

Gazette des Mathématiciens
Société Mathématique de France

N° 21 - Mars 1983

pp. 89 – 97

N° ISSN 0224-8999

(Extrait)

La reproduction de l'article est due au regretté Jean-Pierre Demailly, qui, à partir d'un document produit par une imprimante de piètre qualité de l'époque, a d'abord forgé un fichier TeX à l'aide d'un logiciel OCR et obtenu une belle impression avec les imprimantes de qualité d'aujourd'hui.

T_EX à Strasbourg

Dominique Foata

Résumé : T_EX est un logiciel mis au point par Knuth pour la composition typographique des textes mathématiques à l'aide de l'ordinateur. Le programme sous-jacent a été implanté sur l'ordinateur UNIVAC 1110 de l'Université Louis-Pasteur de Strasbourg. Le but de cet article est de donner une présentation succincte de ce logiciel, de comparer ses qualités avec celles des autres logiciels concurrents, comme UNIX+TROFF+EQN, et d'indiquer les usages que le Centre de Calcul de l'Esplanade de Strasbourg entend faire de T_EX et des autres procédés de traitement de texte.

1. Introduction. — Chaque abonné au Bulletin de la Société Américaine de Mathématique se souvient de l'article de Knuth [1], paru en 1979, intitulé "Mathematical Typography". Il s'agissait du texte de la conférence ("Gibbs Lecture") que Knuth avait donnée lors de l'assemblée générale de la Société Américaine de Mathématique en janvier 1978. Ce texte contient une description des deux logiciels T_EX et METAFONT, que Knuth était en train de mettre au point à cette époque. Le style vigoureux, très californien de l'auteur, ne pouvait qu'enthousiasmer les foules mathématiciennes: le problème de la composition typographique des textes mathématiques à l'aide de l'ordinateur était résolu. Il suffisait de devenir un bon utilisateur des deux logiciels décrits dans l'article, de disposer d'un bon matériel informatique et tous les problèmes de composition et d'édition n'étaient que jeux d'enfant. L'impact publicitaire de la conférence de Knuth fut si fort que la Société Américaine de Mathématique voulut expérimenter rapidement cette nouvelle méthode, confondant peut-être outil de production et prototype. Je reviendrai sur cette question plus loin.

C'est vrai que l'on est émerveillé de voir une simple dactylographie sur un terminal produire, à la sortie de l'ordinateur, un beau texte correctement justifié, avec les formules bien mises en place. Le commentaire de C. Gordon Bell, qui apparaît sur la couverture de

l'ouvrage [2] dans lequel Knuth décrit ses deux logiciels, ne peut donc nous surprendre. On y peut lire: “Don Knuth’s Tau Epsilon Chi (T_EX) is potentially the most significant invention in typesetting in this century. It introduces a standard language for computer typography and in terms of importance could rank near the introduction of Gutenberg press.”

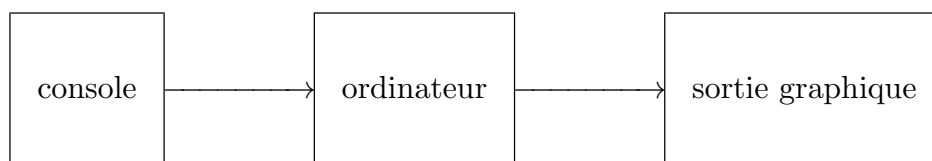
En septembre 1981, j’ai pu m’arrêter une matinée au siège de la Société Américaine de Mathématique à Providence, Rhode Island, et constater que l’on y expérimentait le système T_EX. Les démonstrations qui ont été faites devant moi m’ont convaincu et, dès mon retour à Strasbourg en janvier 1982, j’ai proposé à notre Centre de Calcul de l’Esplanade d’implanter ce logiciel et d’éditer les articles de mathématiques de notre département. Sans la très grande compétence de mes collègues Yves Roy et Roland Strosser, rien n’aurait pu être fait. T_EX reste un prototype, aux possibilités immenses, mais son implantation est délicate.

D’autre part, on ne peut maîtriser un tel outil sans avoir une bonne connaissance des logiciels concurrents, car, comme dit Strosser, “en informatique il y a moins de savoir que de savoir-faire, mais celui-ci est cumulatif. Il faut donc retracer les étapes qui ont permis de produire un système aussi extraordinaire. La grande contribution de Knuth est d’avoir créé une typographie de très haute qualité. (Pourquoi, sous prétexte de progrès ou de commodité, devrions-nous nous contenter de typographie médiocre comme celle d’*Astérisque* ou des *Lecture Notes* de Springer-Verlag ?) L’idée de traiter un texte en considérant les caractères, mots, paragraphes et pages comme autant de *boîtes imbriquées* les unes dans les autres se trouve déjà dans Kernighan et Cherry [3], qui ont participé à l’élaboration du système UNIX de la Bell Téléphone.

Enfin, signalons la mise au point par Knuth d’un nouveau langage appelé WEB, sorte de métacomboinaison de PASCAL et T_EX, permettant de mieux structurer les très gros programmes. Il devrait avoir une grande résonance dans les milieux informaticiens.

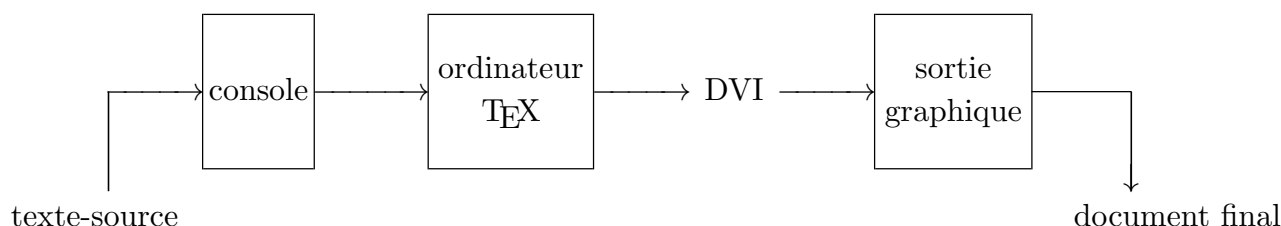
Dans l’article présent, je me propose de donner quelques principes de base de la composition typographique à l’aide de l’ordinateur et d’indiquer les prochaines réalisations dans ce domaine à Strasbourg.

2. Principes généraux. — Pour pouvoir faire du traitement de texte, en particulier de texte mathématique, et réaliser une reproduction typographique, il faut naturellement disposer d’une *console* branchée sur un *ordinateur*, ayant lui-même une *sortie graphique* (imprimante électrostatique, photo-composeuse, imprimante à laser).



Il vaut mieux que la console utilise un *éditeur de texte* (dépendant ou non de l’ordinateur principal), qui offre les commodités habituelles: correction d’erreurs de frappe, insertion et suppression de phrases. L’utilisateur fait entrer dans la console un texte, dit *texte-source*. Ce dernier est un texte ordinaire agrémenté de quelques signes comme: \ (“back-slash”; quel est donc l’équivalent français de ce mot ?), \$ (le signe dollar qui dans T_EX apparaît avant et après toute expression mathématique), @ ou & (un symbole pour l’alignement),... Le fait important est que, pour la saisie du texte-source, en vue du traitement par T_EX, un *clavier pauvre* suffit, c’est-à-dire un clavier ne disposant que des lettres de l’alphabet

(majuscules et minuscules), des chiffres, des signes de ponctuation, d’une demi-douzaine de symboles mathématiques usuels et enfin d’une demi-douzaine de symboles complémentaires. Le plus remarquable est qu’au moyen de ce clavier pauvre, on puisse obtenir non seulement toutes les formules mathématiques si compliquées soient-elles, mais aussi faire apparaître un nombre très important de polices de caractères. Le texte-source est ensuite transmis à un ordinateur muni du programme $\text{\TeX}$. L’ordinateur produit alors le *texte-but* appelé D.V.I. (“device-independent file”), c’est-à-dire le fichier indépendant de sortie. Celui-ci, transmis à la sortie graphique, fournit un texte bien justifié, tout à fait semblable à une composition préparée par un typographe professionnel. Appelons-le *document final*.



Il y a ainsi trois étapes dans la gestion de $\text{\TeX}$: (a) la saisie du texte-source; (b) l’implantation de $\text{\TeX}$ sur l’ordinateur; (c) le pilotage de la sortie graphique. Je reviendrai plus loin sur les deux dernières étapes, qui sont, elles, réalisées une fois pour toutes par des informaticiens professionnels. Seule la première étape concerne l’utilisateur. Elle fait l’objet du prochain paragraphe.

3. La saisie du texte-source. — Une fois les commandes de mise en page composées, on tape le texte ordinaire sans utiliser de code spécial, comme on le ferait sur une machine à écrire ordinaire. En revanche, tout autre texte est codé de façon très naturelle. Le symbole $\backslash$ permet ce codage. C’est lui qui initialise toutes les commandes (“control sequences”). Par exemple, la lettre grecque Ψ se compose $\backslash\text{\Psi}$ et la commande $\backslash\text{\psi}$ nous fournit ψ . Il y a deux façons d’écrire les formules mathématiques, suivant qu’elles sont incluses dans le texte lui-même – mode mathématique ordinaire – ou qu’elles sont centrées – mode mathématique centré (“display mathematics”). Le premier mode est appelé par un seul signe $\text{\$}$, le second par les deux signes $\text{\$}$. On sort de chacun de ces modes par le même signe $\text{\$}$, ou les deux signes $\text{\$}$ respectivement.

Par exemple, si l’on compose comme texte-source:

On a la formule:

$\text{\$A}=\text{\prod}\{k\geq 1\}\text{\exp}\{\text{\Psi}\downarrow k\text{\over k}\}\text{\$}.$

le document final sera:

On a la formule: $A = \prod_{k\geq 1} \exp \frac{\Psi_k}{k}.$

Si, en revanche, on écrit:

On a la formule:

$\text{\$}\text{\$A}=\text{\prod}\{k\geq 1\}\text{\exp}\{\text{\Psi}\downarrow k\text{\over k}\}\text{\$}\text{\$}$

on obtient la disposition *centrée*:

On a la formule:

$$A = \prod_{k \geq 1} \exp \frac{\Psi_k}{k}.$$

Donnons un exemple faisant apparaître une commande d'*alignement* des formules. Pour obtenir dans le document final:

Soit la série $A = \prod_i (1 - x_i)^{-1}$. Son écriture suivant les Ψ_k s'obtient très simplement. Prenons les logarithmes:

$$\begin{aligned} \log A &= - \sum_i \log(1 - x_i) \\ &= \sum_{i, k \geq 1} \frac{x_i^k}{k} \\ &= \sum_{k \geq 1} \frac{\Psi_k}{k} \end{aligned}$$

il suffit de composer le texte-source:

```
Soit la série $A=\prod_i(1-x_i)^{-1}$. Son écriture suivant les
$\Psi_k$ s'obtient très simplement. Prenons les logarithmes:
$$\eqalign{\log A@=-\sum_i\log(1-x_i)\cr
@=\sum_{i,k\geq 1}\{x_i^k\over k\}\cr
@=\sum_{k\geq 1}\{\Psi_k\over k\}\cr}$$
```

Le symbole “@” placé devant le signe “=” et intervenant après la commande `\eqalign` a permis d'aligner ces trois signes l'un au-dessus de l'autre. La commande `\cr` indique le passage à la ligne suivante.

Naturellement, les commandes `\prod`, `\Psi`, `\log` ont été prédéfinies dans une “macro”, comme celles décrites dans *Basic T_EX format* ([2, p. 151-153]).

Notons encore que selon les canons typographiques tous les symboles apparaissant en mode mathématique sont italiqués. En revanche, les noms de fonctions comme “exp”, “log”, “sin”, “cos”, ... sont toujours composés en romain. Ainsi a-t-on utilisé dans le texte ci-dessus la commande `\log` dont le seul but est d'éviter que “log” soit reproduit en italique.

Le codage des formules mathématiques par T_EX est au fond simple et s'apprend très vite. Les difficultés réelles commencent avec la préparation des tables, matrices, qui exigent un alignement précis. C'est un fait bien connu que la linéarisation de structures planaires, par exemple en programmation, exige réflexion. T_EX n'échappe pas à cette difficulté.

Enfin, les commandes de mise en page et de choix des polices de caractères sont d'un emploi délicat. Elles peuvent cependant être faites une fois pour toutes. L'utilisateur suit alors scrupuleusement le mode d'emploi.

4. Implantation et pilotage. — C'est notre collègue Yves Roy qui s'est chargé de l'implantation de T_EX sur l'ordinateur UNIVAC 1110 de Strasbourg-Cronenbourg au cours du printemps 1982. Les difficultés d'implantation sont de tous ordres. La bande magnétique

originale proposée par le département d'informatique de Stanford est écrite en PASCAL. Comme les informaticiens le savent bien, les procédures d'entrée-sortie en PASCAL sont peu transportables d'un site à l'autre. Il a donc fallu reprendre toutes ces procédures et ne pas créer de nouvelles incompatibilités. Le problème n'est pas simple, étant donnée la taille du "programme (12 000 instructions PASCAL)". Par ailleurs, il faut théoriquement conserver 175 K-mots en mémoire pendant l'exécution du programme. Ceci ne pouvait être réalisé sur l'ordinateur de Cronenbourg. On s'est donc contenté de 128 K-mots, en réduisant la taille de certains tableaux. Ce besoin gigantesque de mémoires est dû au grand nombre de polices de caractères qui doivent être accessibles à tout moment. Ces caractères ont à l'intérieur du programme une définition en points binaires qui nécessite beaucoup de place.

Le pilotage de la sortie graphique est une autre tâche que l'informaticien doit réaliser au moment de l'implantation. C'est avec une BENSON-VARIAN PLOTTER 9215 branchée sur l'ordinateur que nous avons obtenu nos documents finaux. Le pilotage de cette imprimante a été réalisé par Georges Weil, ingénieur au Centre de Calcul.

Chaque imprimante a son propre système et ses propres polices de caractères. En fait, celles-ci ne sont pas utilisées par $\text{\TeX}$, qui contient, comme déjà mentionné plus haut, les siennes propres. Celles-ci sont décrites dans deux fichiers distincts, TFM et PXL, tous deux produits complémentaires créés par le logiciel METAFONT [2]. Le fichier TFM ("TeX FONT METRIC") contient l'information sur les polices de caractères nécessaire au programme $\text{\TeX}$ pour pouvoir tourner. Pour $\text{\TeX}$ chaque caractère est une boîte. A ce stade de la procédure, seules les dimensions de la boîte sont prises en considération.

Le texte-but ("DVI") est une longue suite de commandes en langage binaire qui indique comment les boîtes doivent se placer sur la page. Le pilotage de la sortie graphique consiste à remplir les boîtes, plus précisément à dessiner point par point le caractère devant apparaître dans cette boîte. L'information sur ce dessin est puisée dans le fichier PXL. On peut donc faire tourner le programme $\text{\TeX}$ et obtenir un texte-but avec le seul fichier TFM, mais ce DVI sera inutilisable si l'on n'a pas le fichier PXL correspondant.

Enfin, la qualité du document final dépend de la résolution de la sortie graphique elle-même. Avec une imprimante à laser, les documents obtenus sont de très haute qualité; avec une imprimante électrostatique, le résultat est plus banal, quoique, dans les deux cas, le graphisme de la lettre est identique, les caractères obtenus étant ceux créés par Knuth avec son logiciel METAFONT.

L'emploi des logotypes tels que "ff", "fl", "fi", "fff", "ffi", qu'on peut voir apparaître dans la phrase "en effet, le flot final afflue efficacement", témoigne d'une recherche esthétique liée à la tradition de la belle typographie.

5. Les autres systèmes. — Il suffit de s'intéresser à un produit donné pour découvrir qu'il en existe bien d'autres! Le traitement de texte par ordinateur est déjà ancien. Plusieurs compagnies ont construit avec plus ou moins de bonheur des logiciels permettant de composer des documents scientifiques. Je ne parlerai que des systèmes que j'ai vu fonctionner, et de celui (TITUS) pour lequel j'ai obtenu une information directe.

L'imprimerie Istra de Strasbourg édite des ouvrages scolaires depuis plusieurs années. Elle se sert, pour le moment, d'un logiciel BEDFORD. La saisie des documents est interactive en ce sens que l'on voit sur un écran ce que doit être le document final. Cet écran est muni d'un curseur qui permet de placer un caractère à l'endroit désiré. Le clavier utilisé est assez

riche et semble convenir aux utilisateurs qui sont des typographes professionnels. La qualité de la typographie obtenue est moyenne (cf. par exemple [5]).

L'imprimerie de l'Ecole Polytechnique à Palaiseau utilise le système PENTAMATH. L'opérateur doit maîtriser déjà quelques techniques de programmation. La qualité obtenue est déjà prometteuse (cf. [6]).

Le groupe TOTEM (aux bons soins de M. Jacques André, IRISA, Campus Universitaire de Baulieu, 35042 Rennes Cedex) se propose de construire le système TITUS dont le but est de "traiter de façon interactive des documents structurés contenant des formules mathématiques" (cf. [7]). Les membres de ce groupe insistent pour que la saisie des documents soit aussi simple que possible et qu'il n'y ait pas de langage de programmation à apprendre. Les formules doivent se composer sur l'écran par manipulation d'un curseur et l'utilisation de quelques touches de clavier spéciales. La qualité de sortie, telle qu'on peut la voir dans [7], est tout à fait moyenne. Ce n'est d'ailleurs pas le but recherché, l'accent étant mis sur une saisie facile à maîtriser.

Enfin, la Société SOMATEX (aux bons soins de M. Christian Le Bourhis, 23, rue Guy-Môquet, 94600 Choisy-le-Roi) propose un système SCIENTEXTE "de traitement de textes adapté à une utilisation scientifique, destiné aux écoles, universités.. " La saisie, comme pour le système TITUS, se fait sans utilisation d'un langage de programmation: la composition du texte se fait par déplacement d'un curseur. La qualité de la typographie est comme pour TITUS tout à fait moyenne. Le système est en tout cas opérationnel et en vente sur le marché.

6. Le système UNIX. — Le système UNIX, mis au point par les ingénieurs de la Société Bell Téléphone, est très bien décrit dans la brochure [8]. C'est un véritable système à temps partagé, possédant plusieurs sous-programmes adaptés à des tâches bien précises. Par exemple, TROFF assure la mise en page, EQN le traitement de formules mathématiques, TBL celui des tableaux. Ainsi, le triplet UNEX+TROFF+EQN peut être vu comme l'équivalent de $\text{\TeX}$. Il est cependant d'un emploi beaucoup plus souple: si l'on ne traite que du texte ordinaire, on n'a pas besoin d'encombrer l'ordinateur avec EQN. Il a aussi l'avantage d'être opérationnel. La Société Américaine de Physique l'a adopté pour la composition de ses publications (plus de 35 000 pages par an). Cette société édite cinq revues dont l'énorme *Physical Review*.

En revanche, la qualité de la typographie produite par UNIX est moins élaborée que celle créée par $\text{\TeX}$, comme on peut le constater en consultant l'un des numéros de *Physical Review*. Mon ami Adriano Garsia (University of California, San Diego) est un ardent défenseur du système UNIX. Il l'utilise tous les jours pour son travail mathématique et s'est construit, pour son confort personnel, de nombreuses "macros".

Je voudrais signaler encore que la Société IBM commercialise depuis longtemps un système de traitement de texte appelé SCRIPT, mais que pour la composition des textes mathématiques, elle a adapté le sous-programme EQN de la Société Bell Téléphone (cf. [9]).

7. Expériences récentes. — C'est la Société Américaine de Mathématique qui assure la diffusion de $\text{\TeX}$. Dans ce but, elle a créé un groupe d'utilisateurs, le TEXGroup, qui diffuse une revue, le TUGBoat. Le logiciel $\text{\TeX}$ reste encore un prototype, bien que la version définitive (!), appelée $\text{\TeX}$ 82, nous soit promise très prochainement. La Société Américaine de Mathématique a utilisé $\text{\TeX}$ pour éditer les deux numéros de juin et juillet 1982 des

Proceedings of the American Mathematical Society. Cependant, la version T_EX employée – l’une des toutes premières – s’étant révélée trop imparfaite pour un travail de production, elle a repris son procédé antérieur, en attendant l’avènement de T_EX 82.

Le géomètre bien connu, Michael Spivak, a rédigé la documentation [4] sur les “macros”, créées par la Société Américaine de Mathématique pour la mise en page de ses revues et la définition d’un grand nombre d’expressions mathématiques. Nous n’avons pas encore expérimenté ces “macros” au niveau local.

8. Les projets strasbourgeois. — Nous entendons tirer profit des possibilités offertes par T_EX et par UNIX, ces deux systèmes apparaissant très complémentaires. Il faut d’abord adapter T_EX à la langue française – la coupure des mots est toute différente en anglais – et à la typographie française. Un lecteur à l’œil averti se rendra compte que le présent article a une typographie anglo-saxonne, malgré le point-tiret apparaissant après le titre de chaque paragraphe; il n’y a pas non plus d’espace avant certains signes de ponctuation... C’est Jacques Désarménien qui, fort de son étude du langage METAFONT [10], se propose d’étudier ce problème. Dans son état actuel, T_EX est déjà proposé aux usagers du Centre de Calcul de Cronembourg.

Notre collègue Roland Strosser a mis au point un système documentaire destiné à l’édition d’index bibliographiques (cf. [11, 12]). Ce système est un outil efficace, très apprécié par nos collègues de la Faculté de Théologie Catholique de Strasbourg, leur permettant d’exploiter commodément l’indexation des huit mille documents qu’ils analysent chaque année. L’intention de Strosser est de prendre T_EX comme outil de sortie afin de disposer d’une belle typographie pour l’édition de ces index.

Les autres projets sont d’implanter T_EX et UNIX sur les deux petits ordinateurs que sont les PDP 11/34 et PDP 11/44 ... en attendant d’obtenir un VAX 780. Le Centre de Calcul de Cronembourg est avant tout un centre de service. Il nous est donc difficile de lui imposer une expérimentation de tous les instants. Par ailleurs, son gros ordinateur, l’UNIVAC 1110, est mal adapté pour le traitement de texte – une des tâches qui devient pourtant prépondérante en informatique – il ne dispose, par exemple, que d’un éditeur de texte très peu commode. Comme nous tenons à rester maîtres d’œuvre, nous poursuivrons nos études sur les deux ordinateurs PDP, en espérant que le matériel dont nous avons besoin (disques, imprimante à points, ...) arrivera assez vite. Il sera alors possible d’étudier les autres problèmes d’édition que sont les compositions de tableaux, de listings, de formules chimiques, de notes en bas de pages ou de notes situées tout autour d’un texte donné, comme dans certains ouvrages hébraïques (cf. par exemple [13]).

9. Conclusion. — L’expérimentation de T_EX s’est faite jusqu’ici à Strasbourg dans des conditions peu pratiques: nous faisons la saisie au centre ville et courons à l’extérieur pour obtenir la sortie graphique! Nous n’avons donc pas encore pu proposer ce service de composition aux autres collègues mathématiciens, ni initier qui que ce soit à ces techniques. C’est très dommage, car, sans être des fanatiques de ces nouveaux procédés, nous sommes convaincus qu’il faut les dominer maintenant pour conserver notre future indépendance d’esprit et accroître notre champ d’action. Par ailleurs, ces techniques ont déjà une influence sur la qualité mathématique des articles traités de la sorte. C’est David Robbins (I.D.A., Princeton), un grand adepte de T_EX, qui me disait écrire de meilleurs articles depuis qu’il les composait lui-même avec ce logiciel.

Remerciements. — L'informatique est une longue patience et sans la bonne volonté de beaucoup de personnes rencontrées comme Brian W. Kernighan, Chistopher J. Van Wyk (Bell Téléphone, Murray Hill), Normand Buckle (Université du Québec à Montréal), Michael J. Ferguson (Bell-Northern, Montréal) qui ont bien voulu me dispenser aide et conseil, j'aurais eu besoin d'un temps infiniment plus long pour m'initier à ces techniques de typographie informatique. J'ai, enfin, la chance d'être entouré des collègues strasbourgeois très expérimentés que sont Michel Kretz, Yves Roy, Roland Strosser et d'avoir été aidé dans la composition du présent article par Jacques Désarménien, qui devrait devenir ici notre premier T_EX Master.

REFERENCES.

- [1] KNUTH (Donald E.). — Mathematical Typography, *Bull. Amer. Math. Soc. (New Series)*, t. 1, 1979, p. 337-372.
- [2] KNUTH (Donald E.). — *T_EX and METAFONT, New Directions in Typesetting*. Bedford, Massachusetts, Digital Press, 1979.
- [3] KERNIGHAN (Brian W.) and CHERRY (Lorinda L.). — A system for typesetting mathematics, *Communications of the A.C.M.*, t. 18, 1975, p. 151-157.
- [4] SPIVAK (Michael). — *The Joy of T_EX. A gourmet guide to typesetting technical text by computer; version 0 with numerous explicit illustrations*. — Providence, Rhode Island, Amer. Math. Soc, 1982.
- [5] IREM de Strasbourg. — *Mathématiques, classe de première*. — Paris, Librairie Istra, 1982.
- [6] BASDEVANT (Jean-Louis). — Cours de Physique et Mécanique Quantique, 2 vol. Palaiseau, Ecole Polytechnique, 1982.
- [7] QUINT (Vincent). — TITUS, un système pour l'édition interactive des formules mathématiques, *Bigre*, t. 30 (à paraître).
- [8] The UNIX Time-Sharing Operating System, *Bell System Techn. J.*, t. 57, no. 6, part. 2, 1978.
- [9] GRUHN (Ann M.). — The Yorktown Formatting Language, User Guide; Research Report RC 8697 (#38019) 02.13.81. — Yorktown Heights, New York, IBM Research Center, 1981.
- [10] DÉSARMÉNIEN (Jacques). — Une étude de METAFONT, seconde thèse de doctorat, Strasbourg, 1982.
- [11] SCHLICK (Jean) et ZIMMERMANN (Marie). — *RIC 81, II (Répertoire bibliographique des institutions chrétiennes)*. — Strasbourg, CERDIC Publ., 1981.
- [12] SCHLICK (Jean) et ZIMMERMAN (Marie). — *RIC Supplément 67-68 (War, Peace and Violence, International Bibliography 1975-1981)*. — Strasbourg, CERDIC Publ., 1982.

[13] TALMUD, 20 vol. (en hébreu). — Israël, Pardes Publ., 1957.

Centre de Calcul de l'Esplanade
et Département de Mathématique
Université de Strasbourg
7, rue René-Descartes
67084 Strasbourg Cedex

Note ajoutée en cours d'épreuve: on trouvera une excellente bibliographie sur le traitement de texte dans:

ANDRÉ (Jacques). — Bibliographie analytique sur les “manipulations de textes”, *Technique et Science Informatique*, t. 1, 1982, p. 445-455.