

- I) Histoire de l'ordinateur
- I) Musique et ordinateur : Jean-Claude Risset et al.
- I) La musique spectrale, musique des objets sonores complexes

## I) Histoire de l'ordinateur

### La machine comme moyen d'automatisation des calculs

1617 : John Napier (1550-1617)

**II**  
**LOGARITHMES DES NOMBRES DE 1 A 10 000**

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	00 000	043	087	130	173	217	260	303	346	389
1	432	475	518	561	604	647	689	732	775	817
2	860	903	945	988	*030	*072	*115	*157	*199	*242
3	01 284	326	368	410	452	494	536	578	620	662
4	703	745	787	828	870	912	953	995	*036	*078
5	02 119	160	202	243	284	325	366	407	449	490
6	531	572	612	653	694	735	776	816	857	898
7	938	979	*019	*060	*100	*141	*181	*222	*262	*302
8	03 342	383	423	463	503	543	583	623	663	703
9	743	782	822	862	902	941	981	*021	*060	*100

*(Note: The table includes additional columns for numbers 44 and 43 on the far left, and numbers 1 through 9 on the far right, which are partially cut off in the image.)*

## I) Histoire de l'ordinateur

### La machine comme moyen d'automatisation des calculs



1642



## I) Histoire de l'ordinateur

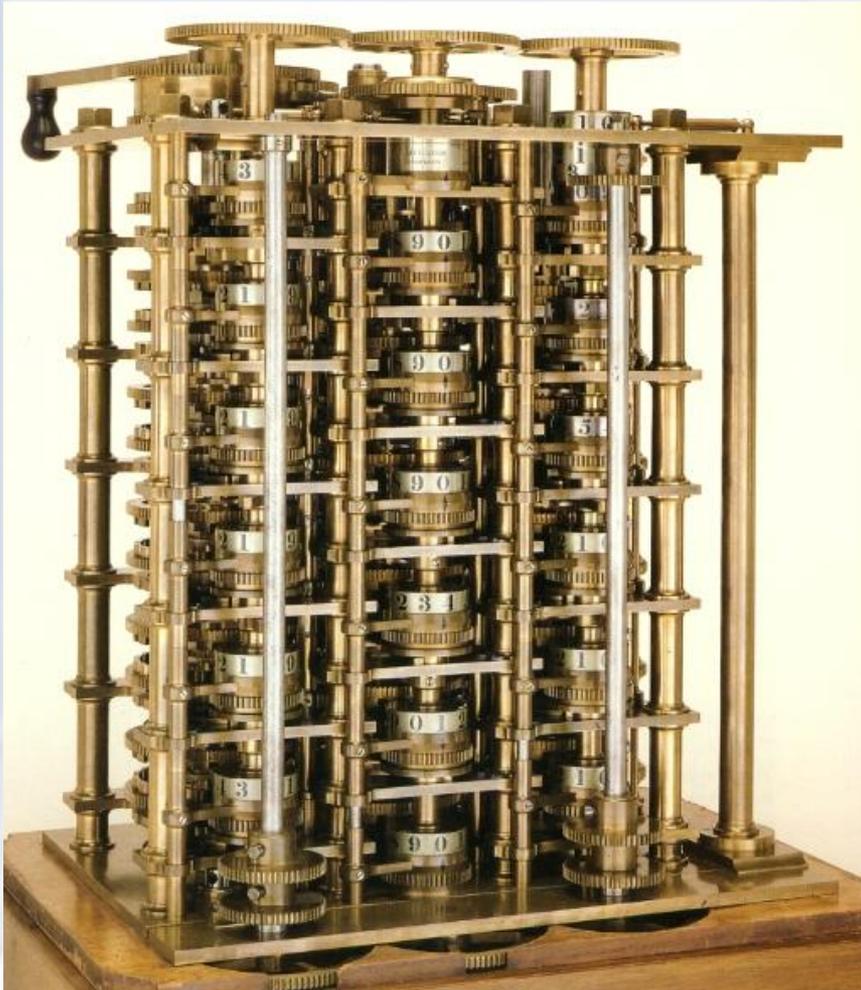
**1805**

**Joseph-Marie Jacquard** construit le premier métier à tisser entièrement automatique et commandé par un système de **cartes perforées**



## I) Histoire de l'ordinateur

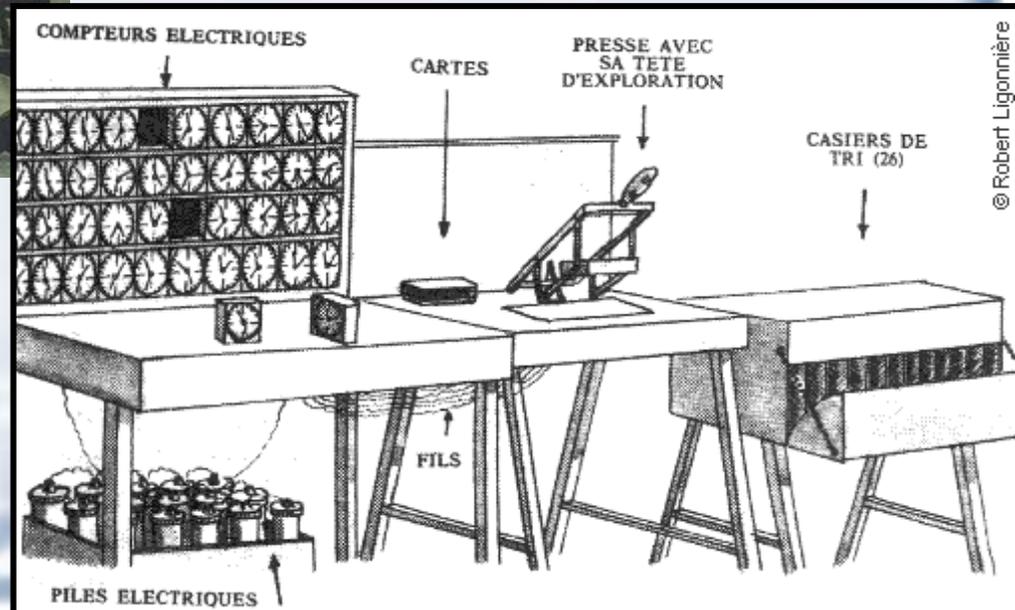
1842.



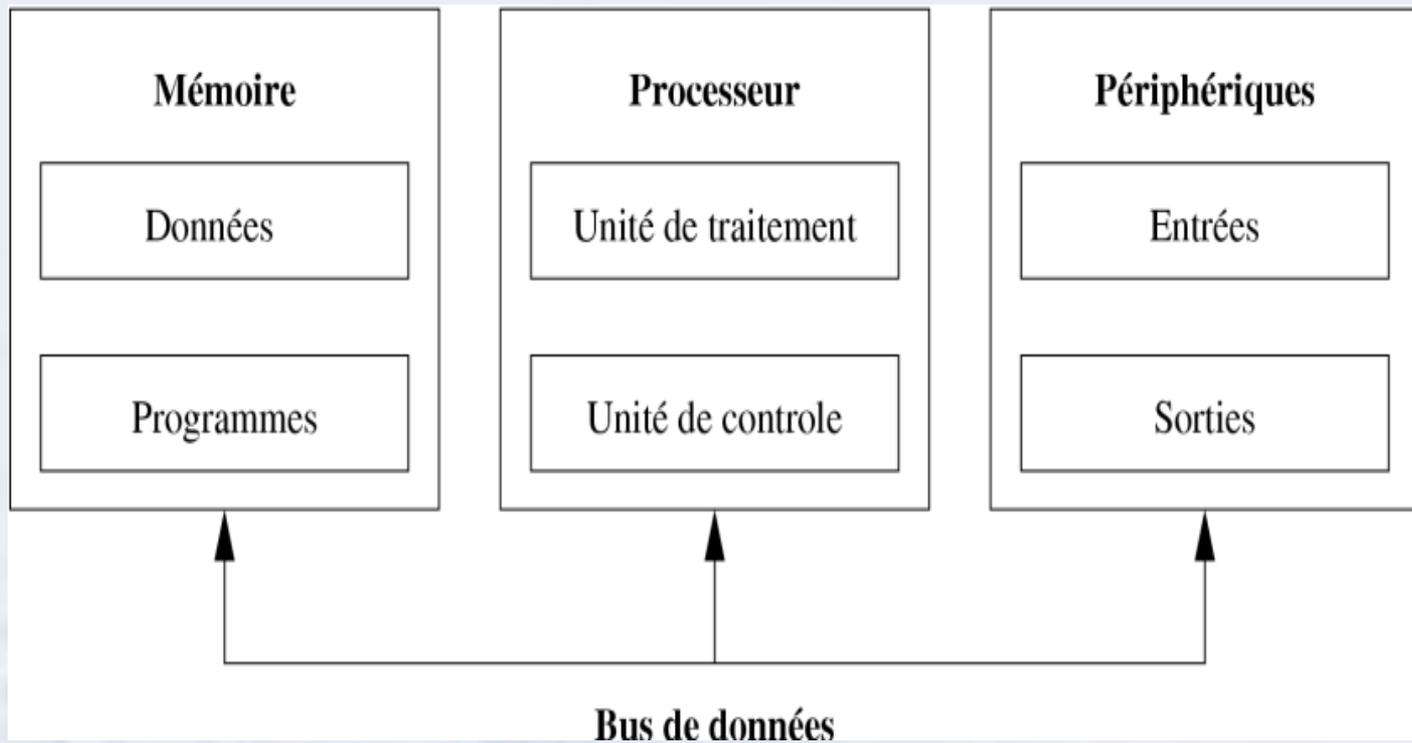
**Charles Babbage**  
conçoit sa machine  
analytique

## I) Histoire de l'ordinateur

**Herman Hollerith conçoit un système pour enregistrer  
traiter les données accumulées au cours du recensement américain de 1890**



## I) Histoire de l'ordinateur



## I) Histoire de l'ordinateur

1854

$A$	$B$	$A \times B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$A$	$B$	$A + B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

$A$	$\overline{A}$
0	1
1	0

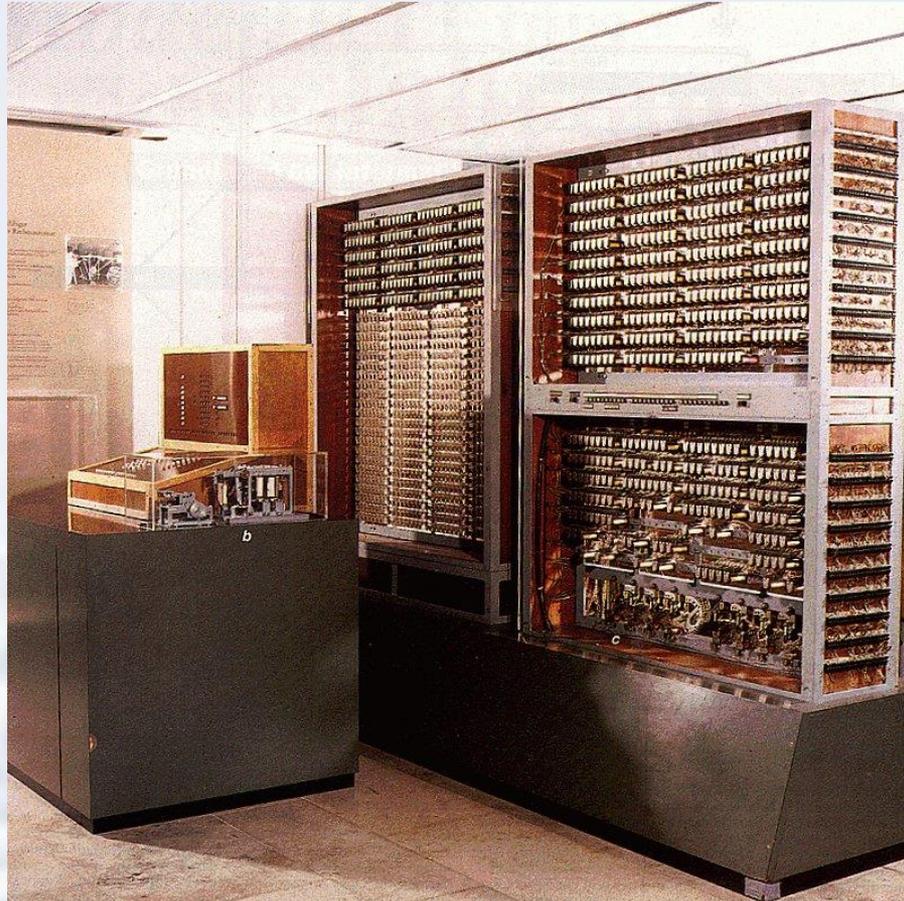
TAB. 1.1: Tables de vérité des opérateurs booléens ET, OU et NON

**George Boole** publie *Analyse mathématique de la logique* (1847) et *Lois de la pensée* (1854).



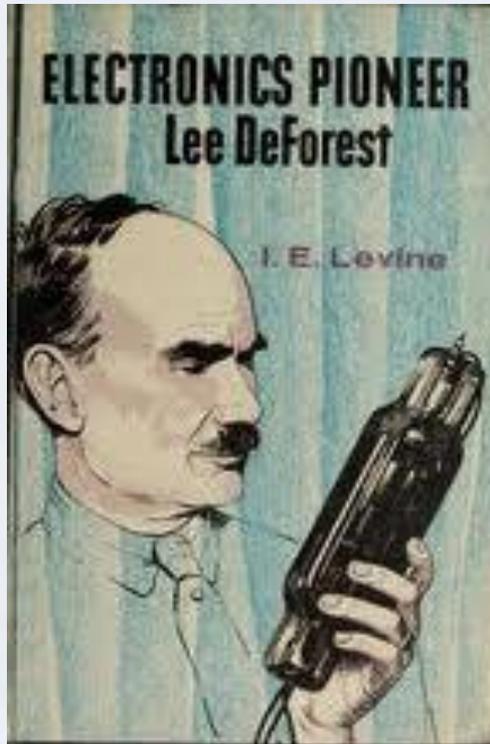
## I) Histoire de l'ordinateur

L'allemand Konrad Zuse construit un calculateur électromécanique binaire et programmable.



## I) Histoire de l'ordinateur

### Première génération d'ordinateurs : le passage à l'électronique



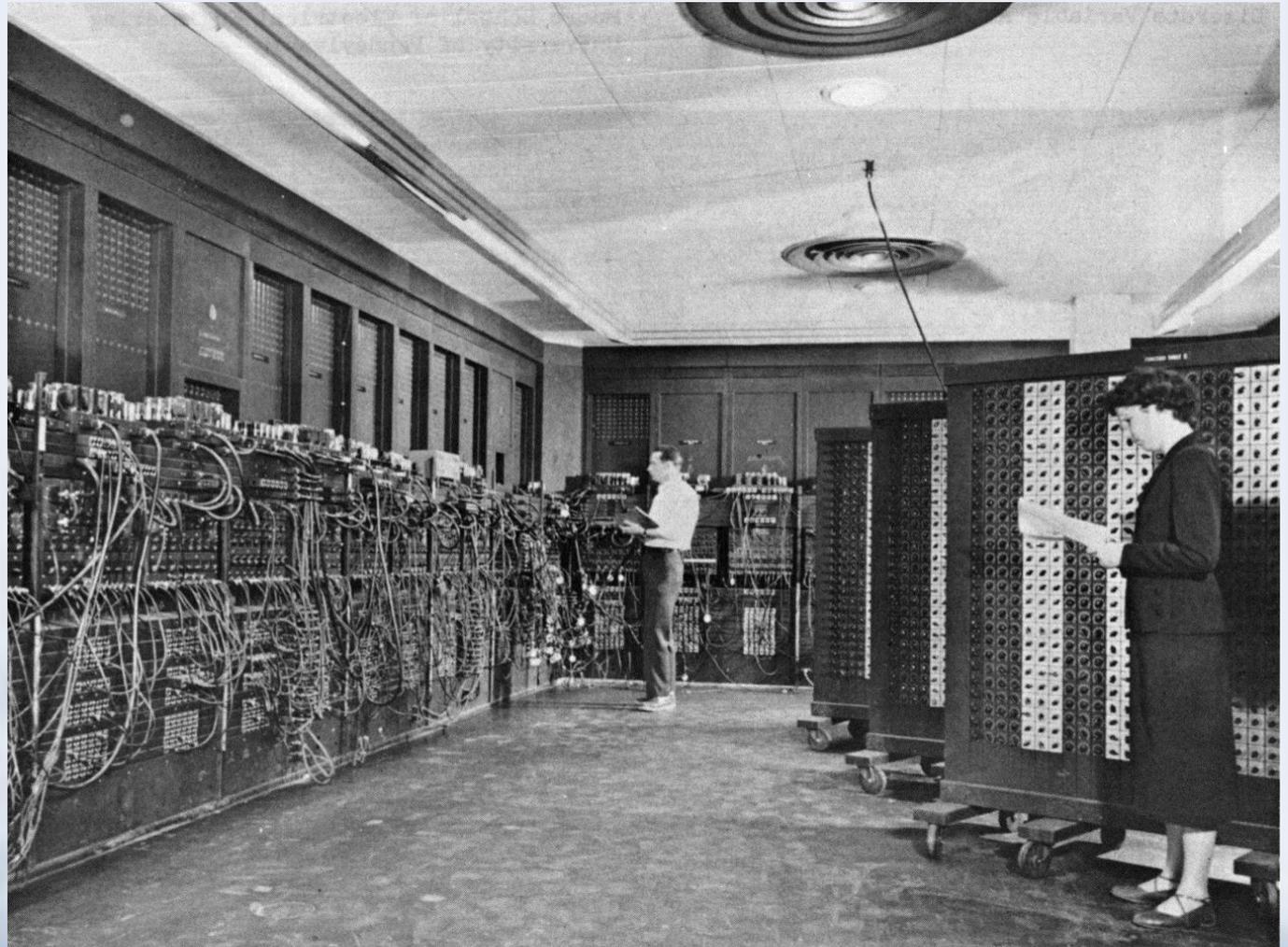
- 1883 : Thomas Edison découvre qu'une lampe sous vide permet le passage du courant d'une électrode à une autre.
- 1897 : « découverte » de l'électron (J.J. Thomson)
- 1904 : invention de la valve ou diode par John Fleming
- 1907 : invention de la lampe triode (audion), permettant l'amplification d'un signal électrique

Passage de la radiotélégraphie à la radiodiffusion.

## I) Histoire de l'ordinateur

### Première génération d'ordinateurs : le passage à l'électronique

ENIAC  
1945



## I) Histoire de l'ordinateur

2<sup>ème</sup> génération d'ordinateurs : l'ère du transistor



## I) Histoire de l'ordinateur

### 2<sup>ème</sup> génération d'ordinateurs : l'ère du transistor

**1955**

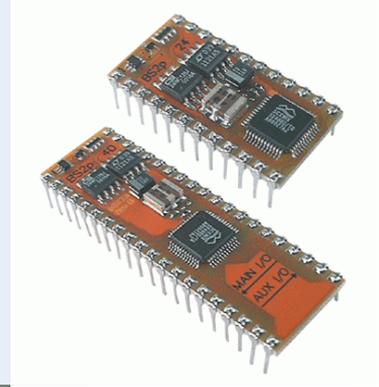
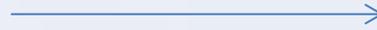
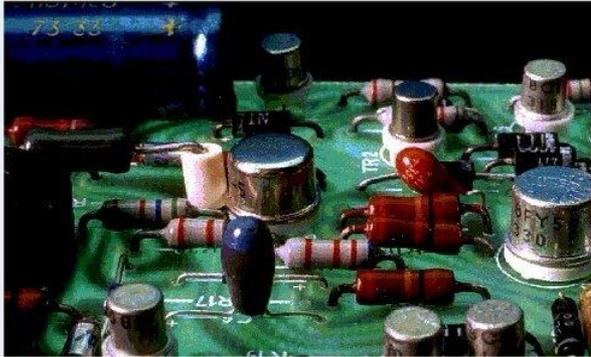
**TRADIC** (for **TR**Ansistor **D**igital Computer or **TR**ansistorized **A**irborne **D**igital Computer)

Bell Laboratories



## I) Histoire de l'ordinateur

3<sup>ème</sup> génération d'ordinateurs : l'ère des circuits intégrés



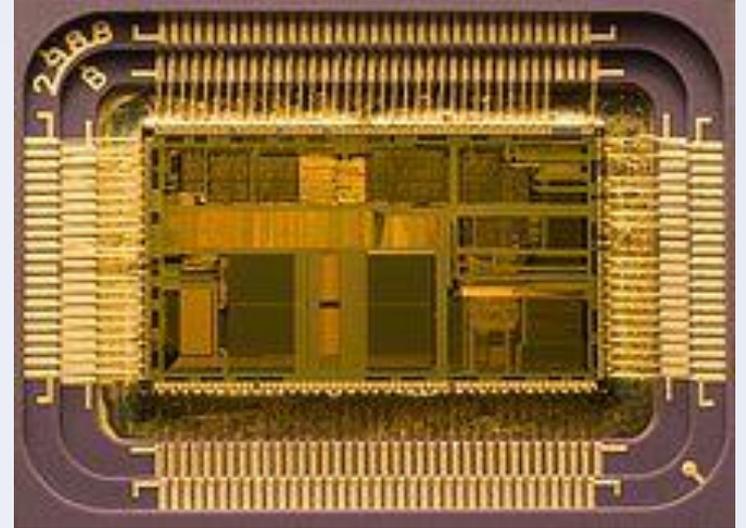
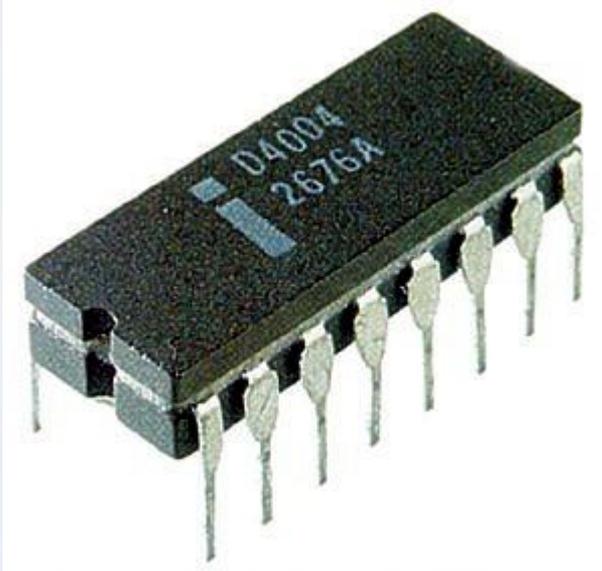
**1964**

premier  
ordinateur à  
utiliser des  
circuits  
intégrés: le  
IBM 360



## I) Histoire de l'ordinateur

4<sup>ème</sup> génération d'ordinateurs : l'ère des microprocesseurs



## II) Musique et ordinateur : Jean-Claude Risset et al.

Années 1960-1970 : 3 grandes familles de dispositifs informatiques

- L'ordinateur pour formaliser la musique (outils d'écriture – analyse de la partition)
- L'ordinateur pour écouter- faire de la musique avec les sons (production et travail du son)
- L'ordinateur pour construire-jouer-composer avec de nouveaux instruments (lutherie et création instrumentale)

**Tableau n° 1**

Composition musicale et ordinateurs :  
les faits marquants des années 1960,  
dans le contexte français

Écriture de la partition	Année	Production des sons
Première de 7, pièce de Pierre Barbaud	1960	
Première de ST/10-1, pièce de Iannis Xenakis	1962	
	1963	Max Mathews publie dans la revue <i>Science</i> : "The digital computer as a musical instrument", un article qui fait connaître ses recherches dans le monde entier
En France, au mois de mai, organisation du premier concert public consacré à la "musique calculée" (pièces de Barbaud, Xenakis, Philippot)	1964	Jean-Claude Risset part aux USA rejoindre l'équipe de Max Mathews aux laboratoires Bell Telephone
	1967	Version V du programme MUSIC, mis au point par l'équipe de Max Mathews
	1968	Jean-Claude Risset compose à l'aide de MUSIC V une <i>Suite pour ordinateur</i> (pour la pièce de théâtre <i>Little Boy</i> de Pierre Halet)
	1969	Jean-Claude Risset compose la pièce <i>Mutations</i> Il prépare et diffuse un catalogue de sons, à produire avec MUSIC V

D'après :

<http://www.tscimuse.org/biblios/veit/>

**[p. 196] Tableau n° 2**

Composition musicale et ordinateurs :  
les innovations à partir des années 1970,  
en France et aux USA

Outils d'analyse-écriture de la partition	Atelier de production-travail du son	Atelier de lutherie et de création
	<b>1969</b> Aux USA, Max Mathews élabore un système de synthèse sonore commandé par des gestes : <i>Groove</i>	
<b>1973</b> Avancées dans le domaine de l'analyse informatique des partitions (aux USA, travaux d'Allen Forte, en France de Patrick Greussay et d'André Riotte)	<b>1970</b> Aux USA, John Chowning met au point un nouveau type de programme de synthèse sonore, par <i>modulation de fréquence</i>	<b>1970</b> Aux USA, Pierre Ruiz met au point un programme pour simuler des cordes vibrantes
	<b>1978</b> En France, Xavier Rodet (IRCAM) élabore un nouveau type de programme de synthèse sonore, inspiré de la voix, <i>CHANT</i>	<b>1978</b> En France, mise au point du premier dispositif gestuel pour communiquer avec l'ordinateur, avec ses sens et sa force physique (équipe de l'ACROE)
	<b>1981</b> En France, mise au point de dispositifs puissants et temps-réel de synthèse sonore, la <i>4X</i> (équipe de l'IRCAM) et <i>Syter</i> (équipe du GRM)	<b>1979</b> En France, première version d'un programme pour simuler tout corps sonore vibrant, <i>CORDIS</i> , qui sera connecté au dispositif gestuel précédent (Claude Cadoz, ACROE)

## II) Musique et ordinateur : Jean-Claude Risset et al.

RAPPELS A PROPOS DES ORDINATEURS	AIDE A LA GENERATION ET COMPOSITION DES SONS	AIDE A L'ECRITURE DES PARTITIONS	LES LIEUX DE RECHERCHE MUSICALE EN FRANCE
<p>1945 : aux USA, John von Neumann pose les principes de l'ordinateur</p> <p>1945-1951 : construction des premiers ordinateurs dans les universités aux USA et en GB</p> <p>1951 : commercialisation des premiers ordinateurs à usage civil</p> <p>1953-1956 : écriture des premiers langages de programmation des ordinateurs</p>	<p>1957 : aux USA, dans les laboratoires de la société Bell Telephone, réalisation des premières "synthèses" numériques de sons, par Max Mathews et ses collaborateurs</p>	<p>1956 : aux USA, à l'Université de l'Illinois, première exécution d'une partie de l'<i>ILLIAC Suite</i>, écrite grâce au recours à un ordinateur, par Lejaren Hiller et Leonard Isaacson</p>	<p>1951 : mise en place du Groupe de Recherche de Musique Concrète (GRMC), au sein de la Radio publique (la RTF), par Pierre Schaeffer, pionnier du recours aux outils de la radio pour composer de la musique</p>

## II) Musique et ordinateur : Jean-Claude Risset et al.

1959 : commercialisation des premiers ordinateurs à transistor, nettement plus rapides

Années 1960 : l'informatique tend à s'affirmer comme une nouvelle discipline scientifique

1962 : en France, le néologisme "informatique" est adopté

1959 : aux USA, version III du logiciel *MUSC*, de M. Mathews, qui s'imposera comme un modèle de logiciel pour écrire et produire des sons et séquences musicales

1963 : aux USA publication, dans la revue *Science*, de l'article de M. Mathews "The Digital Computer as a Musical Instrument", qui contribue à faire connaître dans le monde ses travaux en cours

1964 : le compositeur et chercheur français Jean-Claude Risset part aux USA, dans l'équipe de M. Mathews, mener sa thèse de physique sur des sons jusqu'alors difficiles à "synthétiser" : les sons cuivrés

1960 : en France première audition de *7*, une pièce de Pierre Barbaud, dont la partition a été calculée entièrement par un ordinateur Bull

1962 : en France, première audition de *ST/10-1*, une pièce de Iannis Xenakis, dont la partition a été partiellement calculée par un ordinateur IBM

1963 : en France, publication du livre *Musiques formelles*, dans lequel I. Xenakis théorise ses pratiques

1964 : en France, premier concert public entièrement consacré à des œuvres de "musique calculée"

1958 : mise en place, à la RTF, du Groupe de Recherches Musicales (GRM), par P. Schaeffer qui contribue à instituer les projets reliant la création musicale, les travaux scientifiques et les recherches technologiques

## II) Musique et ordinateur : Jean-Claude Risset et al.

<p>1971 : aux USA, la société Intel met au point le micro-processeur, ce qui permettra la construction de micro-ordinateurs</p> <p>1973 : en France, commercialisation du premier (au monde) micro-ordinateur, le MICRAL, conçu et développé par F. Gemelle</p>	<p>1968 : aux USA, J. C. Risset compose avec <i>MUSC V</i> une <i>Suite pour ordinateur</i> où il donne à écouter combien l'ordinateur peut être un outil fin de composition des sons</p> <p>1969 : de retour en France, J.C. Risset contribue à faire connaître auprès des musiciens et des scientifiques les recherches en "synthèse" numérique des sons</p> <p>1970-1971 : en France, au GRM, amorce des recherches sur la "synthèse" et la transformation numérique des sons</p> <p>1972-1973 : en France, premières recherches de Claude Cadoz, qui l'amèneront à utiliser l'ordinateur pour simuler les objets matériels vibrant à l'origine des sons, ainsi qu'à co-inventer des périphériques gestuels permettant de manipuler ces corps sonores virtuels, en mobilisant les sens et l'énergie physique de l'utilisateur</p>	<p>1966 : en France P. Barbaud publie une <i>Initiation à la composition musicale automatique</i></p> <p>1969 : mise en place au sein de l'Université du Groupe Art et Informatique de Vincennes (GAIV) qui concerne aussi la musique</p> <p>1973 : en France, travaux de l'informaticien Patrick Greussay, membre du GAIV, sur la modélisation des partitions</p>	<p>1966 : fondation, par I. Xenakis, de l'EMAMu (Equipe de Mathématiques et Automatique Musicale)</p> <p>1975-1976 : mise en place de l'IRCAM, à Paris, et de l'ACROE, à Grenoble</p>
---	--	--	---

## II) Musique et ordinateur : Jean-Claude Risset et al.

### II.1) Max Matthews et le logiciel Music

M. V. Mathews, « The Digital Computer as a Musical Instrument », Science, New Series, Vol. 142, No. 3592 (Nov. 1, 1963), pp. 553-557

With the aid of suitable output equipment, the numbers which a modern digital computer generates can be directly converted to sound waves. The process is completely general, and any perceivable sound can be so produced. This potentiality of the computer has been of considerable use at the Bell Telephone Laboratories in generating stimuli for experiments in the field of hearing, and for generating speech sounds and connected speech in investigations of the factors which contribute to the intelligibility and naturalness of speech.

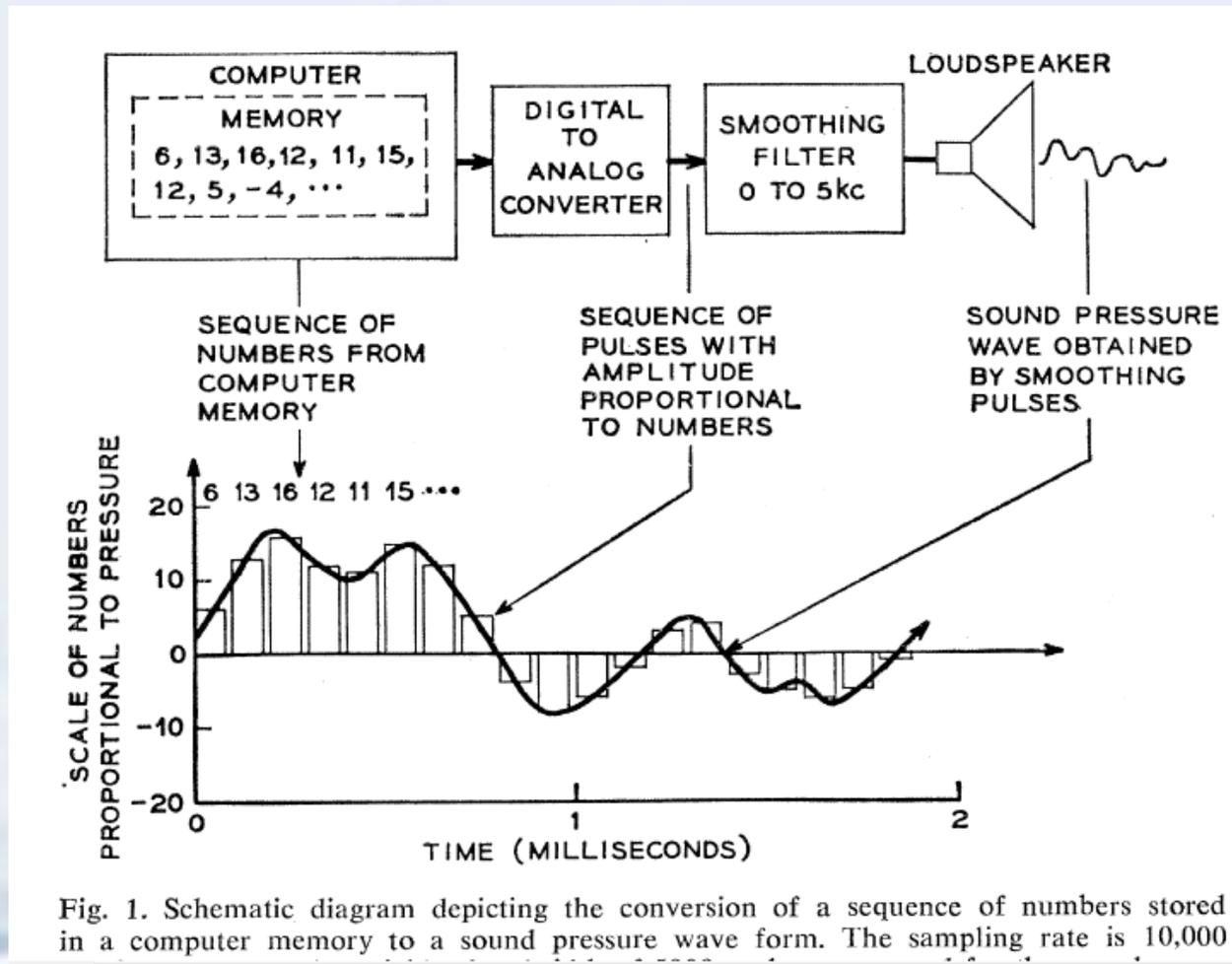
The quality of sound is of great importance in two fields—that of speech and communication and that of music. Our studies at the Bell Laboratories in the first of these fields have led us, over the past few years, to related studies in the production of musical sounds and their organization into musical compositions. I believe that this by-product of our work on speech and hearing may be of considerable value in the world of music, and that further work in this direction will be of substantial value in furthering our understanding of psychoacoustics.

There are no theoretical limitations to the performance of the computer as a source of musical sounds, in contrast to the performance of ordinary instruments. At present, the range of computer music is limited principally by cost and by our knowledge of psychoacoustics. These limits are rapidly receding.

## II) Musique et ordinateur : Jean-Claude Risset et al.

### II.1) Max Matthews et le logiciel Music

M. V. Mathews, « The Digital Computer as a Musical Instrument », Science, New Series, Vol. 142, No. 3592 (Nov. 1, 1963), pp. 553-557



## II) Musique et ordinateur : Jean-Claude Risset et al.

### II.1) Max Matthews et le logiciel Music

Table 1. A typical computer score. The corresponding conventional score is shown in Fig. 3.

Operation code	Instrument No.	Starting time (sec)	Duration (sec)	Loudness (arbitrary units)	Frequency (cy/sec)	Periodic vibrato		Random vibrato	
						Amplitude (cy/sec)	Frequency (cy/sec)	Amplitude (cy/sec)	Bandwidth (cy/sec)
Play	1	0.0	0.25	1	466	0	0	7.0	6
Play	1	.5	.25	3	698	0	0	10.5	7
Play	1	1.0	.125	5	698	0	0	10.5	7.5
Play	1	1.5	.125	7	698	0	0	10.5	8
Play	1	2.0	.25	9	932	0	0	14.0	8.5
Play	1	2.25	.125	10	784	0	0	11.7	9
Play	2	0.5	.50	1	116.5	1.7	6	0	0
Play	2	1.5	.25	5	156	2.3	7	0	0
Play	2	2.0	.125	10	233	3.5	8	0	0

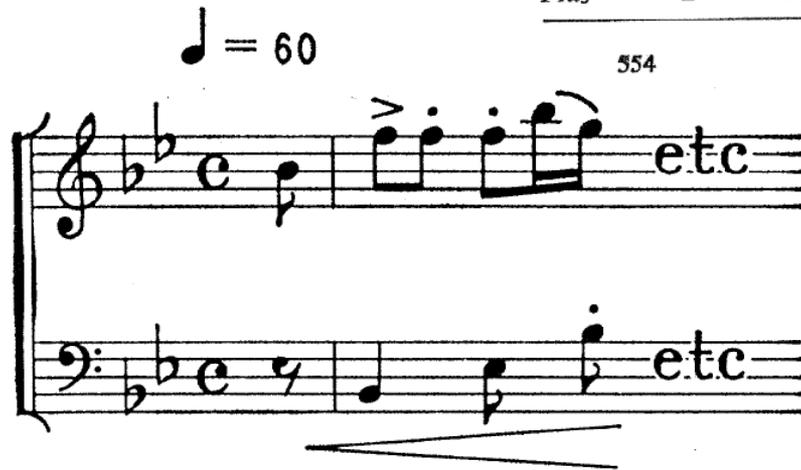
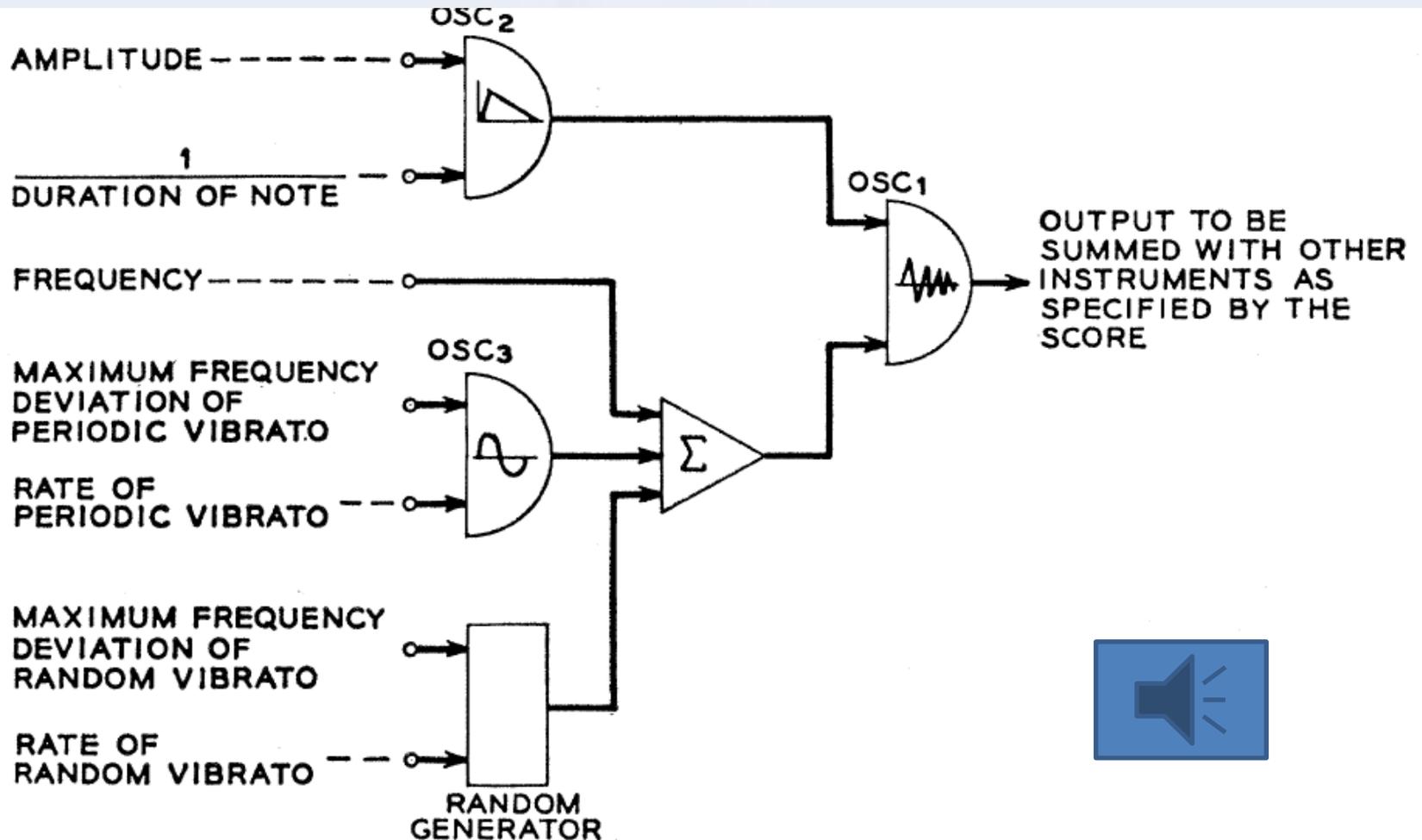


Fig. 3. A conventional score, corresponding to the computer score of Table 1.

## II) Musique et ordinateur : Jean-Claude Risset et al.

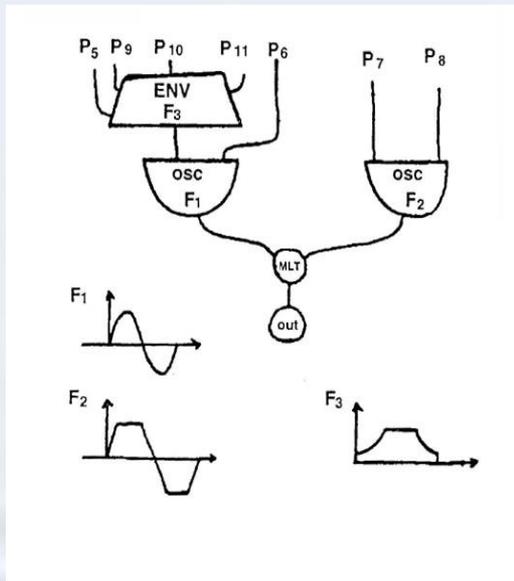
### II.1) Max Matthews et le logiciel Music



## II) Musique et ordinateur : Jean-Claude Risset et al.

### II.2) Jean-Claude : Risset « l'analyse par la synthèse »

Continuité du travail de Matthews : utilisation de MUSIC V



**Figure 1**

Exemple n° 550 : le diagramme représentant l'assemblage des modules simulés

```
COMMENT:-----JCR550-----;
COMMENT : PROLONGATION OF HARMONY INTO TIMBRE;
INS 0 1; ENV P5 F3 B3 P9 P10 P11 P30;OSC B3 P6 B3 F1 P29;
OSC P7 P8 B4 P28;MLT B3 B4 B3;OUT B3 B1;END;
INS 0 2;OSC P5 P7 B3 F4 P30;OSC B3 P6 B3 F1 P29;OUT B3
B1;END;
COMMENT:TO SET GENERAL CONVNT;
SV2 0 10 3 6 8 109;
SV2 0 20 2 6 -7;
GEN 0 2 1 1 1;
GEN 0 3 2 0 10 10 10 10 0 -10 -10 -10 -10 0;
GEN 0 6 3 10 .99 .99 10;
GEN 0 7 4 -9;
NOT .5 1 .6 18 424 18 1000 0.1 0 .6;
NOT .6 1 .6 18 727 18 1000 .01 0 .6;
NOT .9 1 3.6 18 424 18 1000 .01 0 .6;
NOT .9 1 .6 18 1542 18 2000 .01 0 .6;
NOT 1 1 3.5 18 727 1000 3.2 0 1 .2;
NOT 1.1 1 .6 18 1136 18 2000 .01 0 .6;
NOT 1.3 1 3.2 18 1542 18 2000 1.9 0 1.2;
NOT 1.4 1 .6 18 1342 18 2000 .01 0 .6;
NOT 1.5 1 3 18 1136 18 2000 1.9 0 1.2;
NOT 1.8 1 2.7 18 1342 18 2000 1.4 0 1.2;
COMMENT:TIMBRE ECHO TO PREVIOUS HARMONY;
NOT 4 2 10 400 273 10; NOT 4 2 7.5 200 455 7.5;
NOT 4 2 4.5 200 576 4.5;NOT 4 2 6.5 150 648 6.5;
NOT 4 2 4 150 864 4;
TER 15;
```

**Figure 2**

Exemple n° 550 : les données informatiques

## **II) Musique et ordinateur : Jean-Claude Risset et al.**

### **II.3) Claude Cadoz : modéliser les causes du son**

Fondée en 1976, l'ACROE oeuvre au rapprochement Art-Science-Technologie. Elle élabore et diffuse des concepts, des objets artistiques, des outils matériels et logiciels par des activités de recherche, création, formation et valorisation.

L'ACROE développe, dans l'**Atelier Son**, sous la responsabilité de C. Cadoz, des modèles physiques de chacun de ces composants et de leur couplage, basés sur le formalisme CORDIS-ANIMA :

#### **Structures vibrantes, formes et matières**

Cordes, membranes, enrichissement de structures (Cf Djoharian, Incerti); Etude des non-linéarités (Cf Castagné) ; Fatigue et mémoire dans les matériaux, fractures (Cf Fourcade, Cadoz)

#### **Modes d'excitation et les excitateurs**

Frottement d'archet, instruments à anche, percussion (cf Florens, Fourcade)

#### **Les recherches menées sur la structure vibrante comportent :**

- une étude formelle des réseaux topologiques et/ou géométriques servant de base à la construction des modèles. Elles mettent en relief les contraintes fondamentales liées aux discrétisations spatiales (modèles en réseaux) et temporelles (zones de stabilité, limites paramétriques, complexité de calcul).
- une étude quantitative des rapports entre paramètres physiques (masses, raideurs et viscosités), paramètres de simulation (grandeurs algorithmiques) et paramètres acoustiques (fréquences, modes, temps d'amortissement).
- La détermination de critères de la perception de la forme ou de la matière d'un corps sonore (Djoharian)
- l'étude de l'incidence de la définition spatiale des structures vibrantes (Thèse de Castagné, en cours)

### III) La musique spectrale, musique des objets sonores complexes

#### III.1) Témoignages d'après « Musique Spectrale », Philharmonie Luxembourg, 2005

##### Guy Lelong, "L'unification spectrale"

La «musique spectrale» doit sa dénomination à cette méthode de composition, fondée sur l'analyse spectrale du son.<sup>3</sup> Mais cette technique, consistant à composer *à l'intérieur du son*, a surtout ouvert la voie à une pensée du matériau musical, tout à fait neuve. La mutation qui la caractérise peut être ainsi schématisée: alors qu'auparavant l'on pouvait seulement *combiner* entre eux des sons existants (les notes des instruments ou des objets sonores fixés sur bande), l'on peut désormais *composer* les sons eux-mêmes. Bien plus, comme la méthode d'analyse spectrale permet de rapporter à un même modèle acoustique unificateur l'ensemble des phénomènes sonores, il devient possible de modéliser, et donc d'intégrer pareillement, aussi bien les sons purs (ceux des instruments traditionnels) que les sons complexes ou «bruiteux» (notamment les percussions), sans qu'ils paraissent étrangers l'un à l'autre, et cette découverte allait provoquer un élargissement radical du champ musical.

Dans le dernier texte qu'il ait écrit, Gérard Grisey a précisé les enjeux du projet spectral.<sup>4</sup> Plus encore que la musique sérielle, la musique spectrale est parvenue à intégrer l'ensemble des phénomènes sonores parce qu'elle «proposait une organisation formelle et un matériau sonore directement issus de la physique des sons tels que la science et l'accès à la microphonie nous la donnaient alors à percevoir». Cette initiative aux sons opère un retournement comparable à celui opéré par Mallarmé un siècle plus tôt, puisque là où celui-ci élaborait ses poèmes à partir des caractéristiques langagières des mots, les compositeurs spectraux n'élaborent plus leur musique à partir d'un thème ou d'un motif, même réduit à une structure, mais à partir des caractéristiques physiques du son.

### III) La musique spectrale, musique des objets sonores complexes

#### III.1) Témoignages d'après « Musique Spectrale », Philharmonie Luxembourg, 2005

Hugues Dufourt, « Questions en pointillés à Hugues Dufourt »,

A l'instar de l'Impressionnisme, la musique spectrale est un art fondé sur une analyse des données des sens. Comme la peinture impressionniste a été confrontée aux découvertes scientifiques de Chevreul, la musique spectrale a vécu l'arrivée de l'informatique dans la musique. C'est une musique marquée par la prévalence du timbre: la sonorité y acquiert une valeur en soi, détachée de son substrat mécanique. La musique spectrale est issue d'une pratique et d'une réflexion collectives, engagées à l'itinéraire, au début des années 70.

La musique spectrale se situe au carrefour de plusieurs tendances qui l'ont précédée. Elle prend ses attaches auprès de l'idée de substance sonore propre à Debussy qui, elle-même, dérive de la sensibilité harmonique de Rameau. Elle tire également son origine de Varèse qui voulait la libération du son, la globalisation de l'univers sonore, l'expansion volumétrique de la musique. Varèse fut, à l'instar des Futuristes, le musicien de la vitesse et de la synthèse. Nombre de musiciens de l'itinéraire se sont inspirés de Ligeti et de ses techniques de fusion et de différenciation. Xenakis a apporté l'idée d'arborescence, Ligeti celle de ramification, Stockhausen celle de continuum sonore. Toutes ces tendances se sont cristallisées dans la musique spectrale qui a intégré les données de l'informatique musicale et de la psycho-acoustique qui en est issue. La musique spectrale n'aurait pas vu le jour sans la mutation introduite par la synthèse sonore, avec les travaux fondamentaux de Mathews, Pierce, Risset, Moorer, Grey et tant d'autres. On peut également rattacher à la dynamique spectrale, l'œuvre de La Monte Young, celle de Gilles Tremblay, Claude Vivier, Horatiu Radulescu, Jonathan Harvey, Kaija Saariaho, Marc-André Dalbavie, François-Bernard Mâche ou George Benjamin. La musique spectrale signifie bien davantage que la modélisation du son au moyen du spectre harmonique. Elle a représenté la conquête de l'inharmonicité, de la différenciation du bruit, des interférences entre catégories psycho-acoustiques différentes, de la micro modulation ainsi que de tous les facteurs de la dynamique sonore. La musique spectrale fait du temps, l'agent de constitution de toutes les formes sonores. La musique spectrale, c'est le spectre plongé dans le temps, c'est la distorsion.

### III) La musique spectrale, musique des objets sonores complexes

#### III.2) Tristan Murail, de la « Révolution des sons complexes » à « Spectres et Lutins »

L'enrichissement du matériau musical n'est pas un fait nouveau ; il s'est fait lentement tout au cours du <sup>xx</sup>e siècle, d'abord avec le développement de la percussion, puis avec l'apparition des instruments électroniques (les premières tentatives remontent au début du siècle, avec le « Telharmonium » de Thaddeus Cahill, un instrument qui pesait plusieurs tonnes et nécessitait l'emploi du téléphone... mais déjà en 1928 on trouve un instrument plus praticable et d'ailleurs toujours pratiqué : les ondes Martenot). Mais c'est bien sûr après la Seconde Guerre Mondiale que le domaine de l'électronique musicale s'est subitement développé, du travail sur bande en studio classique jusqu'à l'ordinateur, en passant par les synthétiseurs, résumés de studio qui permettent la pratique de l'électronique vivante (« live electronic »).

Il était inévitable que le développement des techniques électro-acoustiques et de la progression de nos connaissances en acoustique aient des effets sur l'écriture de la musique avec des moyens traditionnels. Il s'est donc produit une fécondation plus ou moins consciente de la musique instrumentale et orchestrale par la musique électronique, qui s'est trouvée capable de fournir des schémas nouveaux, des formes nouvelles, des idées neuves quant à l'utilisation et à la combinaison des instruments, etc. Il est évident qu'on n'aurait pas eu *Atmosphères* de Ligeti sans le développement des musiques sur bande. Pour la première fois en effet, grâce à l'électricité, on pouvait avoir des sons durant éternellement, des masses sonores stables, des continuums<sup>2</sup>.

### III) La musique spectrale, musique des objets sonores complexes

#### III.2) Tristan Murail, de la « Révolution des sons complexes » à « Spectres et Lutins »

On a naturellement cherché à reconstituer à l'orchestre ces continuums électroniques. C'est ainsi que l'on a commencé à penser en termes de masses et non plus de lignes, de points, de contrepoints. La véritable révolution de la musique au xx<sup>e</sup> siècle se situe là, dans ce basculement de la conception et de l'écoute qui a permis d'entrer dans la profondeur du son, de sculpter vraiment la matière sonore, au lieu d'empiler des briques ou des couches successives. On peut dire ainsi qu'il y a opposition entre la manière traditionnelle d'écrire la musique, par empilement et combinaison d'éléments, telle qu'elle ressort des traités d'harmonie et de composition, et une autre méthode, que j'appellerai synthétique, et qui consiste à sculpter la musique comme on sculpte la pierre, en dégageant peu à peu tous les détails à partir d'une approche globale.

Parmi les autres acquis fondamentaux dus à l'électro-acoustique, je mentionnerai maintenant seulement cette idée essentielle que l'atome de la musique n'est pas la note écrite sur le papier. L'atome de musique, c'est l'atome perceptif, ce peut être l'objet sonore de Pierre Schaeffer. Il se peut aussi qu'il n'y ait pas d'atome perceptible, que la musique ne soit pas sécable, que l'on perçoive des flux (pour prendre une analogie avec les théories sur la lumière, on se référerait alors à une vision « ondulatoire », plutôt qu'à une vision « corpusculaire » de la musique).

## Échos, boucles, réverbération

Les systèmes d'échos ou de boucles de réinjection sont une bonne illustration des techniques de studio adaptables à l'écriture instrumentale. On sait ce qu'est une boucle de réinjection, procédé classique de mise en musique sur bande électronique vivante. Le dispositif comporte deux magnétophones, séparés d'une distance précise et calculée. Une bande court de l'un à l'autre. Le premier magnétophone enregistre les signaux qui lui parviennent (souvent un instrument capté par micro); le second lit la bande, avec un décalage dépendant de la distance séparant les deux appareils. Tout en lisant la bande, le second magnétophone peut renvoyer le signal au premier, où il se mixe avec les nouveaux signaux qui arrivent, construisant ainsi un empilement de sons jusqu'à (théoriquement) l'infini. Ceci ne constituerait finalement qu'un canon classique, s'il n'y avait l'imperfection de nos machines actuelles. En effet, ce qui est intéressant dans le procédé, c'est que le son, à force d'être recopié et surtout d'être sans cesse remixé avec les nouveaux sons qui arrivent, s'use, se dégrade, se transforme, se détruit. Le son se mélange de bruit blanc, des fréquences finissent par émerger, des rythmes par se créer, des parasites apparaissent.

Ceci nous conduit à une idée voisine, celle de l'entropie, qui peut se révéler très féconde, surtout lorsque l'on travaille sur des processus. On définit

l'entropie positive comme le passage progressif de l'ordre au désordre. L'univers entier est soumis à sa loi; l'érosion naturelle est une de ses manifestations, qui détruit les structures géologiques, jusqu'à créer le désordre, le désordre maximum étant l'indifférenciation. La vie, considérée comme une entropie négative, reconstruit un ordre, éphémère. On peut comparer chaque intervention du cor, dans *Mémoire/Erosion*, à une graine qui serait plantée et germerait, se développerait, mais serait finalement vaincue par l'entropie: à la fin de la partition, il ne reste que du bruit blanc, suprême désordre, indifférenciation totale.

Cette idée nous donne aussi un moyen évident d'arriver à une intégration naturelle du bruit. Les lents processus de désagrégation et de restructuration précédemment décrits permettent de passer insensiblement de sons « purs » à des sons bruiteux, en passant par toutes les formes de sons complexes.

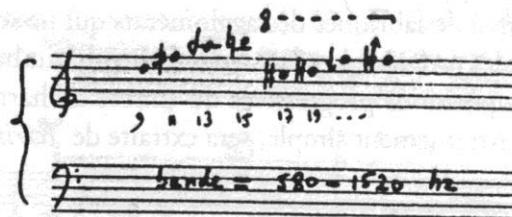
### III) La musique spectrale, musique des objets sonores complexes

#### III.2) Tristan Murail, de la « Révolution des sons complexes » à « Spectres et Lutins »

La nature, les instruments traditionnels, et les synthétiseurs, nous offrent des types de spectres défectifs: spectres composés seulement des harmoniques de rang impair (ce qui correspond en gros au spectre de la clarinette – et précisément, à l'onde « carrée »), séries harmoniques où manque un son sur trois, etc.



Depuis ce point de départ, on peut bien sûr s'ingénier à inventer toutes sortes de traitements, de « filtres » qui s'attaqueront à la série harmonique de diverses manières, en sélectionnant seulement certaines composantes, et qui fourniront ainsi des agrégations de fréquences aux propriétés intéressantes: par exemple le filtre « passe-bande », grâce auquel on n'utilise qu'une portion du spectre. Dans l'exemple suivant, on a filtré une portion de spectre d'harmoniques impaires:



### III) La musique spectrale, musique des objets sonores complexes

#### III.2) Tristan Murail, de la « Révolution des sons complexes » à « Spectres et Lutins »

Les propriétés des spectres nous fournissent donc des idées harmoniques, et nous permettent aussi de fabriquer des agglomérats qui ne sont ni harmonie, ni timbre, ou bien des progressions dans le domaine du timbre-harmonie, par exemple des décompositions progressives du timbre à l'harmonie. Une première illustration, extrêmement simple, sera extraite de *Territoires de l'oubli*:

The image shows handwritten musical notation on two staves. The top staff is labeled 'spectres' and contains a series of notes with vertical dashed arrows pointing to them. The bottom staff shows a piano part with a wavy line labeled 'a' above it and a dotted line labeled '8' below it. An arrow points from the piano part to a final staff on the right, which shows a note with a wavy line labeled 'b' above it and a dotted line labeled '8' below it. The final staff also has a circled note above it and a bracket labeled '3' below it.

Le piano répète plusieurs fois la formule a. Au bout d'un certain temps, la pédale restant toujours enfoncée, la note sol finit par émerger d'elle-même, car elle est commune aux spectres de trois des fréquences de la formule a. Le sol est alors réellement joué et la formule initiale est remplacée par la formule b.

## Conclusion

### Les principes de la complexité, d'après Edgar Morin

Source : <http://complexitemusicale.voila.net/page5/index.html>

MUSIQUE ET COMPLEXITE. Autour d'Edgar Morin et de Jean-Claude Risset

Colloque international 9-11 décembre 2008

CDMC

- Sciences de la Complexité et Musicologie : avec Balandier, Blay, Changeux, Mandelbrojt...
- Hommage à Jean-Claude Risset pour son 70e anniversaire

### QUELQUES PRINCIPES

A l'époque "classique", Pascal a anticipé les trois principes que Morin va dégager pour comprendre la Complexité.

"Toutes choses étant causées et causantes, aidées et aidantes, médiates et immédiates (A), et toutes s'entretenant par un lien naturel et insensible qui lie les plus éloignées et les plus différentes (B), je tiens impossible de connaître les parties sans connaître le tout, non plus que de connaître le tout sans connaître les parties (C)."

(PASCAL)

(A) principe dialogique : antagonisme et / ou complémentarité de chaque notion ;

(B) principe récursif : le produit est aussi le producteur, l'effet est aussi la cause : causalité circulaire, rétroaction, feed-back ;

(C) principe hologrammatique : le tout est dans la partie, la partie est dans le tout.