

- MARS 1968 -

- n° 34 -

LA MACHINE PARLANTE  
DE  
KEMPELEN

PAR

J.S. LIENARD

GAM

BULLETIN DU GROUPE D'ACOUSTIQUE MUSICALE  
FACULTÉ DES SCIENCES - 8 RUE CUVIER - PARIS 5°

G.A.M.  
Groupe d'Acoustique Musicale  
Laboratoire d'Acoustique  
Faculté des Sciences  
8 Rue Cuvier PARIS 5°

PARIS 28 Mars 1968

BULLETIN N° 34

Adresse Postale  
9 Quai St Bernard 5°

REUNION DU 1er MARS 1968

Etaient présents :

M. le Professeur SIESTRUNCK, Président  
M. LEIPP Secrétaire Général, Melle CASTELLENGO Secrétaire.

Puis, par ordre d'arrivée :

Melle Françoise LEIPP (Etudiante Orthophonie)  
Mme et M. J.S. LIENARD (Ingénieur A et M.); M. FURTH (Labo Chimie  
Structurale); M. GENET-VARCIN (Chef TP. Chimie); M. FRANCOIS  
(Labo Acoustique EDF); M. PIVA (Etudiant Médecine); M. DUPREY  
et M. COGNACQ (R.A.U.C.); Mme CHARNASSE (CNRS); Mme NYEKI (Pho-  
nothèque Nationale); M. BATISSIER (Secrétaire technique SIERE);  
M. QUINIO (Centre de Calcul Analogique CNRS); M. OUNA (Journa-  
liste musical); M. JSOIR (Organiste); Dr POUBLAN (Médecin Bio-  
logue); M. BERNARD (Maître de Conférence Faculté des Sc. CAEN);  
M. BARRY; M. TRAN VAN KHE (Maître de recherche CNRS); M. FRIEDE-  
RICH (Guitariste); M. CHAVASSE (Ingénieur en Chef CNET); Mme  
et M. J. DETTON (Cybernétique musicale); M. CLEAVER (Professeur);  
M. DUPARCQ (Directeur REVUE MUSICALE); M. CORNET (Etudiant);  
MM. REIBEL et CHIARUCCI (Groupe de Recherche musicale ORTF);  
Dr CLAVIE; Melle Françoise SZIGETI.

Excusés : M. GAUTHIER, Vice Doyen de la Faculté des Sciences;  
M. Charles MAILLOT; M. DASSE; M. CUIILLERIER; M. CHARPEINE;  
M. G. FAVRE; Melle D. MEGEVAND; M. VOGEL; (M. DERVIEUX; M. CAPELLE;  
M. LANDOWSKI; M. ACOULON; M. JAMET; M. CANAC; M. LEROI; M. MOLES;  
Mme METTAS; Melle FILLION; M. CHENAUD; M. MALERNE; M. VALLANCIEN;  
M. BEAUGNIER; M. DUSSOTOIT; M. R. LEHMANN; Mme BOREL-MAISONNY;  
M. Akira TAMBA; M. GRINDEL; M. BLONDELET; M. LAFORGE; M. PUJOLLE;  
M. GILOTTAUX; Melle Sylvie HUE; M. JUNCK; M. GEORGEAIS; Mme  
CHAUVIN; Mme GRIMAD.

---

PERIODIQUE : 6 numéros annuels

PRIX DE VENTE : Service gratuit

IMPRIMEUR : Laboratoire de Mécanique Physique, Faculté des  
Sciences de Paris.

NOM DU DIRECTEUR : M. le Professeur R. SIESTRUNCK.

## LA MACHINE PARLANTE DE KEMPELEN

par J.S. LIENARD

KEMPELEN passe pour le pionnier de la synthèse de la parole. Conçue à la fin du 18° siècle sa machine a été reconstituée ou perfectionnée plusieurs fois par des physiciens, des curieux ou des prestidigitateurs, en particulier au début du 19° siècle. Il était intéressant de tenter sa reconstitution, actuellement, en raison des moyens d'étude des sons apparus récemment (magnétophone, sonographe), d'autant plus que nous disposons à présent d'une nouvelle doctrine des structures acoustiques de la parole (Biblio 1 et 2).

L'idée de KEMPELEN n'était pas nouvelle. Elle correspondait à un vieux rêve de l'humanité, explicitement formulé, mais de manière mystique, dès l'antiquité et le moyen-âge. On pensait alors que donner la parole aux choses inanimées signifiait donner la pensée, c'est-à-dire la vie. Même actuellement, ce problème conserve pour beaucoup un aspect sinon mystique, du moins profondément mystérieux. De ce point de vue l'oeuvre de KEMPELEN est inséparable du contexte philosophique et scientifique du 18° siècle, où la science cherchait à se dégager de la magie et de la philosophie, sans avoir encore le souci de l'application industrielle et de l'efficacité. C'est ainsi que de nombreuses tentatives virent le jour, sur lesquelles il convient de donner quelques précisions.

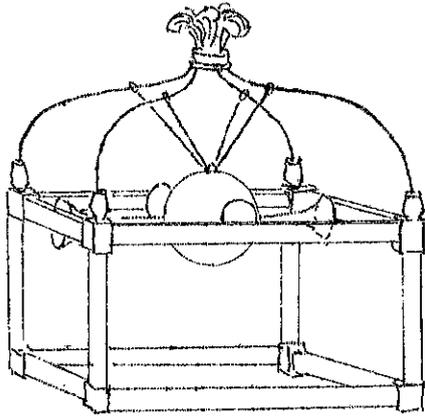
### I - DES STATUES PARLANTES DE L'ANTIQUITE A LA " FEMME INVISIBLE " DU PHYSICIEN CHARLES

#### 1°) Les statues parlantes (Biblio 3)

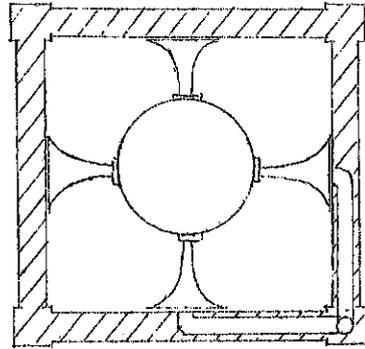
Plusieurs auteurs antiques décrivent la statue parlante de MEMNON, le fils de l'Aurore dans la mythologie de l'ancienne Egypte. Cette statue émettait, dit-on, des paroles intelligibles, et même des oracles de sept vers ! Ce don extraordinaire était dû à l'exagération des prêtres égyptiens : la statue n'émettait qu'un son, ressemblant à celui d'une corde qui se casse. Le phénomène avait lieu au lever du soleil ; il était sans doute causé par la dilatation de certaines parties de l'édifice car, dans ce pays, les écarts de température entre le jour et la nuit peuvent atteindre des valeurs considérables.

Des phénomènes semblables ont été observés au 19° siècle par des voyageurs anglais, dans le palais de Carnac, en Egypte ; dans une montagne de l'Arabie-Pétrée ; sur les rives de l'Orénoque, en Amérique du Sud. Ce sont toujours d'excellents prétextes pour invoquer la sorcellerie.

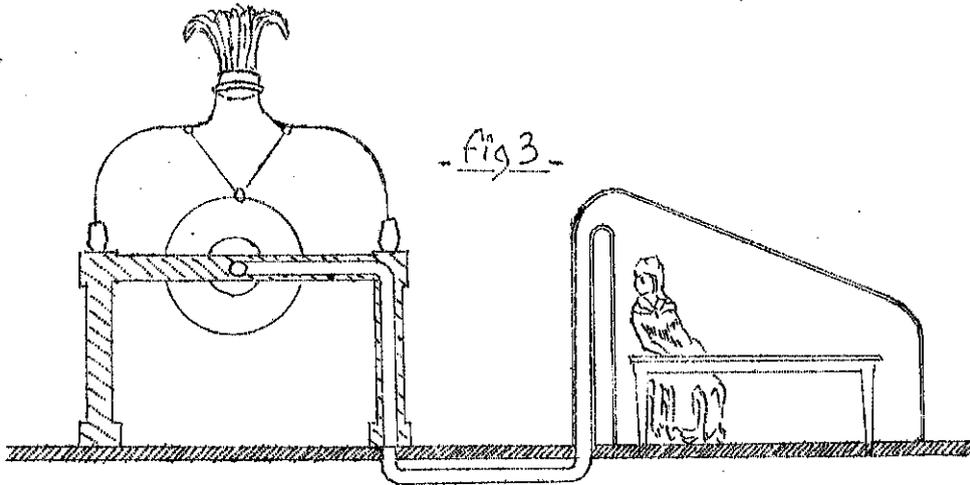
.../



- fig 1 -



- fig 2 -



- fig 3 -

La "femme invisible" du physicien CHARLES

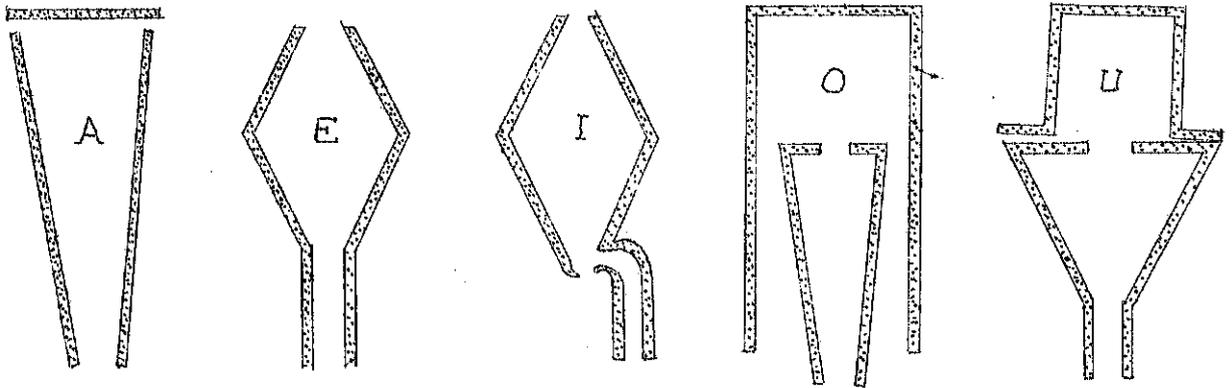


fig 4 - Profil des résonateurs de KRATZENSTEIN -

## 2°) Les têtes parlantes

L'histoire conserve de nombreux témoignages relatifs à des têtes parlantes. A Lesbos se trouvait la tête parlante d'ORPHEE, célèbre en Grèce et en Perse pour proférer des oracles : elle aurait prédit la mort sanglante du grand CYRUS, lors de son expédition chez les Scythes. ODIN, le magicien nordique, possédait une tête parlante qui passait pour être celle du sage MINOS et qui donnait des réponses divines ... Le mécanicien GERBERT D'AURILLAC, qui fut pape en l'an mil sous le nom de SYLVESTRE II, aurait fabriqué une tête parlante en bronze, qui disait les mots " oui " et " non ". Le moine ALBERT, devenu pour la postérité ALBERT LE GRAND (13° siècle), aurait également fabriqué une tête en terre cuite, qui parlait et remuait. Cette oeuvre avait un tel caractère sacrilège que Thomas d'ACQUIN la brisa, dit-on, en mille morceaux.

Il est inutile d'allonger la liste des exemples; la plupart de ces têtes relèvent plus ou moins de la légende. Si certaines d'entre elles semblent cependant avoir existé, elles fonctionnaient sans doute grâce à des tuyaux dissimulés, ou grâce aux talents de ventriloque de leurs auteurs.

## 3°) La machine de CHARLES

Même au 18° siècle, l'esprit scientifique se prête encore volontiers à la mystification, comme le montre la machine appelée " la femme invisible ", inventée, ou du moins cautionnée par le physicien CHARLES vers 1780.

Cette machine consiste en une sphère creuse munie de quatre pavillons (fig.1 et 2), suspendue par des rubans à un bâti disposé au milieu d'une pièce. Elle répond aux questions des assistants avec une voix féminine, très faible et de timbre étrange. L'illusion est produite par la disposition ingénieuse, dans le bâti et dans le sol, de tuyaux permettant la communication avec une pièce voisine, où se tient la dame mystérieuse (fig.3).

La mystification, qui nous paraît maintenant enfantine, ne doit pas être sous-estimée dans la création scientifique de l'époque. Il faut la considérer comme un jeu de l'esprit, répondant à la curiosité des contemporains : même les recherches les plus sérieuses n'en sont pas toujours exemptes.

## II - LES TENTATIVES SCIENTIFIQUES

Depuis le 17° siècle on assiste à une fermentation des idées concernant le mécanisme de la phonation. Les préoccupations sont alors d'ordre philosophique et anatomique. Un alchimiste, VAN HELMONT, imagine en 1668 une théorie suivant

..../

laquelle les graphismes de l'alphabet hébreu représentent les positions de la langue dans la bouche... La même année, une étude moins fantaisiste est effectuée par WILKINS, qui définit pour chaque son de la parole une disposition correspondante des organes phonatoires. Les débats sur la nature de l'organe producteur de la voix aboutissent au 18<sup>e</sup> siècle à la notion de cordes vocales, due à FERREIN. Enfin, en 1779, l'Académie des Sciences de ST-PETERSBOURG propose comme sujet de son concours annuel les deux questions suivantes :

- a) Quels sont la nature et le caractère des voyelles A, E, I, O, U, si différentes l'une de l'autre ?
- b) Peut-on construire un instrument comparable à la " voix humaine " de l'orgue, qui puisse imiter les voyelles ?

A cette époque trois chercheurs - KRATZENSTEIN, MICAL et KEMPELEN - ont déjà obtenu quelque résultat; mais ils ne se connaissent pas et, apparemment, seul KRATZENSTEIN présente une réalisation à l'Académie de ST-PETERSBOURG. C'est lui qui obtient le prix.

1°) KRATZENSTEIN (Biblio 3-4-5)

Christian GOTTLIEB KRATZENSTEIN, professeur de physiologie à COPENHAGUE, présente 5 résonateurs de formes bizarres (fig.4). Les volumes intérieurs et les ouvertures correspondent à ceux de la bouche lors de l'émission des voyelles demandées. Ils sont ajustés sur un sommier d'orgue et modifient le timbre fourni par une anche libre, mis à part le 3<sup>e</sup> résonateur (celui du I) qui reçoit directement le jet d'air.

KRATZENSTEIN a sans doute fabriqué une machine parlante, mentionnée par plusieurs auteurs de l'époque, mais nous n'en avons retrouvé aucune description.

2°) MICAL (Biblio 6-7-8)

L'abbé MICAL, passionné de mécanique, avait réalisé en 1778 une tête parlante qui, paraît-il, pouvait articuler une longue phrase. Livré malgré lui à la publicité par une indiscretion d'un de ses amis, il détruisit sa machine. Mais cet inventeur aussi modeste que colérique se remit à l'ouvrage et présenta à l'Académie des Sciences de Paris, en 1783, une machine composée de deux têtes parlantes, qui dialoguaient ainsi :

- " - 1<sup>o</sup> tête : Le Roi a donné la paix à l'Europe.  
- 2<sup>o</sup> tête : La Paix couronne le Roi de gloire.  
- 1<sup>o</sup> tête : Et la Paix fait le bonheur des peuples  
- 1<sup>o</sup> tête, reprenant : O Roi adorable, Père de vos Peuples, leur bonheur fait voir à l'Europe la Gloire de votre Trône. "

La Commission de l'Académie des Sciences chargée d'examiner cette machine était composée de Mrs DE MILLY, LE ROY, LAVOISIER, FERRIEU et VICQ D'AZIR. Elle n'entendit que les deux premières phrases. Elle élaborait un rapport assez long où, malheureusement, ne se trouve aucun dessin, et dont voici quelques extraits :

" ... ces deux phrases ne sont pas prononcées distinctement dans toutes leurs parties; surtout la dernière, ce qui tient sans doute à ce que le fonds de la voix produite par cette machine est très différent de la voix humaine; à ce que certaines syllabes résultant de la combinaison de plusieurs sons, leur réunion ne se fait pas avec toute la précision possible; et aussi à ce que la prononciation de plusieurs consonnes a besoin d'être perfectionnée. Malgré ces défauts que Mr. l'abbé MICAL lui-même ne se dissimule pas, le mécanisme de cette machine nous a paru intéressant. On peut y considérer deux parties très différentes :

- 1°) Une chambre à vent, dans laquelle un soufflet porte l'air et de laquelle ce fluide s'échappe lorsque différentes soupapes s'élèvent. L'air est alors dirigé par des conduits vers les cavités, où il est modifié, et où il devient sonore.
- 2°) Un cylindre qui meut des leviers, et qui leur donne l'impulsion nécessaire, soit pour lever à propos les soupapes de la chambre à vent, soit pour donner aux différentes cavités où le son se modifie les formes nécessaires à ses divers changements . "

Suit la description des différents organes, en relation avec les sons produits. La commission constate que " ... Mr. l'abbé MICAL a toujours cherché à imiter la nature et c'est sous ce rapport que son travail nous a paru si intéressant ... " Elle termine en disant que " ... son ouvrage, quoiqu'imparfait encore, est très digne de l'approbation de l'Académie . "

Malgré la compétence et l'honnêteté incontestables des membres de la commission, ceux-ci n'ont pas tenu compte de la suggestion à laquelle ils étaient soumis en connaissant à l'avance les phrases prononcées par la machine. Ce point est important; nous y reviendrons à propos de KEMPELEN.

RIVAROL écrit en 1783 :

" ... Ce sont deux têtes d'airain qui parlent et qui prononcent nettement des phrases entières. Elles sont colossales et leur voix est surhumaine ... "

" ... Il n'y a, j'ose le dire, que les têtes parlantes qui puissent conserver cette honorable universalité à la langue française et la rassurer contre l'instabilité des choses humaines. Ces têtes, si on les multiplie en Europe, vont devenir l'effroi de cette multitude de maîtres de langue, suisses et gascons, dont tous les pays sont infectés, et qui dénaturent notre langue chez des peuples qui l'aiment .... "

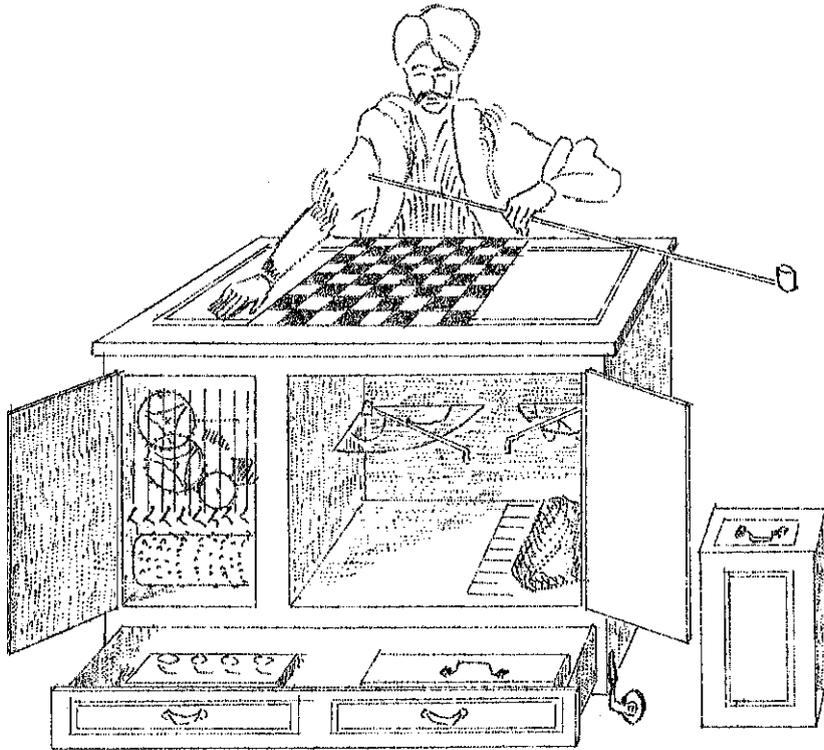


Fig 5 - La faux-automate joueur d'Echecs  
de KEMPELEN - D'après Machal

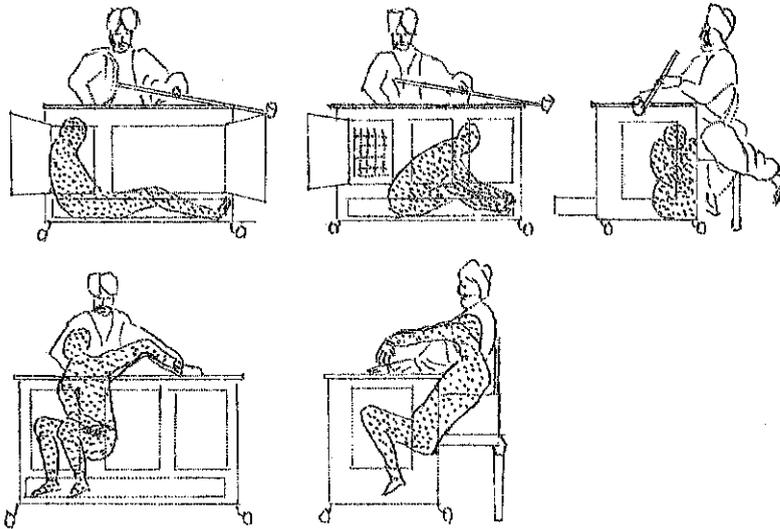


Fig 6 - L'explication de Robert WILLIS

BACHAUMONT, dans ses mémoires, semble beaucoup plus raisonnable :

" ... Elles sont de grandeur naturelle, très bien faites. Elles sont dorées, ce qui est de mauvais goût .... "

" ... Dans les quatre phrases qu'elles articulent successivement, et en imitant à l'extérieur le mouvement des lèvres, il est des mots qu'elles mangent en entier; leur son de voix est rauque, leur articulation lente; et malgré tous ces défauts, elles en disent assez pour qu'on ne puisse se refuser à leur accorder le don de la parole ... "

MICAL, accablé de dettes, espérait que le gouvernement achèterait son invention. Ce projet n'ayant pas abouti, il essaya d'en tirer quelques revenus en donnant des représentations publiques, sans succès. Aussi brisa-t-il ses têtes dans un moment de désespoir. Il mourut dans la misère en 1789. DECREMPS écrivit à son propos que " ... l'ignorance n'a point admiré ces chefs-d'oeuvre, parce qu'il n'y avait point cette teinte de charlatanisme si nécessaire dans ce siècle pour obtenir le suffrage de la multitude.. "

Cette teinte de charlatanisme n'est pas absente de l'oeuvre de KEMPELEN, homme beaucoup plus habile que MICAL à faire valoir ses inventions.

### 3°) KEMPELEN

Wolfgang von KEMPELEN, né à BRATISLAVA en 1734 et mort à Vienne en 1804, est un gentilhomme de la cour d'Autriche-Hongrie. Conseiller aulique de MARIE-THERESE, puis de JOSEPH II, il vit à PRESBOURG et voyage beaucoup. C'est un ingénieur-né, et un organisateur de premier ordre. Il dessine les plans de la fontaine de SCHOENBRUNN, et ceux du château de BUDA; il organise une manufacture de laine dans le sud de la Hongrie. Mais surtout il est l'auteur de deux machines renommées : l'automate joueur d'échecs et la machine parlante.

### III - L'AUTOMATE JOUEUR D'ECHECS

Le joueur d'échecs de KEMPELEN nous est connu par de nombreux témoignages (Biblio 3-6-9-10). KEMPELEN l'aurait construit en 1769 pour divertir l'impératrice MARIE-THERESE. Il se présentait sous la forme d'un personnage enturbanné assis derrière un bahut<sup>(Fig 3)</sup>. Avant de commencer une partie, KEMPELEN ouvrait simultanément les portes avant et arrière et le tiroir du bas. Les assistants constataient alors que personne ne pouvait être caché dans le meuble. KEMPELEN fermait les portes, enlevait la pipe de la main de l'automate, et allait se placer à quelques pas de là en conservant avec lui la petite caisse qu'il avait sortie du compartiment de droite. La partie pouvait alors s'engager avec la

.... /

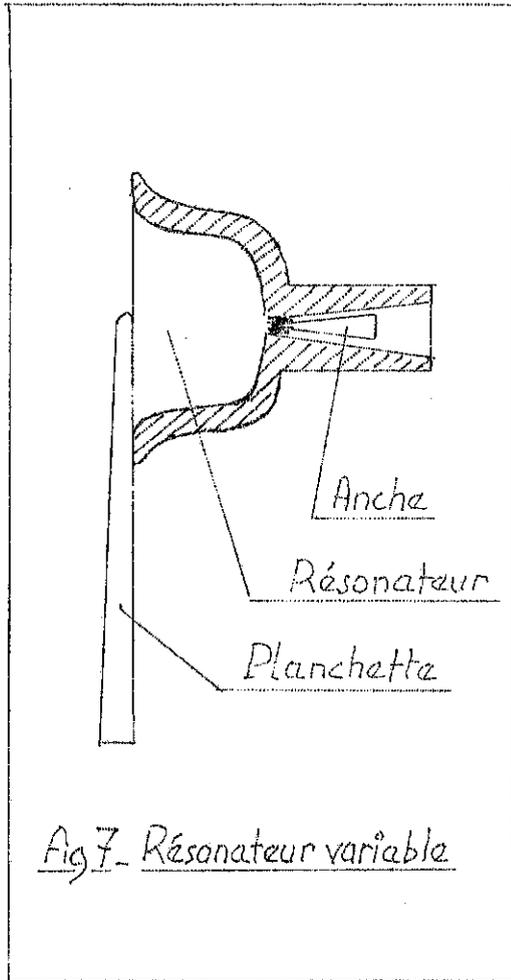


Fig 7 - Résonateur variable

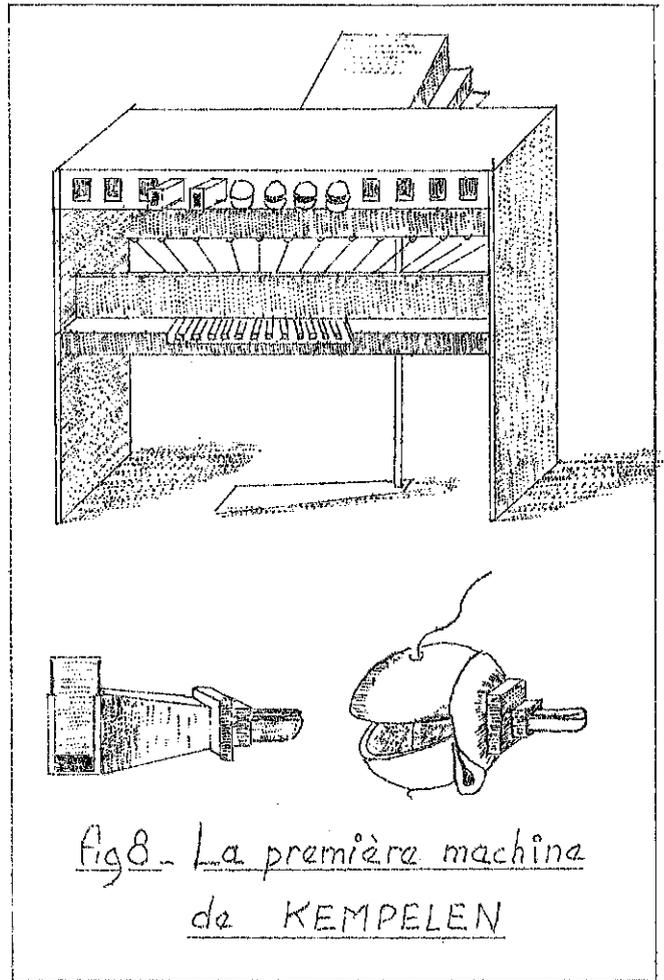


Fig 8 - La première machine de KEMPELEN

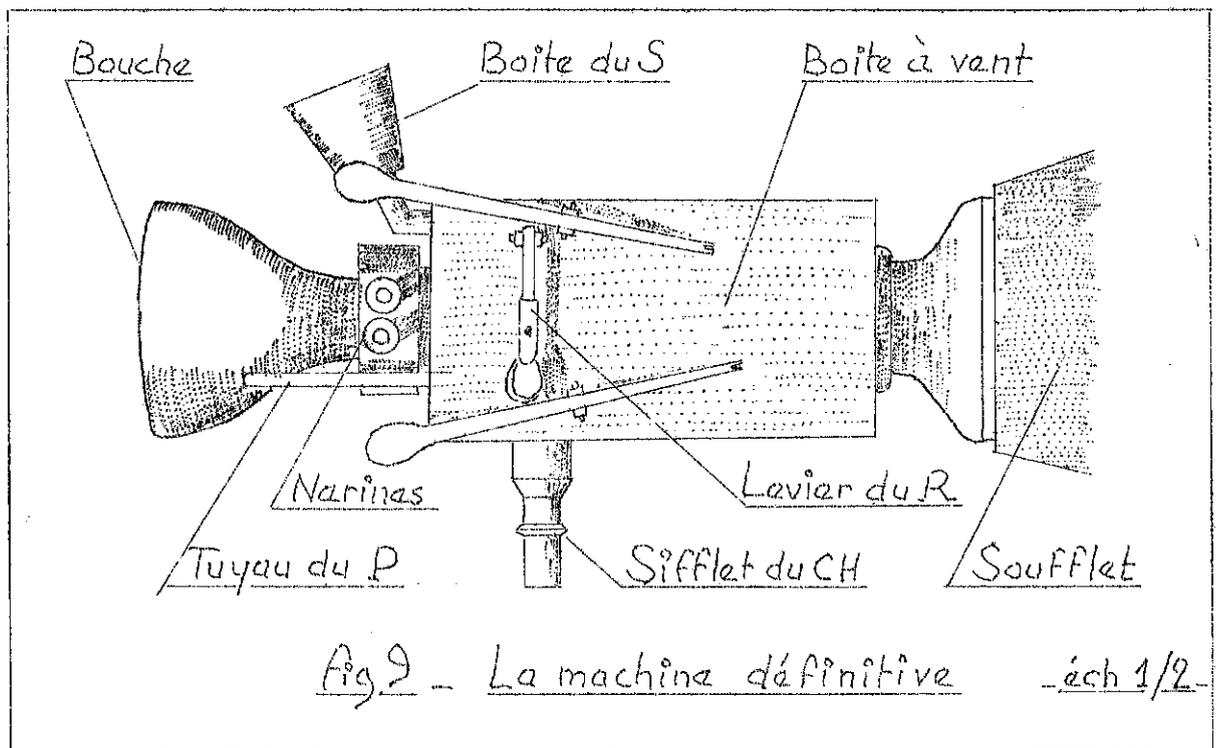


Fig 9 - La machine définitive éch 1/2

personne qui le désirait. L'automate gagnait presque toujours. Chacun de ses mouvements s'accompagnait d'un bruit ressemblant à celui d'une pendule à répétition.

KEMPELEN n'a jamais prétendu que ce fût un véritable automate. Mais il n'en a jamais livré le secret, et personne n'a pu le prendre en défaut, bien que la machine ait été montrée des milliers de fois à PRESBOURG, à VIENNE, à PARIS et à LONDRES.

Un physicien anglais, Robert WILLIS, en proposa une explication en 1821 : le complice, couché dans le double fond du tiroir pendant la présentation, se dresse en plusieurs mouvements, et enfile son bras gauche dans celui de l'automate au moment où l'on enlève la pipe (fig.6). De la main droite il suit la partie sur un petit échiquier de voyage posé sur ses genoux; le mouvement des pièces lui est signalé par de petits aimants placés sous chaque cas de l'échiquier. Ce dernier point n'est pas vraisemblable, car KEMPELEN permettait aux sceptiques de placer sur l'échiquier un aimant aussi puissant qu'ils le désiraient.

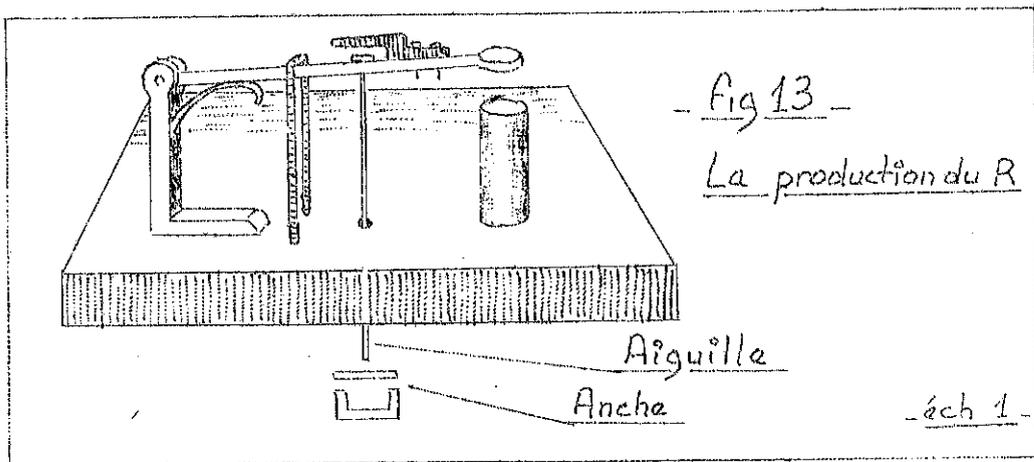
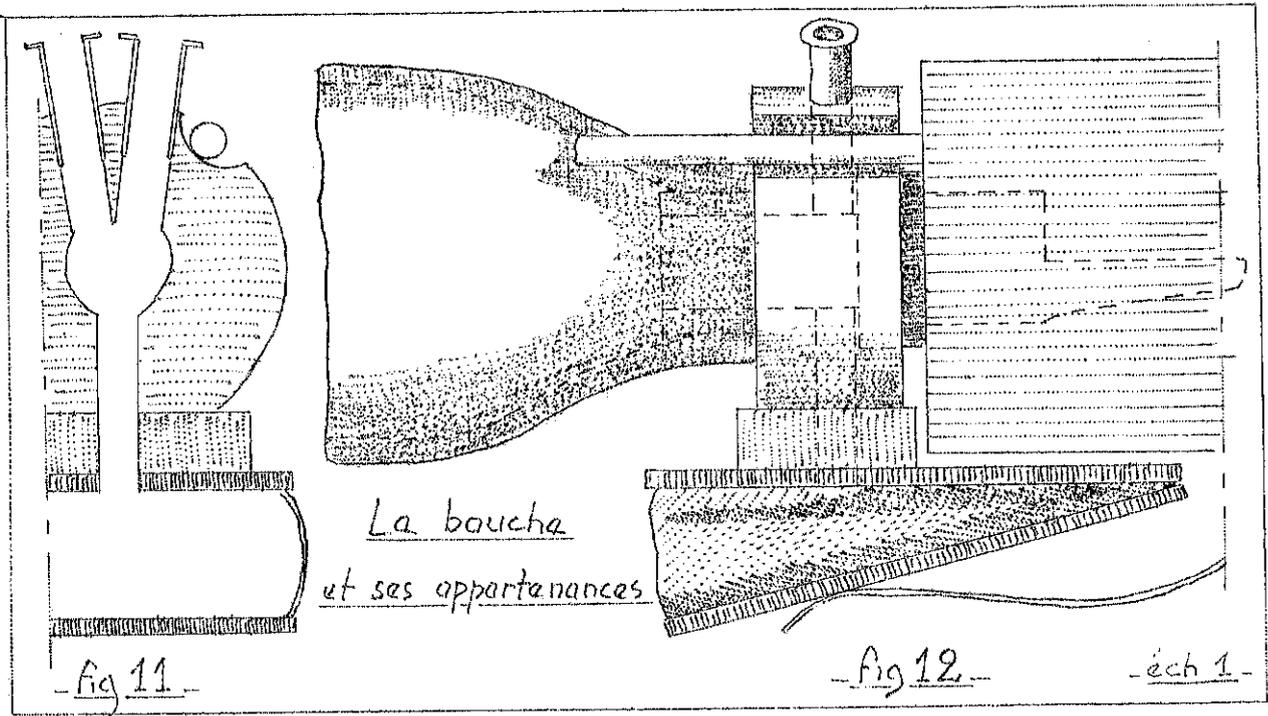
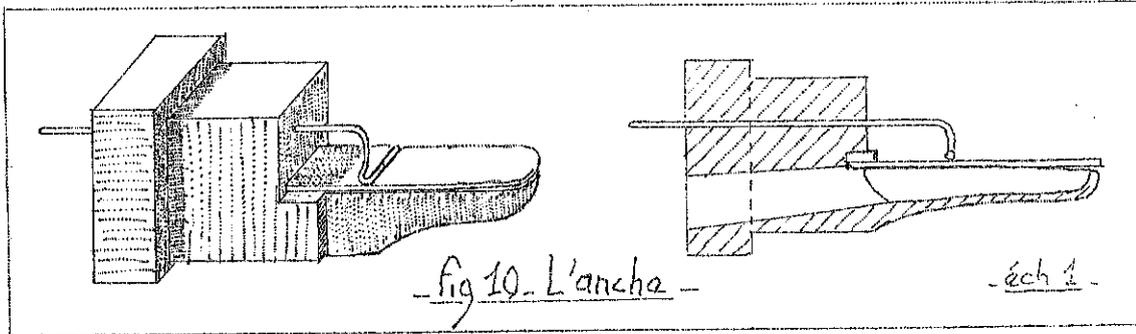
L'automate, après avoir appartenu à divers propriétaires, disparut dans un incendie, à PHILADELPHIE, en 1854.

#### IV - LA MACHINE PARLANTE (Biblio 3-4-5-6-9-10-11-12)

Dans son livre, publié à VIENNE en 1791 : " Le mécanisme de la parole, suivi d'une description de la Machine Parlante ", KEMPELEN expose longuement sa théorie de la phonation; seul le dernier chapitre est consacré à la machine parlante. Dans son esprit l'une et l'autre sont inséparables; son livre est le résumé de 22 années d'observation et d'expérimentation.

##### 1°) La première machine

Ses premiers essais datent de 1769. Avec un résonateur de volume variable muni d'une anche de cornemuse (fig.7) il arrive à imiter le son de quelques voyelles. Il fabrique donc plusieurs résonateurs donnant les voyelles A, O, U, et d'autres en deux parties articulées, donnant les consonnes P, M, L. Ces éléments, disposés sur un sommier d'orgue et mis en action par des touches, constituent sa première machine, qui se trouve actuellement au musée de VIENNE (fig.8). Mais c'est un échec : les sons ne se lient pas entre eux, et l'émission des voyelles est précédée d'une sorte d'explosion tout à fait anormale. Il abandonne donc le résultat de deux années de travail, et oriente ses recherches vers l'anthropomorphisme : puisque la nature nous a dotés d'une seule glotte et d'une seule bouche, il doit en être de même dans une machine parlante.



## 2°) La machine définitive

L'idée fondamentale est la réalisation d'un modèle comportant les fonctions principales de l'appareil phonatoire; c'est avant la lettre une machine paramétrique. Un soufflet simule les poumons; le signal acoustique est engendré par une boîte à vent sur laquelle sont fixés la " bouche ", les sifflets du S et du CH, les leviers de commande etc... (fig.9). Le coude droit de l'opérateur appuie sur le soufflet et règle la pression d'air. La main droite actionne les divers leviers et la gauche obture plus ou moins la bouche.

### a) l'anche ou " languette "

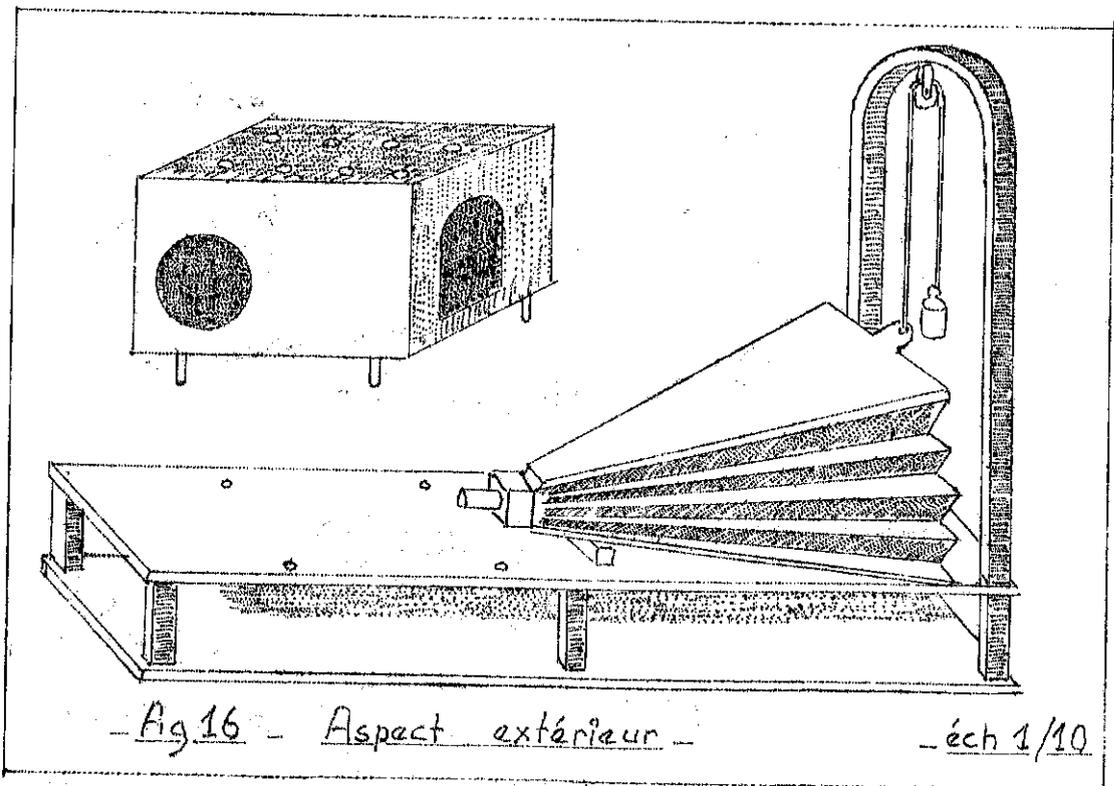
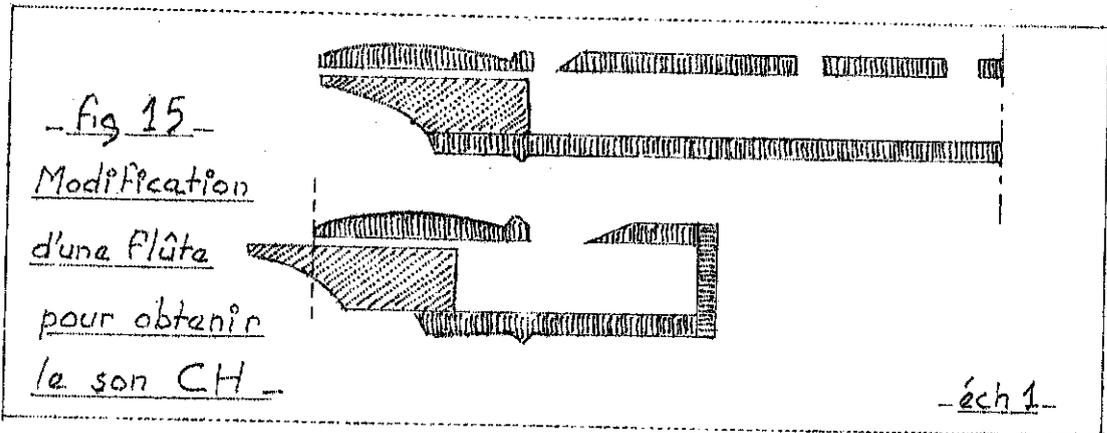
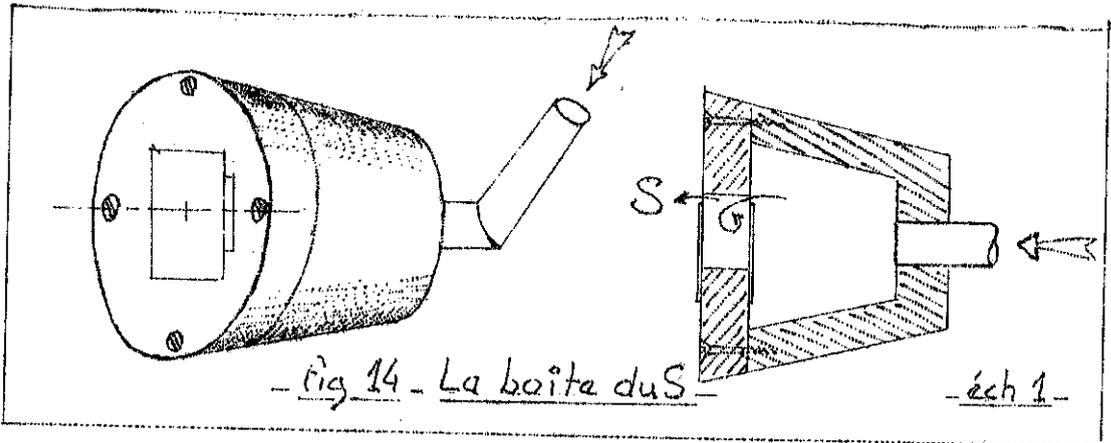
Le son est produit par une anche battante taillée dans une mince feuille d'ivoire , réglable en longueur au moyen d'une rasette (fig.10). La face inférieure de l'anche et les bords du canal sont recouverts de " peau de chien " afin, dit KEMPELEN, de " lui ôter son ton de bois ", c'est-à-dire de l'amortir en supprimant les harmoniques aigus. Dans la reconstitution nous avons essayé plusieurs anches, en ivoire, en métal, en bristol, nues ou recouvertes de cuir ou de peau de chamois, sans toutefois connaître exactement la nature de la " peau de chien " utilisée par KEMPELEN. Toutefois le son produit par des anches réglées dans l'aigu et fortement amorties paraît plus " naturel ", ce qui rejoint les indications de KEMPELEN.

### b) La bouche

La bouche est constituée d'une sortie de demi-poire en caoutchouc, cette matière étant choisie pour sa consistance proche de celle de la voûte du palais (fig.11). La main gauche de l'opérateur, en s'approchant plus ou moins de l'ouverture, en fait un résonateur assez amorti, de fréquence variable, qui permet d'imiter quelques voyelles, en particulier A, E et U, reconnaissables non dans l'absolu, mais les unes par rapport aux autres.

### c) Les narines

Normalement les deux tubes représentant les narines (fig.11 et 12) sont bouchés par l'index et le majeur de la main droite. Mais pour prononcer le M et le N la bouche est fermée par la main gauche, et le son s'échappe par une narine (pour le N) ou par les deux (pour le M). Cette disposition permet d'enchaîner sans heurt le M et le N avec les autres sons.



d) Le\_R

Cette consonne est produite en introduisant des perturbations dans le fonctionnement de l'anche ; une aiguille de laiton peut au moyen d'un levier être mise en contact avec l'anche alors que celle-ci fonctionne (fig.13). L'aiguille rebondit contre une butée de bois élastique, qui la renvoie, etc... Il s'ensuit un raclement de durée et d'intensité réglables par l'opérateur suivant l'enfoncement du levier. KEMPELEN se contente de cette imitation grossière du R, car ses observations lui ont montré que les gens le prononçaient souvent très mal, et en tous cas très différemment suivant les régions.

e) Le\_P

Le P et toutes les consonnes explosives sont produites en obturant la bouche et les narines, et en retirant promptement la main gauche. Mais il faut que, lors de l'obturation, la pression soit la même dans la bouche et dans la boîte à vent, sinon l'anche continue à vibrer. KEMPELEN a donc établi une communication directe entre ces deux éléments au moyen d'un petit tube (fig. 12 et 13) dont le diamètre est assez critique ; trop faible il ne joue pas le rôle attendu ; trop fort il constitue une fuite d'air prohibitive pendant le fonctionnement normal de la machine. Par ailleurs un petit soufflet annexe placé sous les narines permet d'augmenter l'efficacité de la compression et d'imiter correctement le P. Comme le R, le M et le N, cette consonne ne peut être produite sans enchaînement avec une voyelle.

f) Le\_S

Le son " à peu près sifflant " du S est produit dans une petite boîte dont le couvercle est muni d'un trou carré et recouvert de deux morceaux de bristol laissant deux fentes en regard l'une de l'autre (fig.14). Cette boîte est alimentée en air par une soupape commandée par l'un des trois leviers.

g) Le\_CH

L'organe produisant le CH est un sifflet de flûte à bec, modifié comme l'indique la figure 15. Disposé symétriquement par rapport à la boîte du S, la commande par soupape et levier en est identique.

h) Le\_F et le H "aspiré "

Pour ces consonnes aucun dispositif particulier n'est prévu. Le F est produit par les fuites d'air ; passage des fils de soupapes et de l'aiguille du R, mauvaise obturation de la bouche, etc... Il suffit d'augmenter la pression du soufflet en obturant la bouche et les narines. Le H (dit " aspiré " en français) est réalisé bouche ouverte, avec une pression d'air assez faible pour ne pas faire fonctionner l'anche.

...../

### 3°) Résultats obtenus par KEMPELEN

Lors des démonstrations de la machine parlante, celle-ci était recouverte d'un petit coffret muni de deux ouvertures dans lesquelles KEMPELEN passait les deux mains et dont le fond supérieur était en tissu (fig.16). D'après KEMPELEN ce coffret devait protéger la machine de la poussière, et assurer un seul orifice à la voix. Il semble plutôt qu'il fût destiné à entourer la machine de mystère, comme cela était de tradition à l'époque, à moins qu'il n'ait eu pour but de décourager les imitateurs. Quant aux résultats obtenus, laissons parler KEMPELEN :

" ... Toute imparfaite qu'elle soit, elle donne du moins de bons principes pour en construire une plus parfaite. Enfin je l'ai portée au point que je lui fais prononcer d'abord et sans exception tous les mots latins, français et italiens que l'on me propose, les uns, il est vrai, mieux que les autres, mais du moins plusieurs centaines de mots clairement et distinctement. Par exemple : Papa, Maman, Marianna, Roma, Maladie, Santé, Astronomie, Anatomie, Chapeau, Racine, Soupé, Charmante, Opéra, Comédie, Pantomime, et aussi des mots longs et difficiles, tels que Constantinopolis, Monomotapa, Mississipi, Astrakan, Anastasius, etc... "

" ... Quant aux phrases entières, je ne puis en prononcer que peu ... par exemple : Vous êtes mon ami - Je vous aime de tout mon coeur - Leopoldus Secundus - Romanorum Imperator, etc... "

Ces résultats, qui seraient encore remarquables de nos jours, sont confirmés par de nombreux contemporains. Le témoignage de GRIMM, qui vit la machine en 1783, en est un exemple :

" ... Telle qu'elle est aujourd'hui, la machine répond déjà clairement à plusieurs questions ; la voix en est agréable et douce ; il n'y a que les R qu'elle prononce en grassoyant et avec un certain ronflement pénible. Lorsqu'on n'a pas bien compris sa réponse, elle la répète à nouveau, mais avec le ton d'une humeur et d'une impatience enfantine.... La prononciation des têtes de Mr. l'abbé MICAL n'est pas, à beaucoup près, aussi nette, aussi distincte que celle de la machine de Mr. KEMPELEN ... "

### 4°) Résultats obtenus par reconstitution

#### a) Les voyelles

En approchant la main gauche de la bouche jusqu'à obturation complète on produit une suite continue des voyelles IN, A, E, OU. A vrai dire, si le A est reconnu de manière incontestable, les autres voyelles peuvent prêter à confusion suivant l'auditeur interrogé. Le sonagramme (fig.17)

.... /

montre que la main en se rapprochant fait apparaître un formant qui évolue entre 2000 et 1000 Hz environ, et qui disparaît quand la main obture presque complètement la bouche. Il existe un formant fixe autour du fondamental, car l'anche produit une oscillation de relaxation dans laquelle le fondamental est toujours plus important que les harmoniques (et ceci d'autant plus qu'elle est plus amortie). Ces deux formants, fixe et variable, suffisent pour suggérer les voyelles les unes par rapport aux autres.

Le I, que KEMPELEN disait obtenir en obturant presque complètement la bouche, n'a pu être correctement imité qu'en retirant le bloc bouche-narines, en utilisant une anche moins amortie et en déplaçant devant l'orifice de l'anche une petite cavité d'une dizaine de cm<sup>3</sup>. On obtient ainsi des " OUI " très convenables, mais cela nécessite un démontage partiel de la machine.

#### b) Les consonnes

Les consonnes P, L, M, F, R, H, sont assez bien imitées, toujours en association avec une voyelle (généralement le A). Le N ne se différencie guère du M, ni le V du F. Les sons D, T, K, B et G (G dur) n'existent pas dans la machine. KEMPELEN les remplaçait par un P plus ou moins rapide. Le S et le CH, s'ils sont bien imités du point de vue spectral (fig. 18), présentent l'inconvénient d'être émis par des organes indépendants de la bouche, et de ce fait ne se lient pas avec les autres sons (surtout le S). Le Z et le J sont produits comme le S et le CH, mais en laissant vibrer l'anche en même temps.

#### c) Les mots

C'est lors de la prononciation de mots entiers que la machine ne remporte un succès certain ; des mots ou expressions comme Papa, Mama (fig.19), Ah la la (fig.20), Alors, ça va, etc.. sont frappant de vérité et surprennent toujours les auditeurs. KEMPELEN l'avait évidemment remarqué : " ... les sons de la parole ne deviennent bien distincts que par la proportion qui existe entre eux... ils n'obtiennent leur parfaite clarté que dans la liaison des mots entiers et des phrases ... "

Les expériences de synthèse faites au moyen de l'icophone (Biblio 2) nous ont aidés à comprendre ce phénomène :

### 5°) Raisons de la réussite de KEMPELEN

Voici quelques éléments d'explication, classés par ordre d'importance croissante.

#### a) Les points de repère

Certains sons, comme P, A, E, M, R, sont bien imités ; on les reconnaît en soi, isolément. Leur qualité tient à la

..../

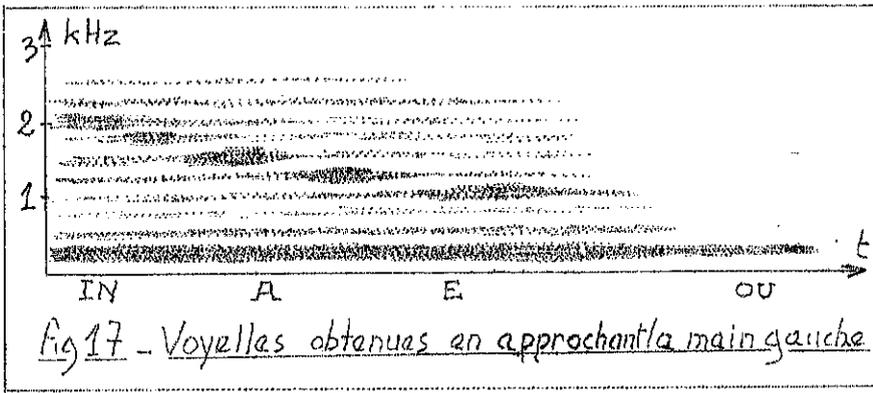
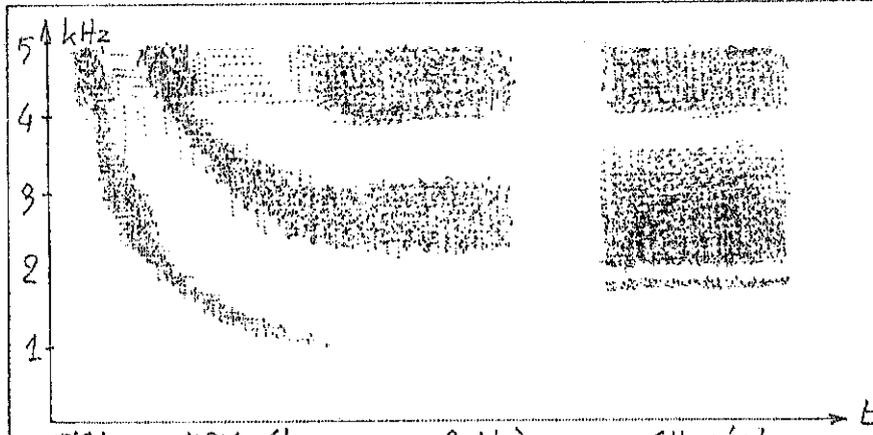
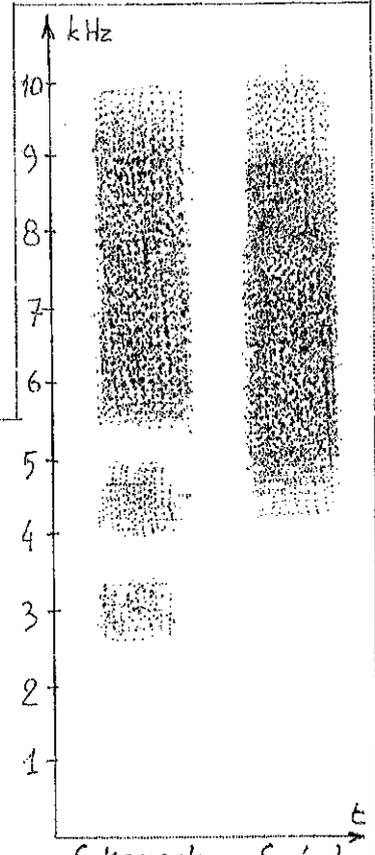


Fig 17 - Voyelles obtenues en approchant la main gauche



- Flûte modifiée (longueur variable) - CH réel - S kempalen - S réal -

Fig 18 - Mise au point du CH - Comparaison de CH et S avec voix réelle -

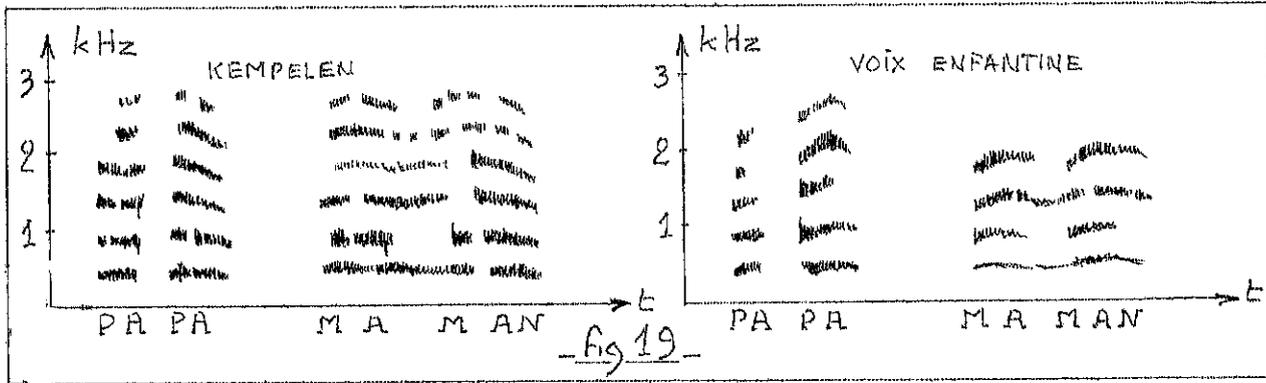


Fig 19

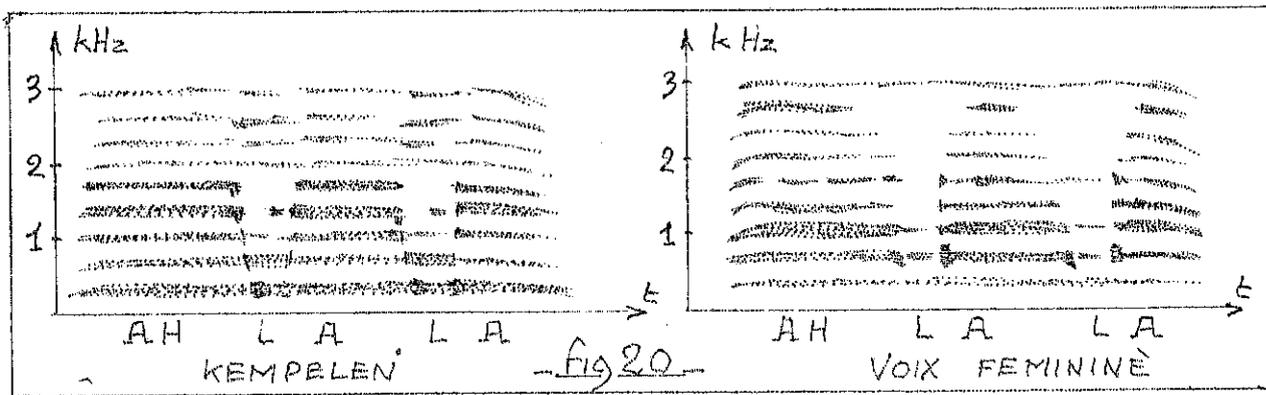


Fig 20

qualité technologique de la machine. Ils constituent des points de repère à l'intérieur des mots ou expressions à comprendre, comme les premières pièces identifiables d'un puzzle

b) L'intonation

La hauteur de la voix synthétique n'est pas exactement constante ; elle peut varier suivant la pression donnée par le soufflet dans une marge qui dépend du type d'anche utilisé, c'est-à-dire que l'opérateur a la possibilité de simuler l'intonation normale de la parole humaine.

c) Le découpage temporel

La répartition des durées de chaque son à l'intérieur d'un mot contribue fortement à son intelligibilité ; si le mot est attendu le rythme seul suffit à l'évoquer....

d) La suggestion

C'est là un point capital dans tous les problèmes d'intelligibilité et KEMPELEN le savait. A propos des sons D, G, K, T, qu'il remplace par un P, il fait la remarque suivante :

" .... On est surtout aisément induit en erreur quand on sait d'avance le mot que la machine doit dire, et lorsqu'elle le prononce on s'imagine l'avoir entendu .... "

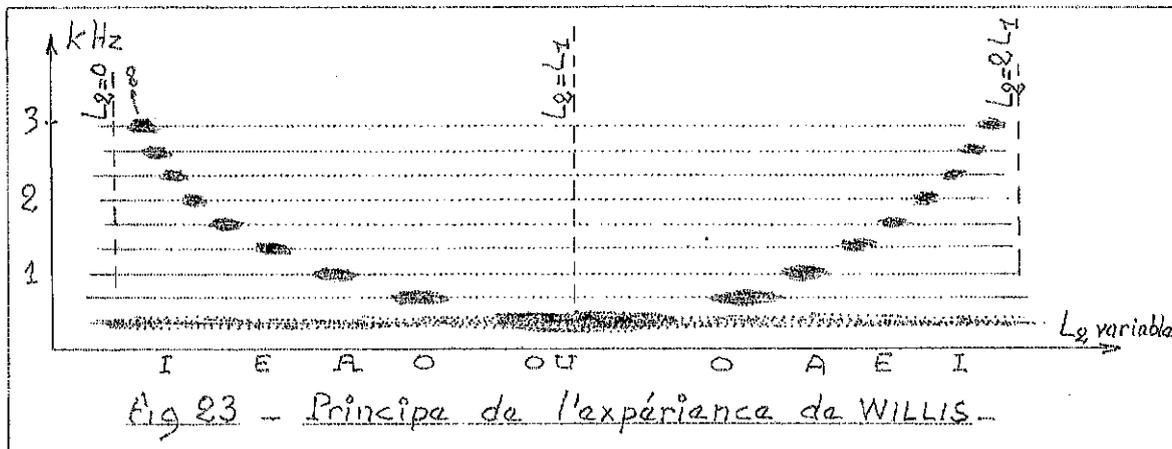
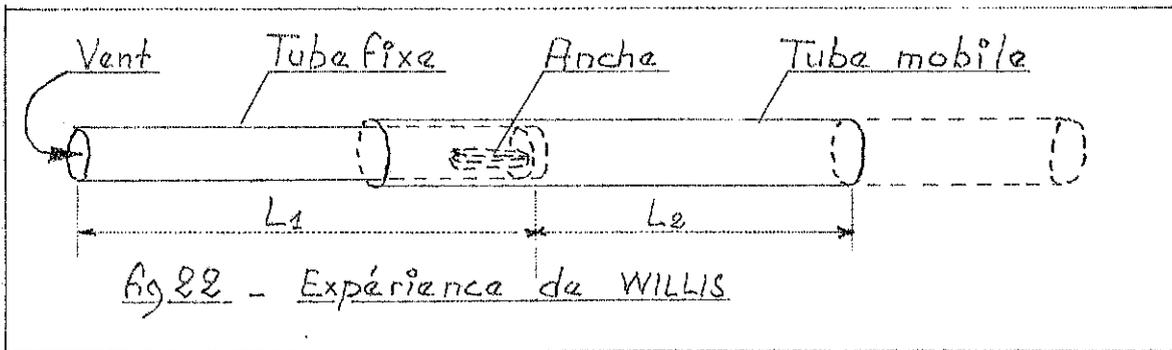
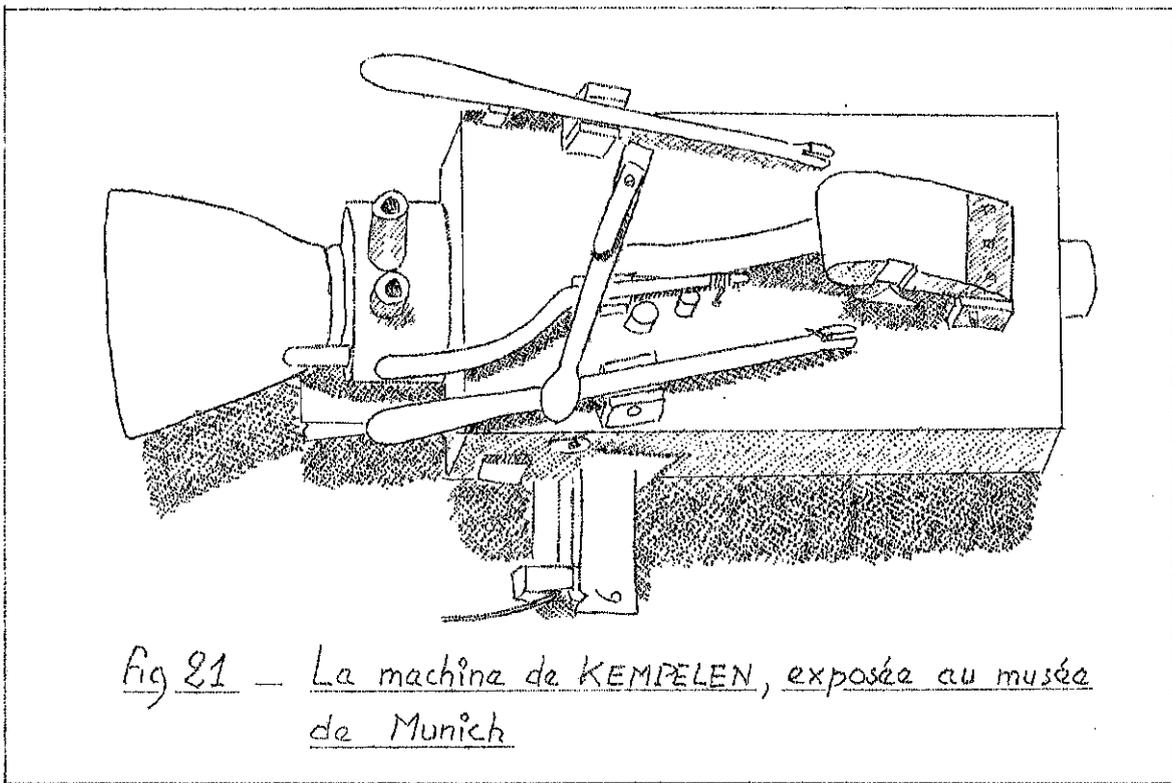
Lors de ses démonstrations, c'étaient toujours à peu près les mêmes mots qu'il faisait dire à sa machine ; ceci apparaît dans les récits de divers auteurs, dont certains sont antérieurs à la publication de son livre (1791). Les assistants étaient ainsi plus ou moins prévenus de ce qu'ils allaient entendre, ne fût-ce que par la rumeur publique.

Malgré l'allusion faite plus haut par GRIMM, selon laquelle la machine répondait à des questions posées par l'assistance, BREWSTER (Biblio 3) indique que : " .... Lorsqu'un mot était cité par la compagnie, Mr. KEMPELEN le faisait prononcer à sa machine .... " Le mot demandé était donc présent à l'esprit de chaque assistant et sa compréhension s'en trouvait très grandement facilitée.

KEMPELEN avait observé également que " .... la voix enfantine de la machine lui est toujours avantageuse. On passe volontiers à un enfant qui balbutie quelquefois, la méprise de se servir d'une lettre pour l'autre, et on se contente d'avoir compris ce qu'il voulait dire ... "

Nous avons eu l'occasion de vérifier largement ces observations de KEMPELEN ; elles montrent à quel point il avait bien compris certains mécanismes importants de la compréhension.

.... /



6°) Difficultés d'une reconstitution

Nous avons rencontré trois types de difficultés :

a) Difficultés technologiques

Malgré la précision des dessins et descriptions de KEMPELEN, celle-ci est souvent insuffisante pour obtenir de manière sûre le résultat attendu. L'oreille est sensible à des différences acoustiques provenant de détails infimes, pratiquement non mesurables, comme les caractéristiques mécaniques de la peau de chien, ou la disposition exacte de la boîte produisant le S. Il est donc nécessaire d'expérimenter soi-même, comme l'a fait KEMPELEN. Le Sonagraphe est ici d'un grand secours, en objectivant des résultats parfois difficiles à déceler auditivement; en indiquant par exemple la zone de fréquence intéressée par le débouchage d'une " narine " ou la longueur de flûte nécessaire pour obtenir le CH (fig.18).

b) L'autosuggestion

Lorsqu'on cherche à reproduire un mot avec la machine on a souvent l'impression de l'avoir parfaitement imité, alors qu'il n'en est rien. C'est un problème que l'on rencontre dans toutes les recherches sur la synthèse de la parole. Il est par conséquent nécessaire de disposer d'auditeurs non prévenus, et de tenir compte de leurs avis, sans les suggestionner.

c) L'apprentissage

L'analogie entre la machine de KEMPELEN et un instrument de musique est très grande ; c'est un véritable " instrument de parole ". Le jeu de l'instrumentiste intervient plus dans le résultat sonore que l'instrument lui-même. KEMPELEN s'est entraîné 10 ans au moins ! Il faudrait travailler longuement cet instrument particulier, comme on travaille son piano; malheureusement le professeur est disparu depuis 160 ans ....

V - IMITATEURS ET SUCCESSEURS

1°) Perfectionnements par KEMPELEN lui-même

KEMPELEN avait fait sa machine à l'intention d'une " main de maître " qui saurait la porter " au plus haut degré de perfection ..". En effet, sa machine manquait essentiellement d'une langue; mais il envisageait les perfectionnements qu'auraient constitué la hauteur variable de la voix et la commande par clavier.

...../

Il est peu probable qu'après la publication de son livre, KEMPELEN ait cessé de travailler à une machine qui l'occupait depuis 22 années. Bien qu'il n'ait laissé aucune trace écrite de travaux effectués entre 1791 et 1804, date de sa mort, un indice confirme cette hypothèse : la machine exposée au musée de MUNICH n'est pas celle qu'il a décrite (fig.21 comparée à fig.9). Il existe un quatrième levier, s'ajoutant à ceux du S, du R et du CH; de plus on trouve sur le porte-vent une pièce de bois qui semble articulée, et qui pourrait agir sur la longueur de l'anche, c'est-à-dire sur la hauteur de la voix. Il s'agit donc soit d'une machine perfectionnée due à KEMPELEN, soit d'une imitation.

## 2°) Les recherches de WILLIS

KEMPELEN eut plusieurs imitateurs, parmi lesquels deux physiciens anglais du 19<sup>e</sup> siècle, Robert WILLIS, de CAMBRIDGE, qui avait tenté une explication du joueur d'Échecs, et Sir Charles WHEATSTONE. WILLIS reprit et systématisa la première expérience de KEMPELEN, concernant l'imitation des voyelles, au moyen d'un résonateur de volume variable (Biblio 4). Il remplaça le résonateur par un ensemble de deux tubes télescopiques (fig.22) et fit l'expérience suivante, que nous avons reconstituée :

La fréquence du son fourni par l'anche est réglée de telle manière que sa longueur d'onde vaut deux fois la longueur  $L_1$  du tube fixe. Quand la longueur  $L_2$  du tube mobile passe par les valeurs comprises entre 0 et  $L_1$  on entend distinctement la série de voyelles I, E, A, O, U ; si l'on continue à allonger le tube mobile jusqu'à  $L_2 = 2 L_1$  on entend la série dans l'ordre inverse, et ainsi de suite.

Le sonagramme (fig. 23) donne immédiatement l'explication ; le tube fixe renforce le fondamental, et le tube mobile renforce des partiels de rang variable. Ces renforcements correspondent à deux formants, et suffisent pour imiter les voyelles. Cette expérience simple peut être faite avec des fréquences variant du simple au double, et l'on ne comprend guère comment la phonologie moderne peut encore considérer les fréquences absolues des formants de voyelles, quand il s'agit évidemment de rapports de fréquence !

Le travail de WILLIS se limite à cette étude des voyelles. MAELZEL, le troisième propriétaire du Joueur d'Échecs, prit un brevet concernant le mécanisme d'une poupée parlante, disant " Papa " et " Maman ". Le principe en est infiniment moins riche que celui de l'instrument de KEMPELEN, car le programme de parole inscrit dans les cames du mécanisme supprime tout imprévu dans les mots prononcés.

..../

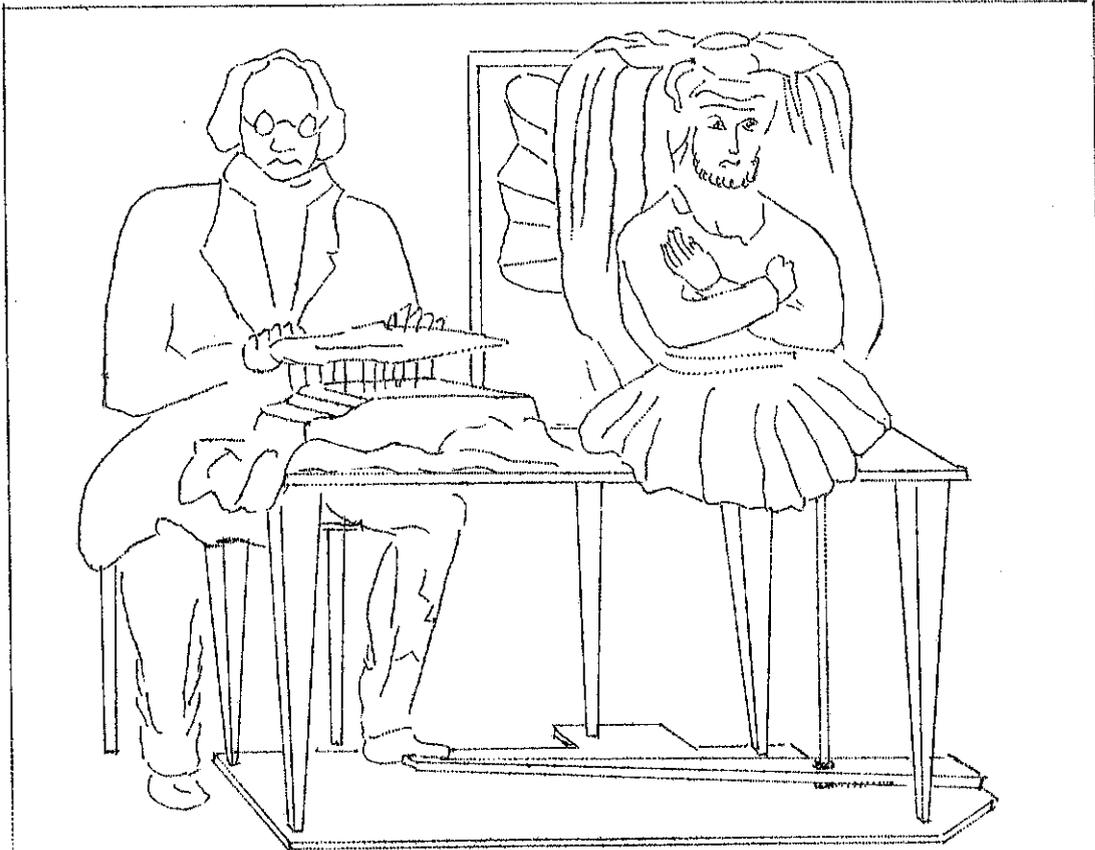


Fig 24 - Le Professeur FABER au clavier de sa machine parlante

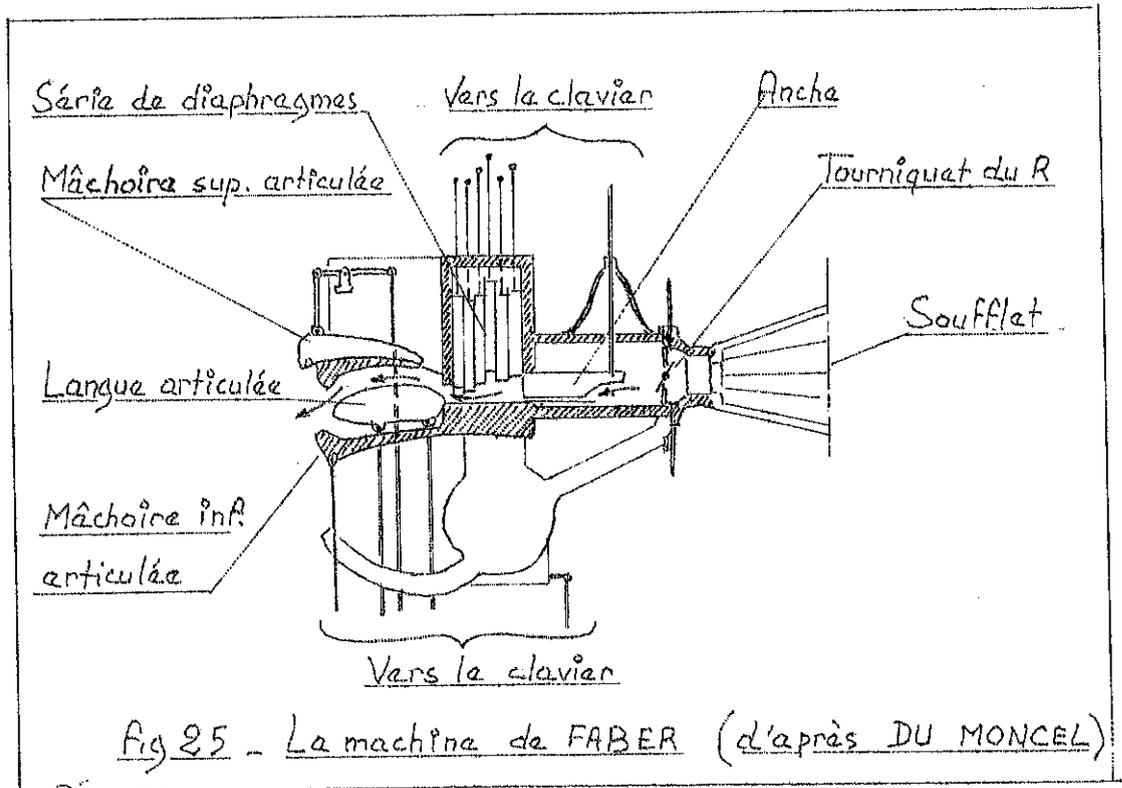


Fig 25 - La machine de FABER (d'après DU MONCEL)

3°) La machine de FABER

Le véritable successeur de KEMPELEN est Joseph FABER. Professeur de mathématiques, né à VIENNE vers 1786, il n'est pas impossible qu'il ait connu directement KEMPELEN. Sa machine, terminée en 1835 (fig.24) est présentée dans diverses capitales d'Europe pendant une vingtaine d'années par FABER lui-même, puis vendue à BARNUM, le célèbre directeur de spectacles. Elle reparait à PARIS vers 1880, et termine sans doute ses jours dans les caves de l'Ecole de Médecine.

C'est une machine qui parle, à voix timbrée ou chuchotée, et qui chante ! (Biblio 14 et 15). Elle comporte un clavier, un soufflet actionné au pied, une bouche articulée, une langue, et un système de diaphragmes modifiant pour chaque voyelle la conformation des organes vocaux (fig.25). Il n'en reste malheureusement aucune trace, et les descriptions que nous en possédons, loin d'être aussi minutieuses que celles de KEMPELEN, proviennent d'observateurs ou d'auditeurs et non de FABER lui-même.

VI - CONCLUSION

L'apport de KEMPELEN à l'étude de la parole est considérable et mérite d'être souligné. Les difficultés qu'il a rencontrées dans la réalisation de sa machine parlante sont celles-là même que rencontrent les chercheurs modernes. Le VODER (Voice Demonstrator) de DUDLEY (1939), sorte de " piano à parler ", n'est jamais qu'un équivalent électronique de la première machine de KEMPELEN, dont le défaut principal était de ne pas lier les sons entre eux.

KEMPELEN avait parfaitement compris le rôle de la liaison des sons entre eux, ainsi que l'aspect relatif des voyelles. Il connaissait l'importance fondamentale de la suggestion. Sa machine parlante avait une caractéristique remarquable, que les meilleurs synthétiseurs actuels ne possèdent pas : la spontanéité. Il pouvait la faire parler sans aucun délai, alors que les machines actuelles demandent toujours un temps de préparation qui peut aller de quelques minutes à quelques heures.

Finalement on peut, à juste titre, se demander quelle est l'utilité d'une machine parlante. Est-ce pour en faire un jeu, ou pour mystifier le public ? Ces raisons là suffisaient, en soi, du temps de KEMPELEN. Est-ce, comme le pensait DARWIN, pour produire une voix plus puissante que la voix humaine ou, selon RIVAROL, pour fixer et perpétuer la prononciation de la langue française ? Ces problèmes sont résolus par l'invention du haut-parleur et du phonographe ! Est-ce enfin pour fournir un instrument de prothèse aux muets ou aux laryngectomisés ? Mais il existe maintenant d'excellentes méthodes de rééducation en ce domaine; pour remplir un tel rôle, une machine parlante

devrait en tout état de cause être minuscule et d'apprentissage facile.

En dernière analyse, la seule raison valable reste l'étude de la parole et des organes phonatoires. KEMPELEN l'avait parfaitement compris ; " .... C'est ainsi que ma machine parlante et ma théorie de la parole ont fait des progrès égaux, et que l'une a servi de guide à l'autre .... " Ainsi, un siècle et demi avant nous, KEMPELEN, génial précurseur de la cybernétique, avait-il compris l'intérêt d'un modèle de fonctionnement correct. Sa machine reste d'un intérêt théorique considérable et les spécialistes de la synthèse de la parole ont certainement négligé à tort ses recherches et ses observations, qui conservent une actualité évidente.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1 - E. LEIPP - Information et parole ; Essai d'une Gestalt-Theorie  
Bulletin du G.A.M. N° 22 - Juin 1966.
  - 2 - E. LEIPP - M. CASTELLENGO - J.S. LIENARD - J. SAPALY  
Structure physique et contenu sémantique de la parole.  
Colloque du G.A.L.F. à Grenoble, juin 1967 (à paraître dans le Journal du G.A.L.F.)
  - 3 - Sir David BREWSTER - Letters on natural magic. London, 1832.
  - 4 - Sir Charles WHEATSTONE - Reed organ-pipes, speaking machines, etc..  
in The Scientific Papers, London, 1879.
  - 5 - H. DUDLEY - T. TARNOCZY - The speaking machine of Wolfgang  
von KEMPELEN. Journal of the Acoustical Society of  
America, vol 22, n° 2, 1950.
  - 6 - A. CHAPUIS - E. GELIS - Le Monde des Automates. Paris 1928
  - 7 - DE MILLY - LE ROY - LAVOISIER, LAPLACE, FERRIEU, VICQ D'AZIR  
Compte-rendu de l'Académie des Sciences  
3 Septembre 1783.
  - 8 - J.J. HEMARDINQUIER - Machines parlantes peu connues du 18° siècle.  
Revue du Son n° 103, Nov. 1961
  - 9 - C. DE MECHEL - Lettres de M. de WINDISCH sur le Joueur d'Echecs  
de M. de KEMPELEN. Basle 1783.
  - 10 - A. CHAPUIS - E. DROZ - Les Automates. Neuchatel 1947.
  - 11 - W. VON KEMPELEN - Le Mécanisme de la Parole, suivi d'une Description  
de la Machine Parlante. Vienne 1791.
  - 12 - O. METTAS - Aperçu historique sur les appareils de synthèse  
de la parole. STRASBOURG 1965.
  - 13 - J.S. LIENARD - Reconstitution de la machine parlante de KEMPELEN -  
IV° Conférence d'Acoustique, Budapest  
octobre 1967.
  - 14 - GARIEL - La machine parlante de Mr FABER, J. de Physique théorique  
et appliquée, T8, 1879.
  - 15 - TH. DU MONCEL - Le Téléphone, 1887.
-