPITAL LETTER O; LETTRE MAJUSCULE LATINE O	<code>\fontspec{LucidaSansOT.otf}</code>	<code>0</code>
θ	U+03B8 GREEK SMALL LETTER THETA; LETTRE MINUSCULE GRECQUE THÈTA	<code>\fontspec{LucidaBrightMathOT.otf}</code>	<code>\uptheta</code>
Θ	U+0398 GREEK CAPITAL LETTER THETA; LETTRE MAJUSCULE GRECQUE THÈTA	<code>\fontspec{LucidaBrightMathOT.otf}</code>	<code>\upTheta</code>
⊙	U+2299 MIDDLE DOT IN CIRCLE; OPÉRATEUR POINT CERCLÉ	<code>\fontspec{LucidaBrightMathOT.otf}</code>	<code>\odot</code>
⊖	U+229D HYPHEN IN CIRCLE; TIRET CERCLÉ	<code>\fontspec{LucidaBrightMathOT.otf}</code>	<code>\circleddash</code>
⊖	U+2296 MINUS SIGN IN CIRCLE; MOINS CERCLÉ	<code>\fontspec{LucidaBrightMathOT.otf}</code>	<code>\ominus</code>

FIGURE 23. — Comment utiliser directement, avec X_YL^AT_EX ou LuaL^AT_EX, les caractères Lucida de cet article. Partie 2.

ANNEXE B. COMPLÉMENT : CHASSE DES CHIFFRES

Lors des échanges auteur-traducteur sur cet article, il nous est apparu qu'il serait intéressant de le compléter par quelques lignes sur la chasse des chiffres. Mais cette histoire n'est pas aussi simple qu'elle ne le paraît a priori et nous prévoyons donc de continuer nos recherches avant d'en faire un article, par exemple pour TUGboat et les Cahiers GUTenberg. En attendant, voici quelques faits saillants. [J. André & Ch. Bigelow]

CHASSE FIXE OU CHASSE PROPRE ?

Il y a deux sortes de fontes, celles où les chiffres ont chacun leur propre chasse et celles où tous les chiffres ont la même chasse (figure 24). Globalement les premiers sont plutôt utilisés pour les textes « à lire » tandis que les seconds servent essentiellement à des compositions en tableau où les chiffres sont alignés verticalement. On retrouve ici la distinction humanistes/ingénieurs qui a souvent été mentionnée !



1	3	5	2	7	8	0	6	9	4
1	3	5	2	7	8	0	6	9	4

FIGURE 24. — Pour un corps donné, les chiffres n'ont pas toujours la même chasse. En haut, caractères en plomb (la photo a été transformée par symétrie) : à gauche, plomb fondeur De Roos (noter le « 1 » beaucoup plus étroit que le « 2 ») ; à droite Garamond Monotype (chiffres tous de même chasse).

En bas, fontes numériques : première ligne, *revival* des Augustaux de Perrin (par Frank Jalleau pour l'Imprimerie nationale), les chiffres sont classés par ordre croissant de leur chasse ; seconde ligne : Courier d'Adobe.

SURVOL HISTORIQUE

Mais cette différence de chasses n'a pas toujours été aussi nettement liée aux usages.

— On a vu (p. 26) que les chiffres arabes entrent dans les imprimés dès la seconde moitié du xv^e siècle. Mais, même dans les compositions en colonnes, les chiffres semblent bien être à chasse variable (figure 25-a). Il en est de même encore en 1516 dans une traduction d'Euclide (figure 25-b).

— Les besoins de composition tabulaire (notamment pour les explications des méthodes de calcul arithmétique, fig. 25-e) amènent les imprimeurs à utiliser des chiffres à chasse fixe pour les œuvres de Pacioli, Stiffel et autres Tartaglia (fig. 25-c à e). Cet usage perdure jusqu'à nos jours, même si l'on trouve des exceptions (comme la traduction des œuvres de Tartaglia par Gosselin en 1613).

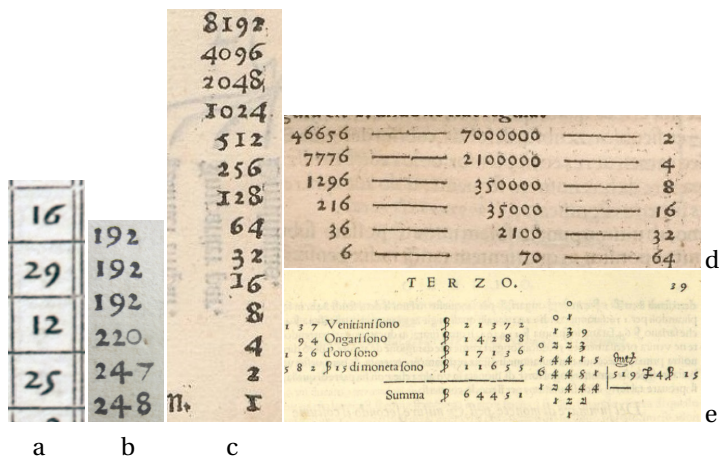


FIGURE 25. — Compositions en colonnes. a) Détail du calendrier de Regiomontanus (voir fig.11-b), 1574 : chiffres à chasse variable ; b) *Éléments d'Euclide* (imprimés par Henri Estienne, 1516, p. 261v – BM Rennes) : chasse variable ; c) Luca Pacioli, *Summa de arithmetica geometria* (impr. Paganino, Toscolano, 1523, p. 8r) : chasse fixe ; d) Stiffel, *Arithmetica integra* (Norimbergae, 1544, p. 44) : chasse fixe ; e) Tartaglia, *General trattato di numeri et misure* (Curtio Troiano, 1556) : chasse fixe.



FIGURE 26. — Ces matrices du Garamond (conservées au musée Plantin-Moretus, Anvers) montrent des chasses variables pour les chiffres. À gauche, Gros Canon Romain de Garamont, 1549 ; à droite, Moyen Canon de Van den Keere, ≈ 1600. Photos J.A. et Frank Blokland (voir aussi [36]).

— En revanche, les livres non techniques continuent à utiliser des chiffres arabes à chasse variable. C'est ainsi que Garamont, vers 1550, justifie ses matrices de chiffres avec des valeurs différentes (fig. 26). De même, Moxon, en 1683, présente des chiffres à chasse spécifique [40, p. 125]. Mais peu à peu, on note (dans les versions numérisées d'ouvrages des xvii-xviii^{es} siècles) l'emploi de plus en plus fréquent de chasses fixes pour les chiffres. Même les fameux Elzevier s'y mettent, par exemple dans le *Voyage du duc de Rohan, fait en l'an 1600*, Amsterdam, 1646. Comme Fertel (*La science de l'imprimerie*, 1723), Fournier précise même [37, 1764, tome I, chap. XX, p. 153-163] que « les chiffres du romain n'ont pas d'approche particulière, mais une générale, qui consiste à leur donner à tous l'épaisseur juste d'un demi-cadratin, c'est-à-dire que deux, à côté l'un de l'autre, fassent ensemble le carré du corps. » L'arrivée, d'abord vers 1770, des chiffres alignés (ou anglais) puis, vers 1830, des sans-empattements ne font que confirmer la chasse fixe pour les chiffres.

— Mais au xix^e siècle on redécouvre le charme des caractères anciens : c'est, en Angleterre, la réutilisation des Caslon par Chiswick Press vers 1840 et, en France, la création des Augustaux par Perrin, d'où naîtront ce qu'on appelle désormais les caractères elzéviens [31, p. 240]. En particulier, les chiffres elzéviens se caractérisent alors par leur non-alignement sur la ligne de base mais aussi par leur chasse variable (voir figure 24).

— Au xx^e siècle, les fonderies ont eu tendance à fournir essentiellement des chiffres à chasse fixe. Mais avec les fontes numériques, on note une redécouverte des caractères anciens, des *revivals*, et des chiffres à chasse variable utilisés notamment pour les travaux ne nécessitant pas de colonnes de nombres.

CHASSE ET STYLE

Les précédentes considérations métriques amènent à faire une remarque : alors que le même poinçon peut servir à faire des caractères de corps légèrement différents (par exemple en fondant un corps 12 sur un caractère de corps 14), frapper un poinçon sur une matrice de chasse plus grande (ce qui est toujours possible) donne des résultats déplorables : les approches ne sont plus adaptées.

Pour les chiffres, le 1 est particulièrement difficile à dessiner si on veut agrandir sa chasse naturelle minimale sans lui donner trop de blancs (voir figure 27). Ce problème existe donc depuis qu'il y a des chiffres de

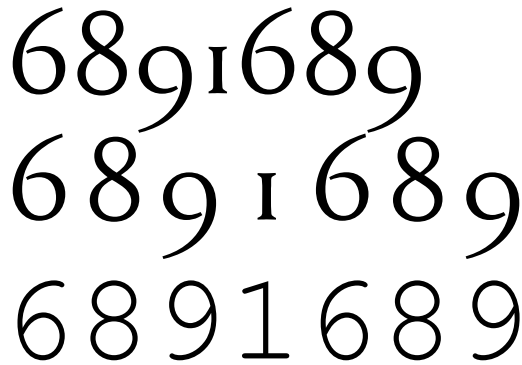


FIGURE 27. — Le même nombre, 6891689, avec une fonte où les chiffres sont à chasse variable (en haut) et une à chasse fixe (en bas). Au centre, les mêmes chiffres qu'en haut mais avec la même chasse que ceux d'en bas : l'étroitesse du 1 donne l'impression qu'il y a trois nombres (689, 1 et 689).

chasse fixe mais surtout depuis que l'on fait des 1 sans empattements en haut et en bas. Au milieu du XIX^e siècle, Frey [38, p. 94] s'en préoccupe : «... il serait donc très-utile de mettre en rapport l'œil du chiffre *un* avec l'épaisseur de sa tige, ce que réaliserait fort bien, par exemple, un petit trait fin et penché par lequel commencerait le plein, office en faveur duquel on pourrait tolérer le léger défaut d'harmonie qu'offrirait ce trait avec la forme des autres chiffres. »

Ce souci de remplir les vides a été particulièrement crucial pour les caractères à chasse fixe utilisés pour les machines à écrire. L'une des grandes forces de Howard Ketter aura été justement de dessiner Courier en remplissant les « cases » au maximum (ex. fig. 24), supprimant ainsi l'aspect discontinu qu'avaient les textes tapés à la machine (voir Bigelow [33]).

Signalons enfin que le sujet de la distinction de la lettre O du chiffre 0 mais aussi de la capitale I du chiffre 1 avait fait l'objet de nombreuses discussions dans le cadre de la « liste typographie » [43].

RÉFÉRENCES

TEXTES

1. ARISTOTE *Metaphysics, Books I–IX*. (traduction anglaise de H. Tredennick), Loeb Classical Library No. 271, Met. 1.985b, Harvard University Press, 1989.
En français, voir par exemple : *Métaphysique*, présentation et traduction par Marie-Paul Duminil et Annick Jaulin, Paris, Flammarion, coll. Garnier-Flammarion, 2008.
2. R.W. BEMER, « Toward standards for handwritten zero and oh : Much ado about nothing (and a letter), or a partial dossier on distinguishing between handwritten zero and oh », *Communications of the ACM*, 10(8), août 1967, p. 513-518.
3. Charles BIGELOW et Kris HOLMES, « Notes on Apple 4 Fonts », *Electronic Publishing* 4(3), p. 171-181, 1991.
<http://cajun.cs.nott.ac.uk/compsci/epo/papers/volume4/issue3/ep050cb.pdf>
4. Robert BRINGHURST, *The Elements of Typographic Style*, Hartley & Marks, Vancouver, CA, 1996.
5. CAJORI, FA. *History of Mathematical Notations*, Dover Publications, Mineola, NY, 1993. [Première version : Open Court, Chicago, 1928-29]
6. Deutsches Institut für Normung. DIN 1450 Schriften—Leserlichkeit (DIN 1450 Typefaces—Legibility), DIN Beuth. 2013.
7. S. GORN, R.W. BEMER et J. GREEN, « The American Standard Code for Information Interchange », *Communications of the ACM*, 6(8), août 1963.
8. Georges IFRAH, *Histoire universelle des chiffres*, Seghers, 1981, puis Robert Laffon, 1994 ; traduit en anglais : *The Universal History of Numbers*, (D. Bellos, E.F. Harding, S. Wood, I. Monk, trans.) John Wiley & Sons, New York, 1998.
9. C. KERPELMAN, « Proposed American National Standard : Presentation of alphabetic characters for information processing », *Communications of the ACM*, 12(12), décembre 1969, p. 696-698.
10. P.P. LO, « Use Chinese for zero and oh ? », *Communications of the ACM*, 10(12), p. 757, décembre 1967.
11. « Proposed revised American Standard Code for Information Interchange », *Communications of the ACM*, 8(4), p. 207-214, avril 1965.
12. E. SCHULZ-ANKER, « Le Syntax Romain, un Linéale sur une base nouvelle », *Gebrauchsgraphik* 7, 1970.
13. UNICODE CONSORTIUM, *Unicode Standard 5.0*, Addison Wesley, 2007.
14. United States of America Standards Institute, *USA Standard Code for Information Interchange, USAS X3.4-1967*, revision of X3.4-1965, 1967.
15. A. VARTABEDIAN, « A Proposed Fontstyle for the Graphic Representation of the Oh and Zero », *The Journal of Typographic Research*, 3(3), p. 249-258, 1969.
16. Allen G. VARTABEDIAN, « Reply », *The Journal of Typographic Research*, 4(2), p. 181-183, 1970.

17. D. WENDT, « O or 0 », *The Journal of Typographic Research*, 3(3), p. 241-248, 1969.
18. Hermann ZAPP, « Proposal », *The Journal of Typographic Research*, 4(2), p. 179-180, 1970.

URL CITÉES DANS LE TEXTE (PAR ORDRE D'APPARITION)

19. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ms.Thott.290.2%C2%BA_150v.jpg
20. <http://www.columbia.edu/cu/lweb/eresources/exhibitions/treasures/html/160.html>
21. <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k1040450j/f9>
22. http://daten.digital-e-sammlungen.de/bsb00031144/image_7
23. http://www.univie.ac.at/hwastro/rare/1476_Regiomontanus.htm
24. <http://www.metmuseum.org/toah/works-of-art/19.24>
25. <http://www.lib.umn.edu/apps/bell/map/PTO/GEO/clklg.html>
26. http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de/ECHOdocuView?tocMode=thumbs&url=/mpiwg/online/permanent/archimedes/pacio_summa_504_it_1494&viewMode=images&pn=77
27. <http://archive.org/details/OEXV552P1>
28. <http://daten.digital-e-sammlungen.de/0005/bsb00050563/images/index.html?fip=193.174.98.30&id=00050563&seite=903>
29. http://en.wikipedia.org/wiki/Mind_your_Ps_and_Qs
30. http://www.pdp8.net/asr33/pics/fortran_printout.shtml

RÉFÉRENCES ADDITIONNELLES

31. Jacques ANDRÉ et Christian LAUCOU, *Histoire de l'écriture typographique — le XIX^e siècle*, Adverbum, 2013. ebook : Atelier Perrousseaux.
32. Karl BERRY, Production notes, *TUGboat*, vol. 34 n° 2 (2013), p. 181. <http://tug.org/TUGboat/tb34-2/tb107prod.pdf>
33. Charles BIGELOW, « Courier : The Working Type », *Publish*, Jan/Feb. vol. 2, no 1, 1987.
34. Charles BIGELOW et Kris HOLMES, « Création d'une police UNICODE », *Cahiers GUTenberg*, n° 20, mai 1995, p. 81-102.
35. Charles BIGELOW, « Oh, oh, zero », *TUGboat*, vol. 34 n° 2 (2013), p. 168-181. <https://www.tug.org/members/TUGboat/tb34-2/tb107bigelow-zero.pdf>
36. Frank BLOKLAND, *Notes on standardized casting*, février 2012. <http://www.lettermodel.org/wordpress/?p=1063>
37. Pierre-Simon FOURNIER, *Manuel typographique...*, chez Barbou, Paris, 1764. <http://jacques-andre.fr/faqtypo/BiViTy/Manuel/f1c20.html#f1a158>

38. A. FREY, *Nouveau manuel complet de Typographie*, Manuels Roret, 4^e édition, Paris, 1857. Fac-similé : chez Léonce Laget, Paris, 1979.

39. Émile JAVAL, *Physiologie de la lecture et de l'écriture, suivie de déductions pratiques relatives à l'hygiène aux expertises en écriture et aux progrès de la typographie, de la cartographie, de l'écriture en relief pour les aveugles*, deuxième édition revue et corrigée, Paris, Félix Alcan, éd., 1906.

<http://pds.lib.harvard.edu/pds/view/13155133>

40. Joseph MOXON, *Mechanick Exercises on the whole Art of Printing*, 1683. Fac-similé et commentaires de Herbert Davis et Harry Carter, Dover publ., New York, 1962.

41. Ferdinand DE SAUSSURE, *Cours de linguistique générale*, Payot, Paris, 1916.
<http://www.fichier-pdf.fr/2012/12/16/saussure-ferdinand-cours-de-linguistique-generale/preview/page/58/>

42. Hàn Thé Thành, « A closer look at TrueType fonts and pdf_TE_X », *TUGboat*, vol. 30, n° 1, 2009, p. 32-34.

<http://tug.org/TUGboat/tb30-1/tb94thanh.pdf>

43. La liste TYPO, « Microtypographie digitale », extrait des *Archives de la liste Typographie*. Ce *Cahier*.

44. Unicode, section française, *Index des noms de caractères Unicode*, 2013.
<http://www.unicode.org/fr/charts/charindex.html>

45. Hendrik VERVLiet, *French Renaissance Printing Types – A Conspectus*, The Bibliographical Society and Oak Knoll Press, 2010.

46. Yue WANG, « Interview with Charles Bigelow », *TUGboat*, vol. 34, n° 2, 2013, p. 136-167.

<https://www.tug.org/members/TUGboat/tb34-2/tb107bigelow-wang.pdf>

47. Herman ZAPF, « Typographie des caractères romains de la Renaissance », *Cahiers GUTenberg*, n° 37-38, décembre 2000, p. 44-52.

http://cahiers.gutenberg.eu.org/fitem?id=CG_2000__37-38_44_0

© Charles BIGELOW
USA
<http://www.lucidafonts.com>