

HÉLÈNE CHARNASSE

L'informatique musicale en 1974. Une méthode de traitement automatique de la musique ancienne

Journal de la société statistique de Paris, tome 115 (1974), p. 210-221

http://www.numdam.org/item?id=JSFS_1974__115__210_0

© Société de statistique de Paris, 1974, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Journal de la société statistique de Paris » (<http://publications-sfds.math.cnrs.fr/index.php/J-SFdS>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

L'INFORMATIQUE MUSICALE EN 1974 UNE MÉTHODE DE TRAITEMENT AUTOMATIQUE DE LA MUSIQUE ANCIENNE

(Communication faite le 16 janvier 1974 devant la Société de statistique de Paris)

In this article, one aspect of the use of information processing in musical research is evoked : the one when computers serve as a means of investigation for a better knowledge of music. For instance, a method for dealing with ancient music is indicated.

In diesem Artikel untersucht man die verschiedenen Gesichtspunkte hinsichtlich der Verwendung der Information zum Studium der Musik und zwar verwendet man den Ordinator als ein Mittel zu einer besseren Kenntnis der Musik. Als Beispiel gibt man eine Methode zum Studium der alten Musik.

En este artículo han evocado uno de los aspectos del uso de la informática en la investigación musical : este donde el ordenador sirve de medio de investigación para conocer mejor la música. Por ejemplo se habla de un método de tratamiento de la música antigua.

De nos jours, un renouvellement important des méthodes de recherche se produit dans toutes les sciences humaines. Littérateurs, historiens, philosophes, linguistes, empruntent aux sciences exactes leurs méthodes de raisonnement, tentent d'appliquer des modèles mathématiques à la résolution de leurs problèmes, s'annexent enfin certains outils de travail qui permettent d'approfondir leurs investigations et de leur donner le caractère rigoureux et objectif indispensable à toute science. Parmi ces outils, la première place revient, tout naturellement, aux ordinateurs.

La musique s'inscrit dans ce grand courant, et les compositeurs, les premiers, ont compris le parti qu'ils peuvent tirer d'appareils qui peuvent résoudre, en un temps infime, la plupart des problèmes théoriques inhérents à la composition musicale. Immédiatement après les premiers résultats obtenus par Lejaren Hiller, pionnier de cette nouvelle technique (*Suite Illiac*, 1956), diverses tendances se font jour : musique algorithmique, avec Pierre Barbaud (*Le Mystère de l'Atelier*, court métrage d'Alain Resnais, 1957), musique stochastique, créée par Iannis Xenakis qui introduit le calcul de probabilité (*Achorripsis*, 1956-1957), synthèse automatique de sons, etc. Les types les plus divers de recherche se font jour, suscitant des controverses incessantes. Le problème posé est, certes, d'un intérêt essentiel dans le domaine de la création artistique, mais notre propos n'est pas d'en disserter aujourd'hui. Nous évoquerons, en revanche, un autre aspect de l'emploi de l'informatique dans la recherche : celui où l'ordinateur sert de moyen d'investigation pour une meilleure connaissance de la musique elle-même, en un mot, d'auxiliaire à la musicologie.

La musicologie, cette science encore jeune et, de ce fait, très ambitieuse, est une discipline qui procède à la fois des sciences exactes par la matière dont elle traite (la musique, ne l'oublions pas est avant tout un phénomène acoustique) et des sciences humaines par

l'insertion de ce phénomène dans la vie artistique, culturelle et sociale des populations. Dépassant de beaucoup son propos initial qui était la recherche et l'étude des œuvres du passé en vue d'enrichir la connaissance du patrimoine artistique, elle vise de plus en plus à étudier le fait musical dans son intégralité, c'est-à-dire en le replaçant dans tout son contexte. Non content d'être un lecteur assidu des bibliothèques, dans l'espoir de découvrir des œuvres inconnues, le musicologue se doit aussi de pouvoir les présenter au public en les réinsérant dans leur cadre. Les commentaires qui accompagnent la plupart des disques actuellement dans le commerce montrent assez l'étendue des recherches à effectuer. Il faut, dans nombre de cas, arriver à identifier des œuvres qui ont traversé plusieurs siècles, pour nous parvenir sous forme de manuscrit ou d'imprimé anonyme; il faut encore procéder à de minutieuses analyses afin de déterminer la forme de la composition, ses caractéristiques de style, éventuellement l'attribuer à un auteur, ou, tout au moins, la rattacher à un pays ou une école, et, si possible la dater à quelques années près. Il faut, enfin, situer cette œuvre dans le contexte artistique, historique, social du temps, qu'il s'agisse de la Grèce antique, du Moyen Age européen, ou de la jeune République centrafricaine...

En dépit d'une spécialisation indispensable, les connaissances nécessaires s'avèrent pratiquement illimitées, dans l'espace et dans le temps. En outre, il ne semble pas présomptueux d'affirmer que, dans le cas de disciplines récentes comme celle-ci, le taux d'accroissement de ces connaissances dépasse de beaucoup la moyenne généralement admise de 100 % tous les dix ans. L'emploi des ordinateurs ne pouvait donc que tenter les musicologues, à la fois par les possibilités de stockage de l'information qu'ils autorisent et la finesse d'investigation qu'il est possible d'en obtenir. Comme à toute recherche, ils apportent, en outre, un caractère d'objectivité et de répétitivité dans le traitement auquel un être humain parvient difficilement.

Du fait de la pluridisciplinarité qu'elles autorisent, les universités américaines ont été les premières à introduire l'informatique dans la recherche musicologique (avant 1960). Après une période de travaux épars, opérés au gré des circonstances en fonction de projets individuels, de vastes programmes d'ensemble sont en cours d'étude. Les universités de New York, Princeton, Yale, Stanford, sont actuellement au premier rang dans le monde, mais chaque état a son centre d'informatique auquel étudiants et chercheurs ont accès.

En Europe, les premières recherches sont plus récentes, et essentiellement le fait de musicologues isolés. A Berlin, Uppsal, Aarhus, des travaux sont entrepris. A Paris, l'équipe E. R. A. T. T. O. (1) se spécialise dans la transcription automatique de notations musicales appelées « tablatures ».

Mise à part cette dernière orientation, la plupart des travaux sont dirigés selon les mêmes axes, répondant avant tout à des critères d'utilité immédiate.

La documentation automatique a été l'une des premières à être mise à l'étude. Sur le plan des *textes littéraires*, elle se manifeste sous un double aspect :

1. ÉCRITS SUR LA MUSIQUE

La principale réalisation, dans ce domaine, est le R. I. L. M., Répertoire international de littérature musicale, dont le siège est fixé au *Queens College* de New York. Depuis 1967, il recense méthodiquement tous les écrits qui paraissent sur la musique et publie, chaque

1. L'équipe se compose de : Hélène Charnassé, musicologue; Raymond Meylan, musicologue; Henri Ducasse, informaticien; Jean-J. Bernard, mathématicien; Ursula Gunther, musicologue. Elle a été créée dans le cadre du C. N. R. S. qui finance ses travaux.

trimestre, un répertoire. C'est un précieux auxiliaire pour le musicologue qui peut, ainsi, être au courant dans un délai relativement court, de tous les travaux effectués dans le domaine qui l'intéresse.

2. ÉCRITS MIS EN MUSIQUE

C'est le cas, notamment, des livrets d'opéra, des textes de chansons, de mélodies, de pièces religieuses. La constitution de fichiers d'incipits littéraires à consultation manuelle cède peu à peu la place à des fichiers automatisés, seuls susceptibles de fournir l'ensemble des renseignements désirés : repérage des œuvres écrites sur un même texte, localisation des sources littéraires, éventuellement identification d'auteurs. On imagine assez l'intérêt que présenterait la constitution d'un fichier exhaustif qui comprendrait à la fois les incipits de tous les poèmes écrits au cours du *xvi*^e siècle, et ceux des chansons composées à la même époque. Nombre d'anonymes pourraient, alors, être identifiés.

Sur le plan de la *documentation musicale* elle-même, la constitution de fichiers d'incipits musicaux (formés par les premières notes d'une œuvre) doit permettre d'arriver aux mêmes fins d'identification. De nombreux essais d'automatisation de tels fichiers sont entrepris, aussi bien aux U. S. A. qu'en France. C'est ainsi qu'un fichier d'une importance capitale, puisqu'il recense l'ensemble des œuvres conservées sous forme de manuscrits, du *xiv*^e au *xvi*^e siècle, établi à Paris par Nanie Bridgman, conservateur à la Bibliothèque nationale, est en cours d'automatisation. Les résultats attendus, concernant notamment le dépistage des œuvres identiques conservées dans des manuscrits différents, doivent dépasser de beaucoup la simple consultation manuelle.

Toujours dans le domaine de la documentation, la *recherche de variantes* à travers les différentes versions manuscrites et imprimées d'une même œuvre est appelée à connaître une très grande extension dans les années à venir. L'étude comparative effectuée dans le cadre de l'Université de Princeton, en vue d'une édition critique des messes de Josquin des Prés (ca. 1470-1521) montre assez l'apport des techniques modernes lorsqu'il s'agit d'un traitement de vastes dimensions.

De son côté, l'étude de la musique elle-même ne peut que gagner en finesse et en objectivité à l'emploi de l'ordinateur. De nombreux travaux concernant l'*analyse musicale* sont en cours. Analyse des accords qui composent une œuvre, ou *analyse harmonique*, analyse des sons et intervalles constitutifs d'une mélodie, ou *analyse mélodique*. Si la première peut s'effectuer manuellement, la seconde, lorsqu'il s'agit de mélodies extra-européennes, pose des problèmes parfois difficilement solubles. L'ordinateur, ici, arrive à se substituer à l'oreille humaine, analysant des courbes mélodiques, et fournissant au chercheur des résultats statistiques d'une précision absolue.

Il est enfin une tâche pour laquelle l'informatique rendra, un jour, les plus grands services au musicologue : la *transcription de musique ancienne*. Bien qu'il s'agisse d'un domaine jusqu'ici peu exploité, il est permis d'imaginer des développements d'un intérêt essentiel. Jusqu'à une date relativement récente, la musique n'a pas été présentée comme elle l'est de nos jours (1). Toutes les œuvres vocales et instrumentales sont notées en « parties séparées » (c'est-à-dire qu'un chœur à quatre voix, par exemple, n'est pas remis aux chanteurs sous forme d'une partition où les quatre parties sont superposées, mais par voix isolées, situées,

1. Ce n'est qu'au cours du *xviii*^e siècle que la présentation « en partition » s'est généralisée.

Comaço.

Enlaldama nro foga na otto ben en bo
anque nro fin ten... ar fino ar ar

ar El dolo quek fa feditur
se mianb vabedid mianb va bon

1102. Enlaldama nro gano

dite quek fase

297.

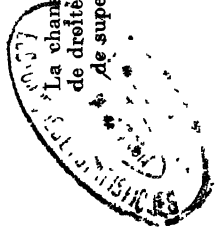
101. Enlaldama

El dolo

102. Enlaldama

PIÈCE VOCABLE MANUSCRITE, CANCIONERO MUSICAL DE PALACIO, ESPAGNE FIN XV^e, DÉBUT XVII^e SIÈCLE

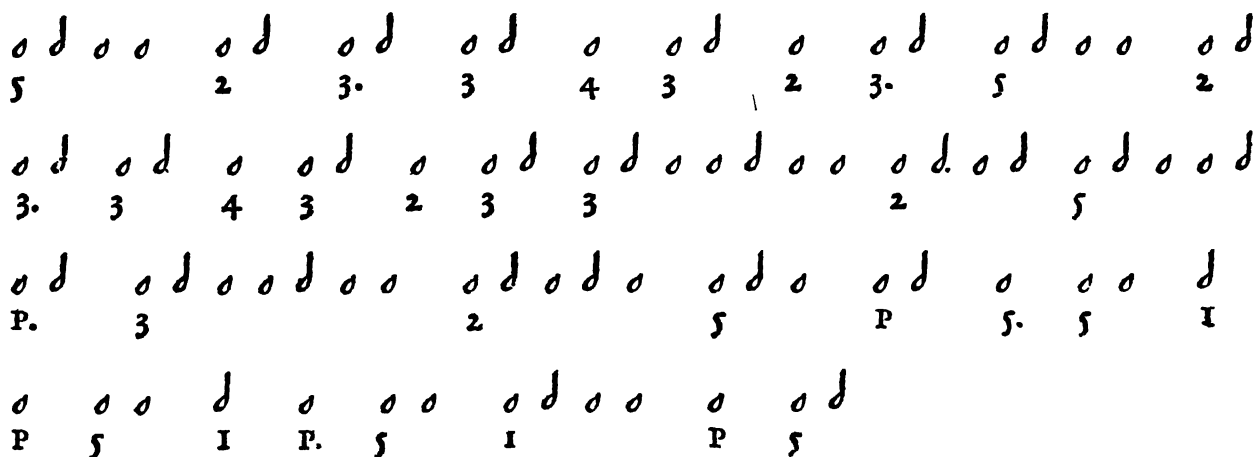
La chanson, à trois voix, est présentée ainsi : partie supérieure : premières lignes de la page de droite; partie inférieure (ténor), dernières lignes de la page de gauche et de droite. Les chanteurs, habitués à « chanter sur le livre », avaient l'habitude de superposer leurs voix sans avoir besoin du moindre repère. Pour les interprètes et mélomanes du xx^e siècle, l'œuvre ainsi notée reste inaccessible.



soit en regard les unes des autres, soit dans des volumes séparés). Pour connaître l'œuvre, ou pour la faire interpréter, il est nécessaire de faire une *transcription*. Gomme et crayon en main, le musicologue recopie patiemment chaque partie vocale, recherchant la bonne superposition par rapport aux autres voix. A notre connaissance, aucune recherche informatique importante n'est en cours pour automatiser cette tâche.

La transcription de musique instrumentale constitue, en revanche, le thème de recherche essentiel de l'équipe E. R. A. T. T. O., qui s'est spécialisée dans un type d'écriture appelé *tablature*. Il s'agit d'une notation par lettres et chiffres, en usages pour les instruments, qui permet aux interprètes d'exécuter les pièces musicales sans avoir à se poser la moindre question concernant le jeu : la position de chaque doigt leur est indiquée.

DANÇA LLAMADA LA ESPAÑOLETA LA QVAL 6
SE PONE A QVI A LA SEGVNDA LICION
aperfuasjon de una Dama que la pareçio ser todas estas
liçiones muy cortas.



B ij

NOTATION POUR GUITARE, 1^{re} moitié du xvii^e siècle.

Danse extraite du recueil de Luis de Briceno, *Método... para aprender a tañer la guitarra a lo español*, Paris, 1626. Cette notation pose encore de nombreux problèmes. Si l'on sait, en effet, que les chiffres et lettres représentent les accords à faire résonner, l'indication rythmique donnée par le groupement des rondes et des blanches reste encore à découvrir.

Or, si l'écriture en tablature était parfaitement claire pour un musicien du xvi^e ou du début du xviii^e siècle, peu de mélomanes sont capables de la déchiffrer de nos jours, d'où la nécessité, une fois encore, de transcrire les recueils ainsi conservés. Il s'agit là d'un travail de spécialistes, que seul un petit nombre de musicologues peut effectuer. L'équipe E. R. A. T. T. O. s'est donc fixé pour but d'obtenir, à partir d'une simple recopie codée de la tablature, une transcription en notation moderne, la plus proche possible des éditions

TABLATURE DE LUTH, VENISE, 1564

L'instrument utilisé possède six rangs de cordes, aussi la tablature comporte-t-elle six lignes. Des chiffres indiquent ici la position des doigts de la main gauche. Au contraire, toutefois, de la tablature française, la notation italienne se lit de haut en bas; la corde la plus grave est représentée par la ligne supérieure, la plus aigüe par le ligne inférieure.

actuellement en usage. Les résultats déjà acquis permettent d'espérer qu'un jour, grâce au traitement informatique, nombre de recueils musicaux, restés méconnus du fait de leur notation, pourront être diffusés.

Bien que les travaux n'en soient, pour la plupart, qu'à leurs débuts, il n'est pas douteux que l'informatique retienne de plus en plus l'attention des musicologues par les immenses possibilités qu'elle offre. La preuve en a été fournie par l'intérêt avec lequel ont été suivies les Journées d'étude « Informatique musicale » organisées, en octobre dernier, dans le cadre du C. N. R. S. (1). En outre, les résultats déjà obtenus, bien que fragmentaires, encouragent à persister dans cette voie. Ils apportent le témoignage que l'ordinateur est utilisable pour effectuer toutes les tâches susceptibles d'automatisation. Mais il est entendu que, là, se limite son emploi. Dès qu'il s'agit d'établir un jugement en matière d'interprétation musicale, ou d'esthétique en général, le musicologue doit intervenir pour apprécier les résultats fournis. C'est lui, et lui seul, qui détient le pouvoir de décision, car il possède des critères de choix qui permettent de détecter, au travers de la masse d'informations fournies par l'ordinateur, celles qui peuvent être considérées comme valides, et, au contraire, celles qui doivent être abandonnées. Dans ce domaine, aucun programme, fût-il des plus perfectionné, ne pourra, en effet, remplacer le goût et la culture d'un bon musicien...

Hélène CHARNASSE

Maître de Recherche au C. N. R. S.

1. Ces journées, organisées par l'équipe E. R. A. T. T. O., avaient pour but de faire le point des travaux entrepris ou utilisables par des musicologues. Cf. *Journées d'étude informatique musicale, Textes des conférences*, H. Charnassé et H. Ducasse, éd., Paris, C. N. R. S., Centre de documentation sciences humaines, 1973.

UNE MÉTHODE DE TRAITEMENT AUTOMATIQUE DE LA MUSIQUE ANCIENNE

Les formes d'expression ont beaucoup varié depuis les débuts de l'écriture musicale. La musique vocale, puis la musique instrumentale ont subi les premières évolutions. On peut dire qu'ensuite, les formes d'expression ont évolué avec les moyens d'expression, dont la dernière est aujourd'hui, une écriture numérique, générée par ordinateur et exécutée, par exemple, à l'aide d'un synthétiseur de sons.

Entre le xvi^e et le xviii^e siècle, certaines œuvres instrumentales pour luth ou autres instruments (orgue, guitare, harpe, cistre, etc.) furent écrites suivant une notation particulière appelée *tablature*. Pour le luth, les codes de ce langage sont composés de lettres et/ou de chiffres et représentent avec précision le jeu de la main gauche d'un luthiste, indiquant pour cela, la corde à presser sur le manche, la case où elle doit être pressée et la durée minimum des sons à émettre. Dans certaines notations en tablature, on trouve des précisions d'interprétation sur le jeu de la main droite, la tenue de certains accords, les ornements à ajouter.

FF FFFF FF se deso es c l o !	FF FFFF ez z esep m n	FFF FF FFFF eso sz esen o c m l	FFF FF FFFF ohz oh nhzh n f	FFFF FF d4do se n i do j j j	FFFF s 9v9i n c
--	-----------------------------	--	-----------------------------------	---------------------------------------	-----------------------

FFF 9ve c+n j	FFFF FFF s esep eso d n nem j j j	FF FFFF FF do goi4 oi g2 j j	O n j
------------------------	--	---------------------------------------	-------------

Einfrölich wesen. 2 c	FFFF o ozcn m s x y	FF FF oo os ns od m2 n	FFF FFFF FFFF e se peso seps o d 2 j	FFFF FF FFFF esco si oi4i o n 2
--------------------------	------------------------------	---------------------------------	---	--

FF FFFF FFF od odos od4 2 2 m xl	FF FF od os ng in n xl	FF FFFF FFFF so sod4 dosf n n d j j j	FFFF FFFF soec enso dzn s em l 2 2 +	FF FF do oi g2 g1 ja 4	FFF FF o2l oc a 24
---	---------------------------------	--	---	---------------------------------	--------------------------

Exemple 1 : Tablature de luth allemande (*Ein frölich wesen., Tabulatur auf die Lautten*, Hans Gerle, 1533, fo XIX v^o — XX v^o)

Nombreux sont les recueils écrits dans cette notation et conservés tels quels jusqu'à nos jours. Rares sont les musicologues ou musiciens qui transcrivent entièrement ces recueils car le travail est fastidieux. Il faut citer cependant les remarquables travaux de l'équipe du CHŒUR DES MUSES qui transcrit des tablatures, sous la direction de M. Jean Jacquot (C. N. R. S.).

La transcription peut se décomposer en trois étapes dont les frontières sont plus ou moins définies, mais qui se caractérisent par les moyens qu'elles mettent en œuvre.

La première est certainement commune à l'ensemble des recherches puisqu'elle constitue la phase de dépouillement et d'analyse de la tablature. Les moyens sont surtout

13. Ein frölich wesen., folio XIX verso - XX verso.

The image displays four systems of musical notation for the piece 'Ein frölich wesen.'. Each system consists of a standard musical staff with a treble clef and a bass clef, followed by a line of lute tablature. The tablature uses letters (a, b, c, d, e, f, g) and numbers (1-5) to represent fret positions on the strings. The first system of tablature includes some numbers in circles, such as '2', '3', and '5'. The second system includes a circled '4'. The third system includes circled '1's and '2's. The fourth system includes circled '2's and '4's.

Exemple 2 : Début de la *transcription brute* de *Ein frölich wesen*, *Tabulatur auf die Lautden*, Hans Gerle, 1533, f° IXX v°
XX v° (tracée sur unité graphique Benson)

La première phase délicate est le langage d'entrée. Prenant en considération que la qualité première d'une transcription brute est d'être fidèle à l'original, l'élaboration de ce langage s'en trouve simplifiée. En effet, la tablature signale généralement les notes, les silences, les durées, les barres de mesure. Quelques tablatures mettent en évidence certaines précisions supplémentaires.

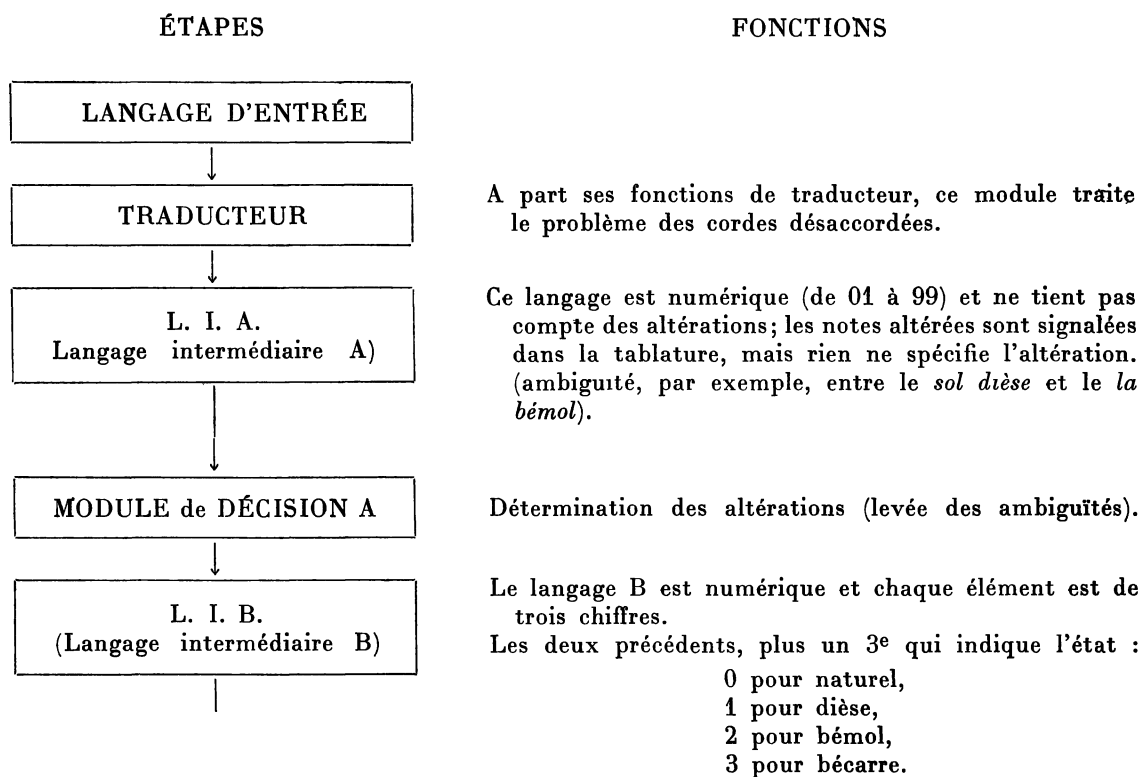
Dans le cas présent, ce langage sera constitué :

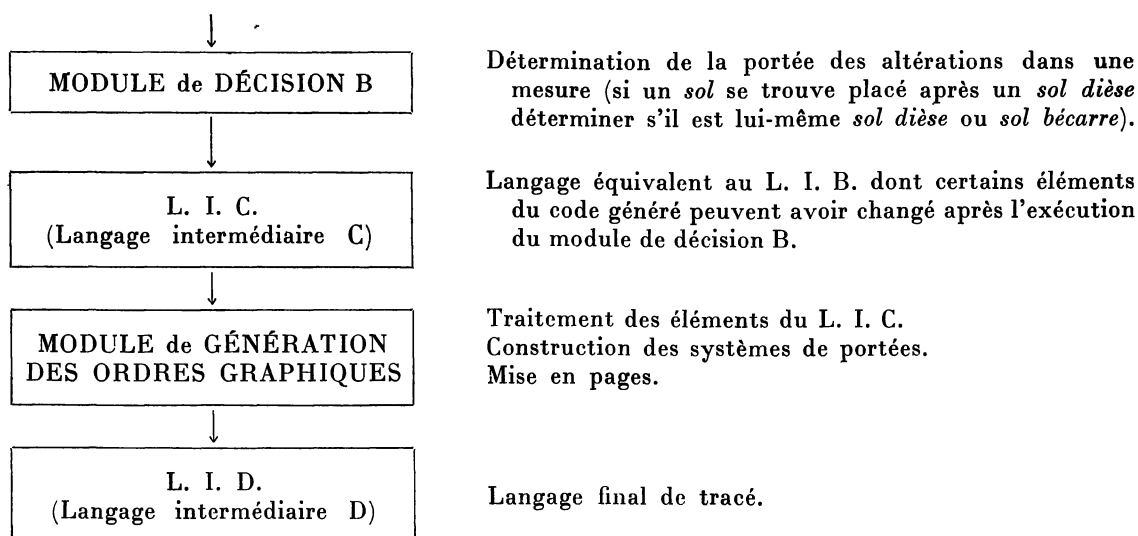
- d'une carte titre, indiquant le titre de la pièce, son numéro de position dans le recueil et les références de pagination;
- d'une carte indiquant certains paramètres (code de tablatures, cordes désaccordées, etc.);
- des cartes du code de la pièce.

La deuxième phase est, avant même le traitement, la prévision et l'étude de la présentation des résultats. Nous avons choisi d'utiliser le traceur graphique qui permet une édition satisfaisante en écriture moderne. Une partie du traitement sera donc orientée vers la génération d'un code particulier au traceur. La mise en page posera certains problèmes, notamment celui de la justification à droite, celui du saut de page en fin de pièce.

Le traitement

Les éléments d'entrée et de sortie étant ainsi définis, nous pouvons présenter la décomposition du traitement. Nous utiliserons pour cela une représentation schématisée.





2. La transcription élaborée

Nous avons déjà donné quelques détails sur le déroulement de cette étape — la troisième — que nous considérons comme essentielle.

En présence de la transcription brute précédente, le musicologue pourra ajouter à la main les figures musicales nécessaires pour donner à cette épreuve intermédiaire un caractère personnel et définitif. Pour obtenir la transcription élaborée, nous utiliserons un système de dialogue, constitué d'un matériel spécialisé comprenant une console avec clavier et écran, gérée par un programme de dialogue dont les ordres permettront les corrections souhaitées.

En particulier, ce programme doit permettre l'affichage sur l'écran d'une page de la transcription brute, pour que l'utilisateur ait la même source que le musicologue. Les figures pouvant être ajoutées à cette image constitueront le *menu* qui sera lui-même affiché. A l'aide des ordres du programme de dialogue, l'utilisateur pourra établir un dialogue du genre : « Mettre telle figure (appartenant au menu) à tel endroit de la page de la transcription brute ». Les positions de la figure choisie dans le menu et celle de son emplacement seront précisées à l'aide d'un photostyle, dispositif permettant d'introduire dans un ordinateur les coordonnées d'un point de l'écran. L'ordre sera immédiatement exécuté et la figure désirée devra apparaître à l'endroit voulu. Les corrections se poursuivront ainsi jusqu'à ce que la transcription brute affichée soit l'image de la transcription brute corrigée par le musicologue. L'utilisateur pourra ensuite demander les pages précédentes ou suivantes et ainsi continuer à vérifier ou corriger.

Ce système n'est pas encore réalisé, mais toute l'étude est terminée. Le seul point délicat reste la composition des figures complexes. Le résultat de ce traitement sera tracé avec les mêmes moyens que ceux utilisés pour la transcription brute et donnera un exemplaire prêt au tirage.

Cette présentation est sommaire et divers problèmes ont été volontairement écartés pour la rendre plus simple et, nous l'espérons, compréhensible. Notre but était de présenter une démarche informatique de traitement d'un langage musical.

L'utilisation de l'informatique est intéressante dans toutes les phases de recherche où la rigueur, l'automatisme et la précision sont présentes. Il est indiscutable que l'ordinateur ne peut pas remplacer l'homme dans toutes ses fonctions intellectuelles, mais il n'en demeure pas moins qu'il est un facteur de progrès et que, par sa rapidité d'exécution et ses moyens de mémorisation, il est un puissant outil au service de la recherche.

Henri DUCASSE

Attaché de recherche au C. N. R. S.

DISCUSSION

M. A. DANZIN. — L'important, dans ce qui vient de nous être dit, c'est que, sous l'influence de l'informatique, la musicologie en elle-même a fait des progrès certains. En fait, il ne nous a été parlé que de musicologie et pas d'informatique, ce qui montre bien que l'informatique n'a été utilisée que pour ce qu'elle doit être, c'est-à-dire un outil d'exécution dont l'emploi oblige à une réflexion profonde sur le sujet traité. Le même phénomène s'observe en médecine dans l'aide au diagnostic, en éducation dans l'aide à l'enseignement par ordinateur, et même en gestion où l'introduction de l'informatique remet en question les schémas d'organisation. C'est en cela que l'informatique apparaît comme un instrument fondamental pour l'évolution des civilisations: elle oblige à quantifier ce qui, avant étude approfondie, apparaissait inquantifiable, et l'introduction des moyens informatiques est probablement la seule formule capable de faire progresser les sciences humaines vers l'efficacité des sciences exactes.

Quant à la question de savoir s'il faut pousser les programmes à un point de perfection tel qu'il n'apparaisse plus d'erreurs, je crois que la réponse est non. Si, comme M. Ducasse nous l'a dit, la transcription d'une tablature du *xvi^e* siècle en écriture musicale classique s'exécute aujourd'hui, avec les « software » — excusez-moi, les « logiciels » — mis au point, avec 98 % d'exactitude et 2 % d'erreurs, le résultat essentiel est acquis. Aller plus loin dans la perfection serait probablement anti-économique, et la perfection totale aurait cet inconvénient de faire disparaître l'intervention humaine de correction qui fait pénétrer dans l'esprit de l'opérateur le texte musical et, en l'appliquant à un travail concret, même apparemment fastidieux, a l'avantage de donner un contact réel — et irremplaçable — entre l'homme, la machine et l'œuvre d'art.