

Colloque Euler, Strasbourg 16/9/2007

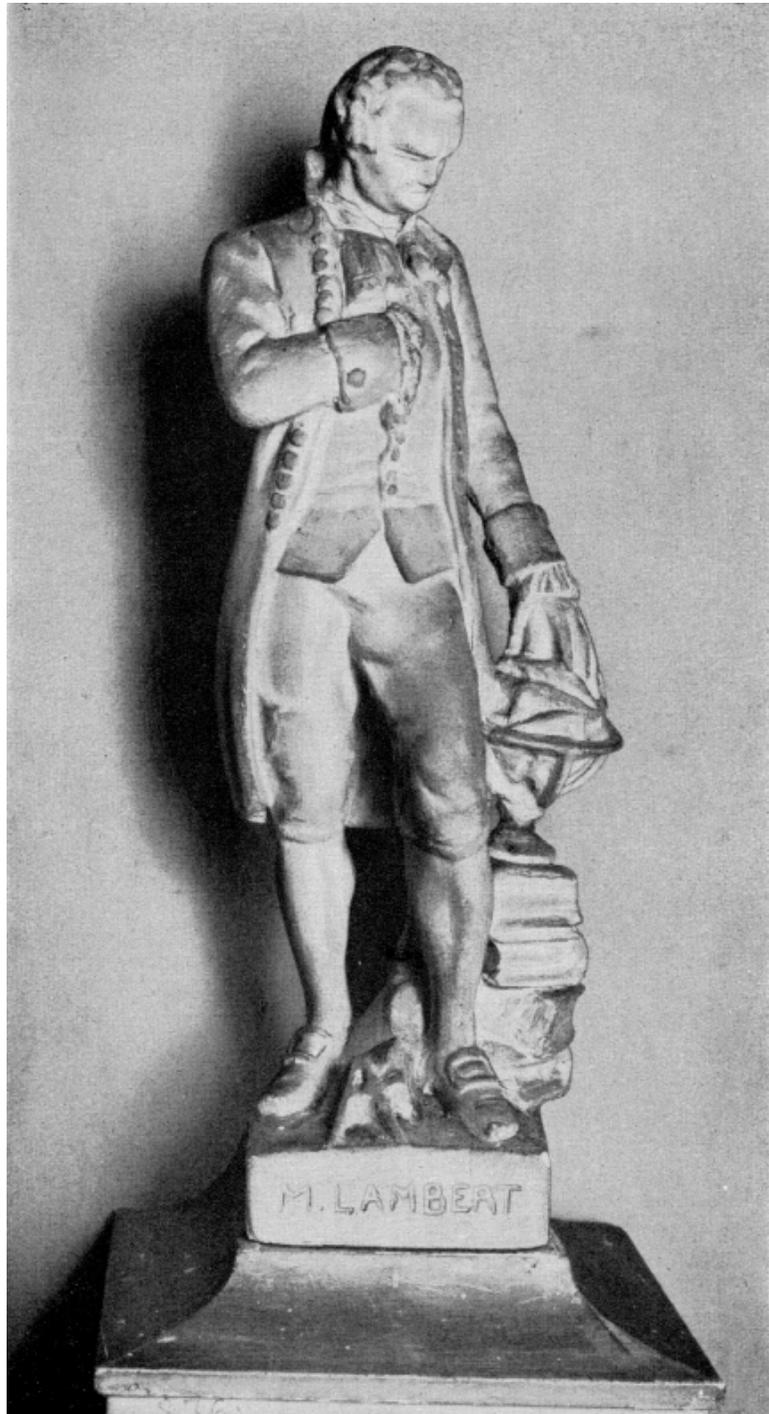
# Remarques sur [Lagrange,] Euler et Lambert à propos de la production des sons

Norbert Schappacher  
ULP Strasbourg

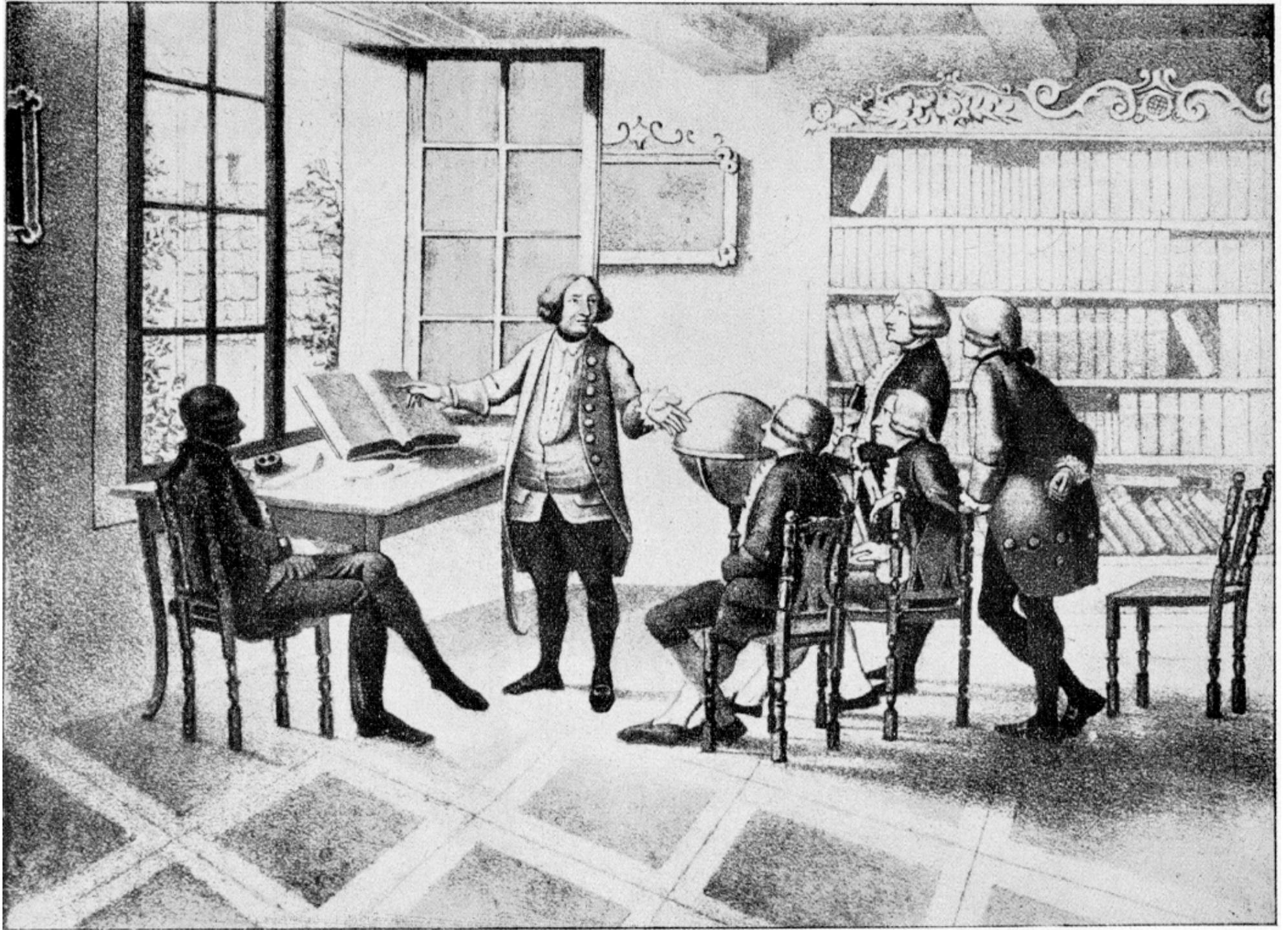
## Ma démarche et ma question.

- Chercher ce qui, dans les travaux d'Euler, appartient typiquement au XVIIIe siècle.
- Comment un savant éminent du XVIIIe siècle réagit-il, quand aucune théorie n'est en vue pour analyser un phénomène observé ?

Mon point de départ:  
La correspondance Euler - Lambert.



Elle est conservée (depuis les années 1930) à l'*Universitätsarchiv Basel*.



Johann Heinrich Lambert im Kreise von Gelehrten oder Schülern

Lithographie - Gezeichnet von Danter - Gedruckt von Pfeferli, Basel 1840 - Stadtmuseum Mülhausen (Els.)

La correspondance entre Leonhard Euler et Jean Henri Lambert contient

- \* dix lettres de Lambert à Euler et
- \* six lettres d'Euler à Lambert

allant de 1758 à 1771.

La correspondance a été publiée  
(sans commentaire ni introduction, mais avec des sommaires)  
en 1924 par Karl Bopp  
dans les *Abhandlungen* de l'Académie de Berlin.

La préparation de l'édition dans les *Opera omnia* d'Euler  
a été commencée par Jushkevich.

Elle paraîtra dans un des deux derniers tomes des *Opera omnia*.

Les organes l'agitatori dans leur et différents!

au grand Problems du mouvement de trois corps, qui se touchent mutuellement, auquel  
M<sup>r</sup>. les Geometres Francoi ont tant travaillé, mais avec peu de succès. Jusqu'  
ici on n'a réussi qu'à approcher et cela suivant la méthode, que j'ai le premier de-  
couverte en introduisant les sinus et cosinus des angles dans le calcul et dont j'ai don-  
né l'application aux mouvements de la Lune et de Saturne, il y a bientôt 20 ans  
et que M<sup>r</sup>. Meyer de Goettingue a porté ensuite au plus haut degé de précision.  
Vous trouvez Monsieur dans les Mém<sup>o</sup>. de Turin les principes de la véritable Théorie  
sur la propagation du mouvement par un milieu élastique, et l'application à la  
propagation des sons. Cette matière demande pourtant encore des recherches  
très subtiles. jusqu'ici on n'a considéré les sons que par rapport au grave et l'aigu  
mais on y remarque tant d'autres différences. par exemple Deux sons, dont l'un  
prononce la voyelle a et l'autre e, ou i, ou o, ou u, sont différents, quoiqu'ils  
soient également aigus ou graves. et je ne sais par si personne s'est donné la  
peine de chercher, en quoi consiste la différence de ces sons. ne pourroit on pas faire  
des machines, qui prononceroient distinctement ces différentes voyelles, ce qui ne man-  
queroit pas de produire un bon effet. Peut être parviendrait on enfin à les modi-  
fier par les consonnes; et à pousser l'arabesque jusqu'à faire une machine  
qui prononceroit distinctement des paroles entières, et même des harangues.  
ce qui seroit excellent pour les prédicateurs dont la voix n'est pas assez forte  
ou assez agréable. Dans ces recherches on n'auroit qu'à suivre la nature, et l'or-  
ganisme de notre langage, et cela seroit à nous en faire connoître mieux tous  
les secrets, qu'on n'a que trop négligé jusqu'ici, et qui fournissent pourtant des  
sujets très dignes de notre attention. ensuite comment toutes ces différences sont-  
elles aperçues par l'oreille? il me semble que dans tout cela les Physiciens ne  
connoissent encore presque rien. Voilà bien des questions, qui mériteroient tous  
les soins des sçavans. J'ai l'honneur d'être avec la plus parfaite considération  
Monsieur

Berlin ce 18<sup>e</sup> août 1761.

Votre très humble et très obéissant  
serviteur L'Euler

quatrième et  
dernière page de la  
lettre de Leonhard  
Euler à Johann  
Heinrich Lambert  
18 août 1761;  
Universitätsarchiv  
Basel.  
Ms. L 1a 689,  
folio 183 s.

## Euler à Johann Heinrich Lambert, 18/8/1761

Vous trouverez, Monsieur, dans les Miscell. de Turin les principes de la véritable Théorie sur la propagation du mouvement par un milieu élastique, et l'application à la propagation du son. Cette matière demande pourtant encore des recherches bien subtiles ; jusqu'ici on n'a considéré les sons que par rapport au grave et l'aigu mais on y remarque tant d'autres différences, par exemple deux sons, dont l'un prononce la voyelle *a* et l'autre *e*, ou *i*, ou *o*, ou *u* sont différens, quoiqu'ils soient également aigus ou graves ; et je ne sais pas si personne s'est donné la peine de chercher, enquoi consiste la différence de ces sons et enquoi l'agitation dans l'air est différente ; ne pourroit-on pas faire des machines, qui prononceroient distinctement ces voyelles, ce qui ne manqueroit pas de produire un bon effet. Peut-être parviendroit-on enfin à les modifier par les consonnes ; et à pousser la mécanique jusqu'à faire une machine qui prononceroit distinctement des paroles entières, et même des harangues, ce qui seroit excellent pour les prédicateurs, dont la voix n'est pas assez forte ou assez agréable. Dans ces recherches on n'auroit qu'à suivre la nature et l'organisme de notre langage, et cela serviroit à nous en faire connoitre mieux tous les ressorts qu'on n'a que trop négligés jusqu'ici, et qui fournissent pourtant des sujets très dignes de notre attention ; ensuite comment toutes ces différences sont elles aperçues par l'oreille ? il me semble que dans tout cela les Physiciens ne connoissent encore presque rien. Voilà bien des questions, qui mériteroient tous les soins des Savans.



# “Anticipation du phonographe”

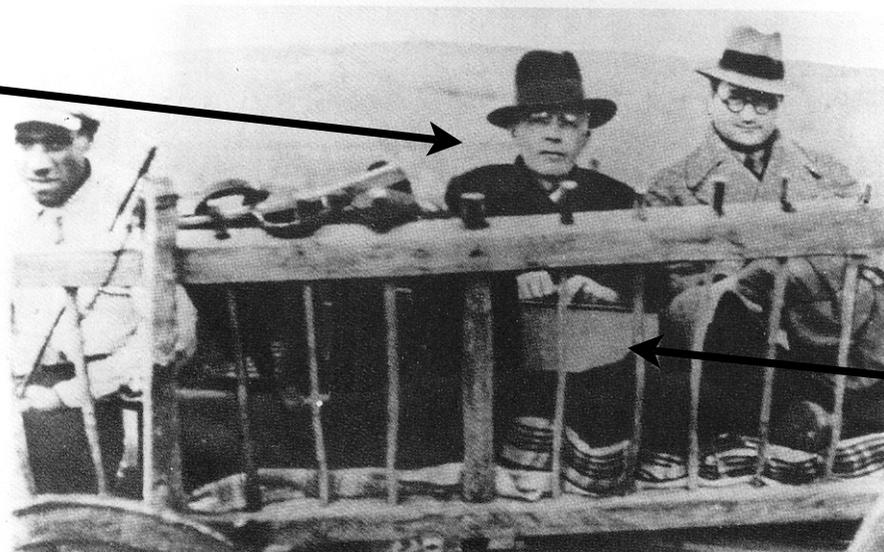
L. EULER AN J. H. LAMBERT 18. AUGUST 1701.

Dank für Insigniores orbitae proprietates. Lamberts Vorschlag für die Petersburger Akademie. Die Ereignisse der Bayerischen werden durch ihn auch Ursache des Stolzes für die Schweizer Heimat. Eulers Kritik an den Themata für die Preisfragen. Geringer Einfluß der Mondmasse auf die Bewegung. Newton glaubt den Gezeiten das Mittel zu ihrer Berechnung zu haben. Wichtiger sind Präzession und Nutation. Definition der mittleren Entfernung als des ersten Terms  $a + b \cos p + c \cos q + d \cos r$  e. c. t. in der Reihe für die Entfernung, analog die mittlere periodische Zeit. Grenzen für die Definition dieser Größen. — Neue Auflage der « Gradation de la lumière » Bouguers. — Die Differentialgleichungen 2. Grades für den Einfluß der Störungen sind unschwer aufzustellen; aber für ihre Lösung kennt man nur Approximationen, dadurch wird auch die Durchführung der Analogie zwischen Mond und Komet unhaltbar. Schließlich kommt sie auf das Dreikörperproblem hinaus. Eulers Approximationsmethode mit Hilfe des Sinus und Cosinus. Die Prinzipien für die Bewegung im elastischen Mittel sind in den Turiner Miscellanea entwickelt, aber für die Akustik ist auch die Klangfarbe zu berücksichtigen. Vorahnung des Phonographen.

Sommaire par Karl Bopp de cette lettre d'Euler, in:

Leonhard Eulers und Johann Heinrich Lamberts Briefwechsel,  
*Abhandlungen der preußischen Akademie der Wissenschaften* | 1924.

Béla Bartók



*Regardons plus en détail ce qu'Euler imagine ....*

phonographe

## De la Lettre 137 à une Princesse d'Allemagne (16/06/1761)

Mais parmi les sons simples il y a même encore une différence très remarquable, qui semble être échappée à l'attention des Philosophes. Deux sons peuvent être également forts et d'accord avec le même son du clavecin, et malgré cela ils peuvent être très différens à l'oreille. Le son d'une flûte est tout à fait différent de celui d'un cor; quoique tous les deux conviennent avec le même ton du clavecin et soient également forts. C'est ainsi que chaque son tient quelque chose de l'instrument qui le rend; et on ne sauroit presque dire en quoi cette qualité consiste; aussi la même corde rend-elle des sons différens à cet égard, selon qu'elle est frappée, touchée ou pincée; et V.A. sait très bien distinguer les sons des cors, des flûtes, et d'autres instrumens.

La plus admirable diversité s'observe dans la voix humaine, qui nous offre le plus merveilleux chef-d'œuvre du Créateur, sans parler des différentes articulations dont la parole est formée. Que V.A. daigne seulement réfléchir sur les diverses voyelles, que la bouche prononce ou chante tout simplement. Quand on prononce ou chante la lettre *a*, le son est tout autre, que si l'on prononçoit ou chantoit la lettre *e*, ou *o*, ou *i*, ou *u*, ou *ai*, etc.: quoiqu'on demeure au même ton. Ce n'est donc pas dans la rapidité ou l'ordre des vibrations qu'on doit chercher la raison de cette différence: cette raison semble si cachée que les Philosophes ne l'ont pas encore pu approfondir.

V.A. s'apercevra aisément, que pour prononcer ces diverses voyelles, il faut donner à la cavité de la bouche une différente conformation à laquelle notre bouche est propre, préférablement à celle de tous les animaux. Aussi voyons nous, que quelques oiseaux qui apprennent à imiter la voix humaine, ne sont jamais capables de prononcer distinctement les différentes voyelles; ce n'est toujours à cet égard qu'une imitation très imparfaite.

On trouve dans plusieurs orgues un registre, qui porte le nom de voix humaine. Ordinairement ce ne sont que des sons, qui rendent la voyelle *ai* ou *ae*. Je ne doute pas qu'en y faisant quelque changement, on pourroit aussi produire les sons des autres voyelles *a, e, i, o, u, ou*, mais tout cela ne suffiroit pas encore pour imiter une seule parole de la voix humaine; comment y voudroit-on ajouter les lettres consonantes, qui sont autant de modifications des voyelles? Notre bouche est si admirablement ajustée, que quelque commun que soit cet usage, il nous est presque impossible d'en approfondir le véritable mécanisme.

Nous observons bien trois organes, pour exprimer les consonantes: les levres, la langue et le palais; mais le nez y concourt aussi très essentiellement. En fermant le nez on ne sauroit prononcer les lettres *m* et *n*, on n'entend alors que *b* et *d*. Une grande preuve de la merveilleuse structure de notre bouche qui la rend propre à prononcer des paroles est sans doute, que l'adresse des hommes n'a encore pu réussir à l'imiter par quelques machines. On a bien imité le chant, mais sans aucune articulation de sons et distinction des diverses voyelles.

Ce seroit sans doute une des plus importantes découvertes, que de construire une machine qui fut propre à exprimer tous les sons de nos paroles avec toutes les articulations. Si l'on réussissoit jamais à exécuter une telle machine, et qu'on fût en état de lui faire prononcer toutes les paroles par le moyen de certaines touches, comme d'une orgue ou d'un clavecin, tout le monde seroit avec raison surpris d'entendre, qu'une machine prononçât des discours entiers, ou des sermons qu'il seroit possible d'accompagner avec la meilleure grace. Les prédicateurs et les orateurs, dont la voix n'est pas assez forte ou agréable, pourroient alors jouer leurs sermons et discours sur une telle machine, tout de même que les organistes jouent des piéces de musique. La chose ne me paroît pas impossible.

*le 16 Juin 1761*

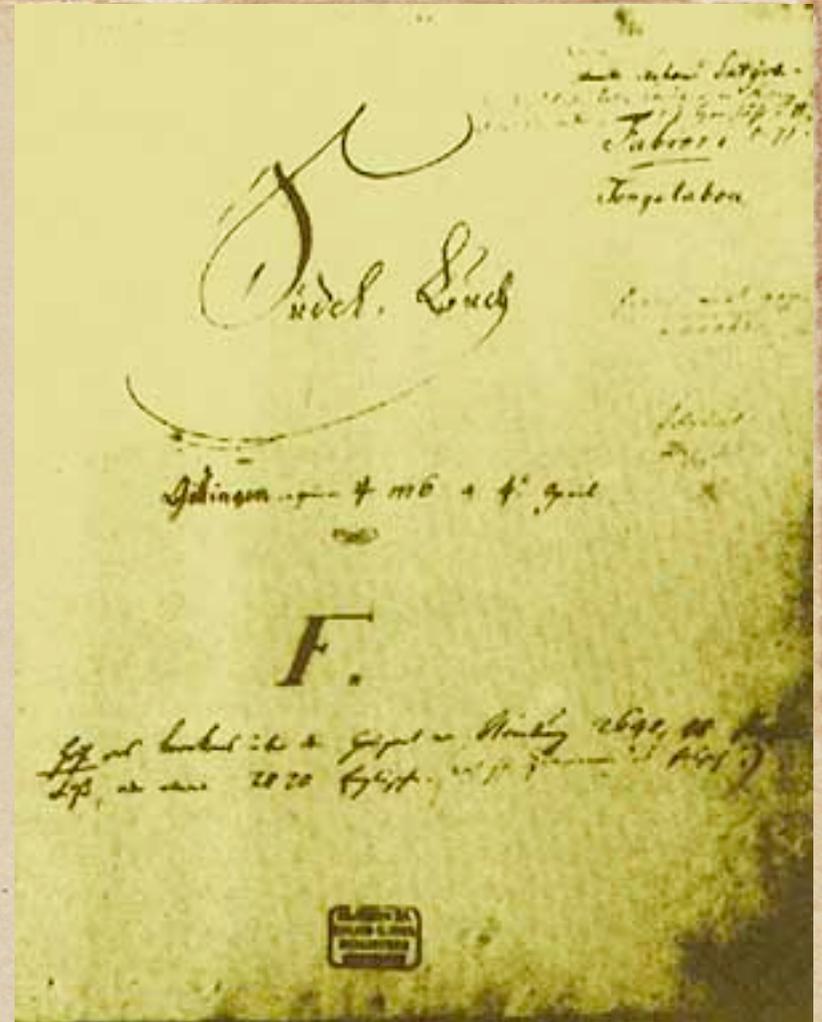
*Note.* Dans la *Dissertatio de Sono* (E002, § 23), Euler discute brièvement la production de la langue parlée, et mentionne en particulier :

.... Tremulus iste motus aeris egredientis, cum in capite arteriae asperae, tum in cavitate oris variis modis immutatur, ex quo vox gravis atque acuta inflectitur, **varique vocales formantur, qui soni ope labiorum, linguae atque faucium consonantibus exornantur.** Quin et naso, cum aeri ab epiglottide, tremulo reddito exitus per nasum quoque pateat, varii soni respectu gravis et acuti edi possunt, **qui autem a sonis oris in eo differunt, quod nec vocalibus distincte interstingui, nec consonantibus condiri possint.**



Georg Christoph Lichtenberg  
Sudelbuch F, 1090 (1780) :

Eulers Maschine Predigten zu  
spielen, wenn man Worte könnte  
herausbringen wie Töne, ist ein  
vortrefflicher Einfall.



La machine d'Euler pour jouer  
des sermons, si on pouvait  
produire des mots comme des  
sons, est une excellente idée.

«Une excellente idée» ??

Peut-être bien,

mais Lichtenberg est sûrement ironique  
(un sermon dispensé par une machine ...)

et puis

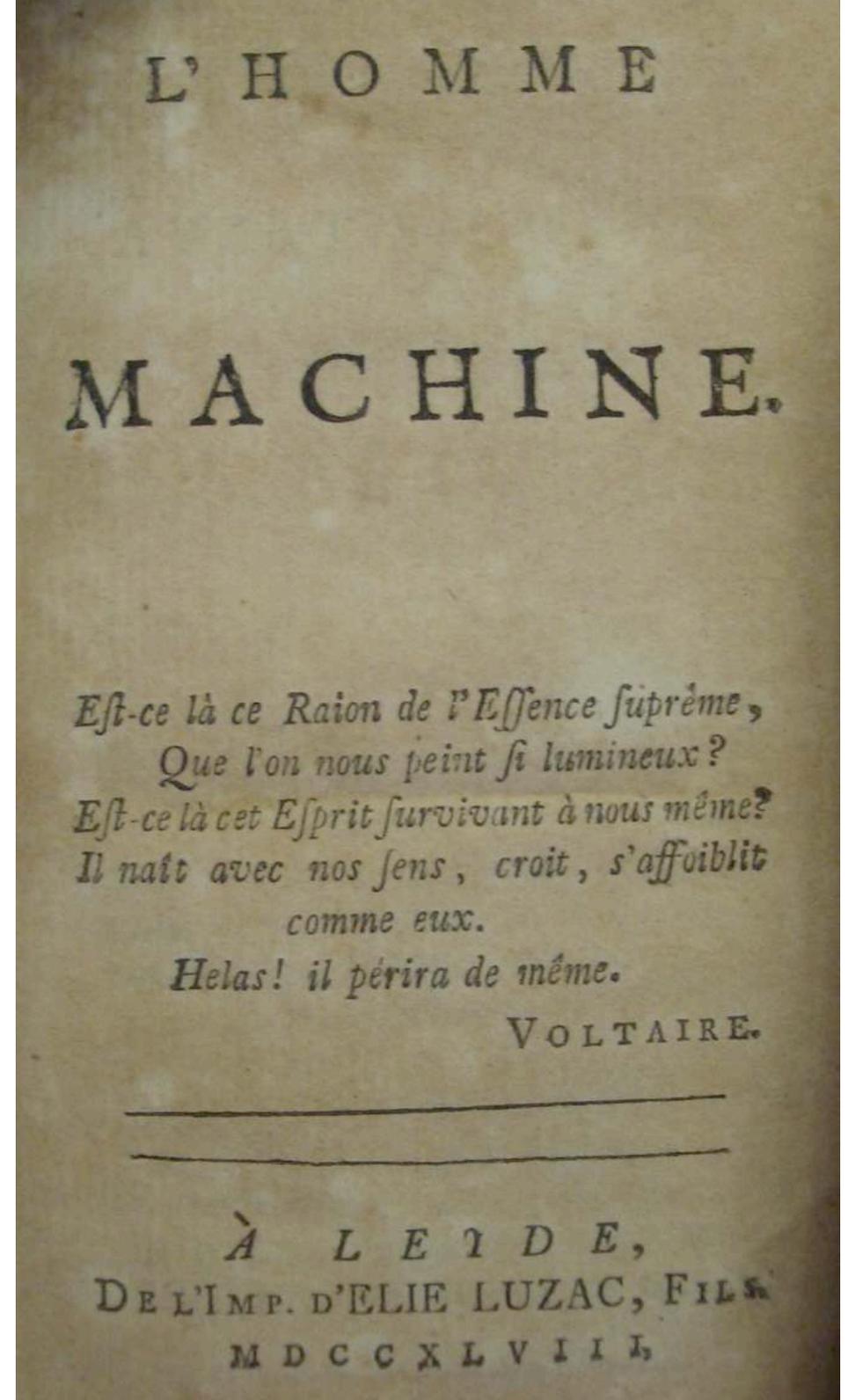
l'idée de base n'était pas venu qu'à Euler .....

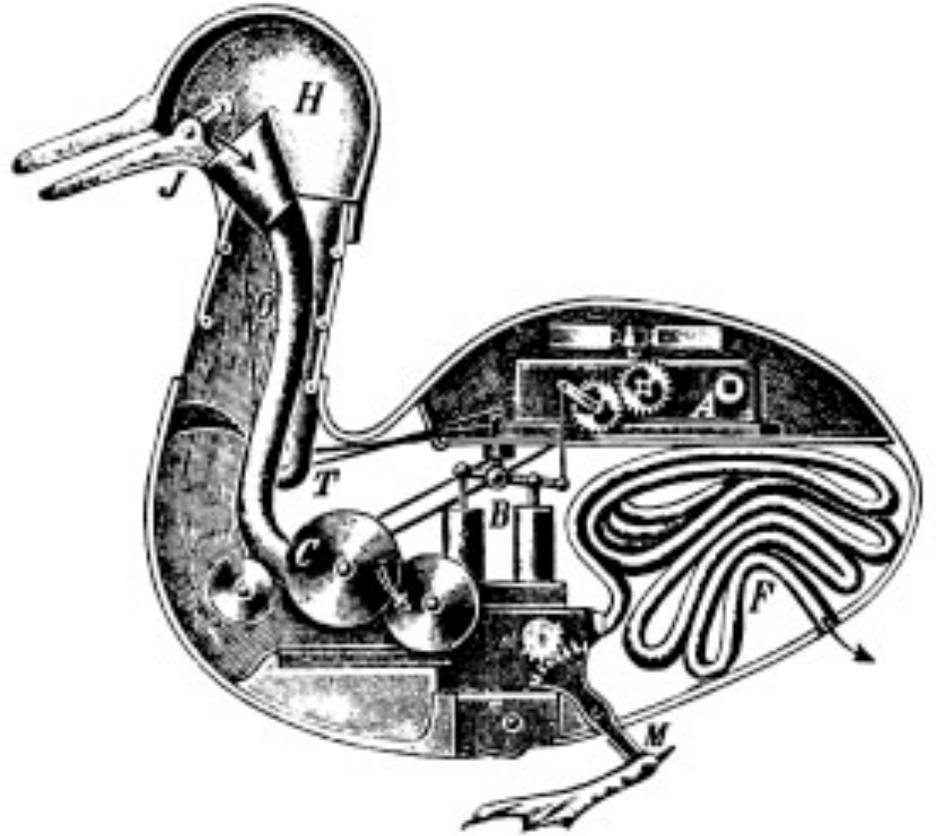
# Julien Offray de La Mettrie



1747

S'il a fallu plus d'art à Vaucanson pour faire son *fluteur* que pour son *canard*, il eût dû employer encore davantage pour faire un *Parleur* ; Machine qui ne peut plus être regardée comme impossible, surtout entre les Mains d'un nouveau Prométhée.



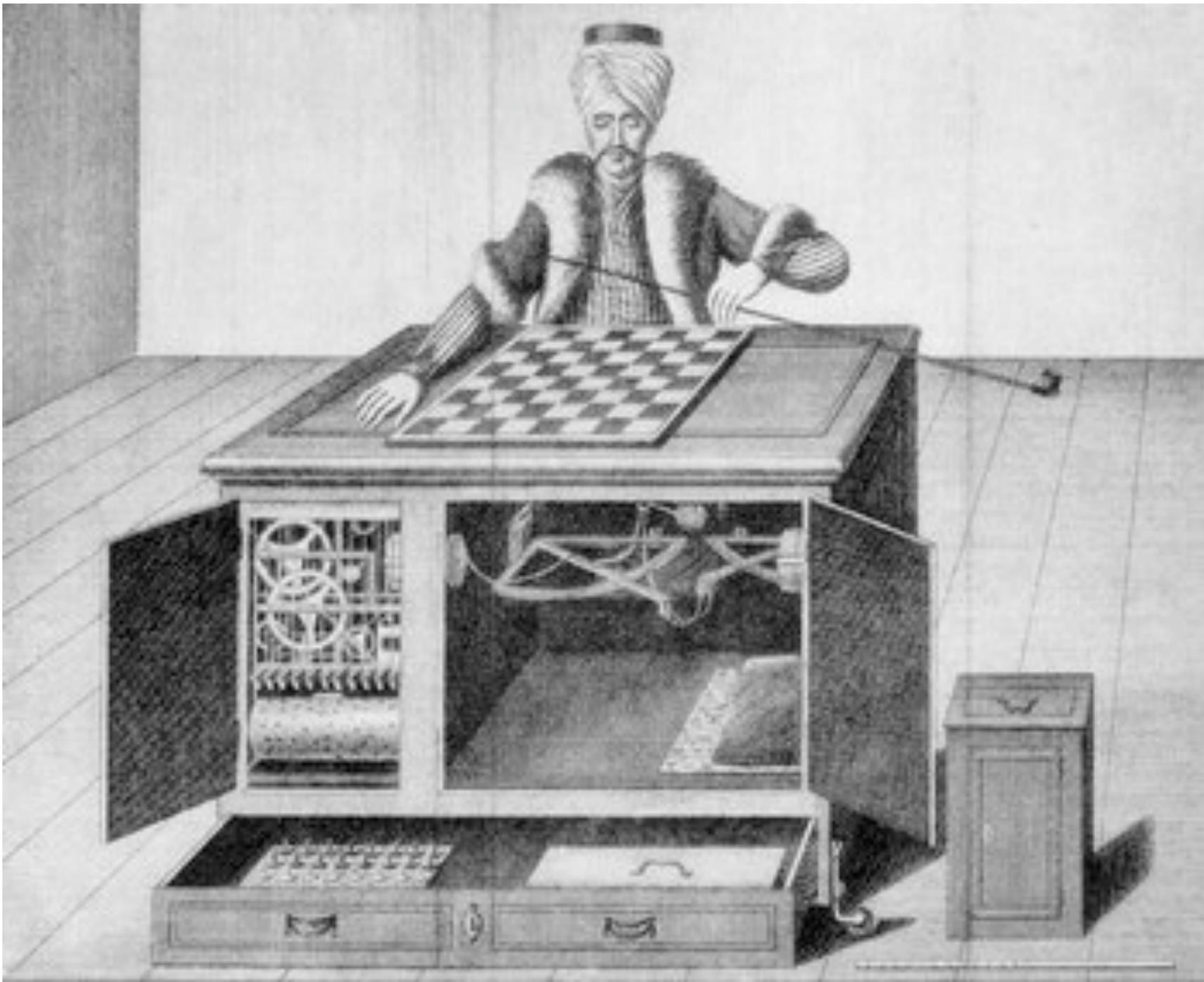


Jacques de Vaucanson: *Canard Digérateur* (>400 pièces mobiles)  
1739

A mechanical duck which picks and digests grains and flaps its wings



A commercial in the form of a *Carte postale* featuring Vaucanson and his inventions.



Baron Wolfgang von Kempelen's  
chess playing "Turk"

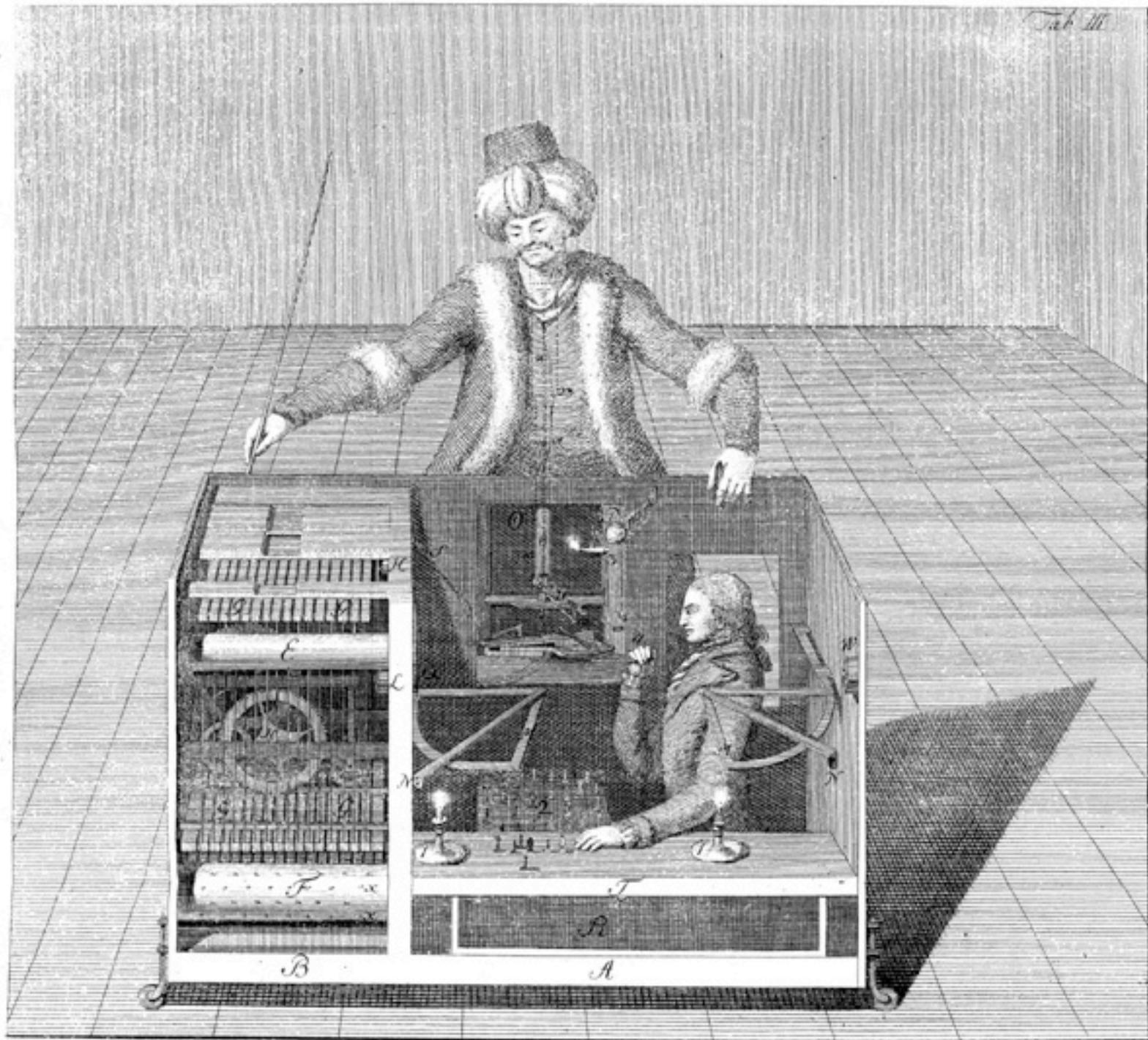
Baron Wolfgang von Kempelen publie en 1791 le livre:

*Mechanismus der menschlichen Sprache*

*nebst Beschreibung einer sprechenden Maschine.*



L'invention de von Kempelen :  
die *Sprechmaschine*,  
au Deutsches Museum, München

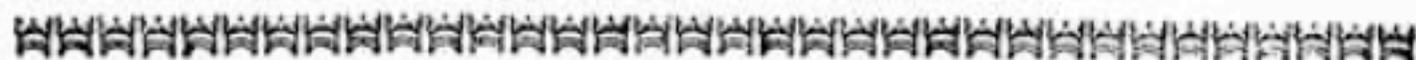


## Euler à Goldbach, Berlin, 4 juillet 1744

---

Allhier wird stark Schach gespielt: es befindet sich unter andern ein Jud hier, welcher un-  
gemein gut spielt, ich habe einige Zeit bei ihm Lektionen genommen und es jetzt so weit ge-  
bracht, daß ich ihm die meisten Partien abgewinne.

On joue beaucoup aux échecs par ici. Il y a un juif ici qui joue  
extraordinairement bien. J'ai pris des leçons chez lui pendant  
un certain temps et maintenant j'ai fait assez de progrès  
pour le battre dans la plupart de nos parties.



# SOLUTION

D'UNE

QUESTION CURIEUSE QUI NE PAROIT  
SOUMISE À AUCUNE ANALYSE,

PAR M. EULER.

I.

**J**e me trouvai un jour dans une compagnie, où, à l'occasion du jeu d'échecs quelqu'un proposâ cette question: *de parcourir avec un cavalier toutes les cases d'un échiquier, sans parvenir jamais deux fois à la même, & en commençant par une case donnée.* On mettoit pour cette fin des jettons sur toutes les 64 cases de l'échiquier, à l'exception de celle où le Cavalier devoit commencer sa route; & de chaque case où le Cavalier passoit conformément à sa marche, on ôtoit le jetton, de sorte qu'il s'agissoit d'enlever de cette façon successivement tous les jettons. Il falloit donc éviter d'un côté, que le cavalier ne revint jamais à une case vuide, & d'un autre côté il falloit diriger en sorte sa course, qu'il parcourut enfin toutes les cases.

6. Or d'abord je remarque, qu'on pourroit satisfaire à la question, si l'on trouvoit une telle route, où la dernière case marquée par 64 seroit éloignée de la première 1 d'un saut de cavalier, de sorte qu'il pourroit sauter de la dernière sur la première. Car, ayant trouvé une telle route rentrante en elle-même, on pourra commencer par quelque case que ce soit, & de là continuer la course suivant l'ordre des nombres jusqu'à la case marquée par 64, d'où, en sautant à celle qui est marquée par 1, il acheveroit la course jusqu'à retourner à celle d'où il étoit parti. Or voilà une telle route rentrante en elle-même,

42	57	44	9	40	21	46	7
55	10	41	58	45	8	39	20
12	43	56	61	22	59	6	47
63	54	11	30	25	28	19	38
32	13	62	27	60	23	48	5
53	64	31	24	29	26	37	18
14	33	2	51	16	35	4	49
1	52	15	34	3	50	17	36

qu'il faut suivre. D'ailleurs une telle recherche ne merite aucune attention, à moins qu'elle ne soit fondée sur quelques principes; ou qu'on ne la puisse soumettre à quelque espèce d'Analyse, qui en dirige les opérations

Ce n'est aussi que dans cette vue que j'ose proposer mes recherches sur cette question: auxquelles j'ai été conduit par une idée

1011.



toute particliere, que Mr. Bertrand de Geneve m'a fournie; car, quoiqu'elle soit legere en elle-même, & tout à fait étrangere à la Géométrie, elle doit être regardée comme très remarquable, dès qu'on aura trouvé moyen d'y appliquer l'Analyse. Or je ferai voir qu'elle est susceptible d'une analyse tout particliere, qui doit mériter d'autant plus d'attention, que cette analyse demande des raisonnemens peu usités ailleurs. On convient aisément de l'excellence de l'Analyse, mais on la croit communément bornée à de certaines recherches, qu'on rapporte aux Mathématiques; & partant il sera toujours fort important d'en faire usage dans des matieres qui lui semblent refuser tout accès: puisqu'il est certain qu'elle renferme l'art de raisonner dans le plus haut degré. On ne sauroit donc étendre les bornes de l'Analyse, sans qu'on ait raison de s'en promettre de très grands avantages.

# Un petit résumé de l'idée d'Euler, dans le contexte

- ⊗ On peut découvrir et comprendre en construisant des machines (à défaut d'une théorie mathématique)  
Cf. La Mettrie et son programme de modèles anatomiques pour la formation des médecins.
- ⊗ Une machine accomplit ce que celui que l'opère ne sait pas faire.  
Cf. machines pour la production de soie (Vaucanson).
- ⊗ Il s'agit d'une capacité typiquement humaine, parler.  
Cf. jouer aux échecs.
- ⊗ L'effet "show" n'est pas négligé par Euler.  
Cf. automates mécaniques présentés aux foires.
- ⊗ *L'attention aux prédicateurs est tout à fait le pieux Euler lui-même.*

# Trois types de la compréhension scientifique

## **Exemples:**

- comprendre la nature d'objets (mathématiques ou empiriques, par exemple aussi une machine qui existe déjà et fonctionne) par l'analyse mathématique ;
- s'il n'y a pas [encore?] de théorie mathématique, construire une machine pour imiter et ainsi comprendre ;
- dans certain cas, on est réduit à admirer l'oeuvre insondable du créateur.

Analyser la suite 1,2,6,24,120, ...  
par

$$\int_0^1 (-\log x)^s dx \quad (\text{E019})$$

Le timbre vocal ....

La vision, i.e., la représentation par notre entendement, de l'image sur la rétine .....

## De la *Lettre 41 à un Princesse d'Allemagne*

Nous reconnoîtrons dans la structure des yeux, des perfections que l'esprit le plus éclairé ne sauroit jamais approfondir; et le plus habile artiste ne sauroit jamais fabriquer une machine de cette espèce, qui ne soit infiniment au-dessous de tout ce que nous découvrons dans les yeux; quand même nous lui accorderions le pouvoir de former la matière à son gré, et le plus haut degré de pénétration dont un homme peut être susceptible.

## Fin de la *44e Lettre à un Princesse d'Allemagne*

L'oeil surpasse donc infiniment toutes les machines que l'adresse humaine est capable de produire.

## Quelques extraits de la correspondance Euler - Lambert à propos du timbre vocal

Lambert à Euler 12/07/1762:

Il semble que la difference des sons, comme par exemple des voielles a quelquechose de specifique, et que peutêtre on pourroit mieux la comparer à la difference des couleurs et de leur melange, que les differens intervalles des sons, comme on a fait jusqu'ici. L'organisme pour prononcer les voielles sans consonnes se distingue aisement. C'est principalement la langue, qui les modifie, puisqu'en prenant entre les dents un bois pour en conserver l'ouverture, ou en fermant les dents tout à fait, on peut encore les prononcer assez distinctement et à l'unisson, bienque cela aille mieux, en y employant les dents et le levres. On donne par cet organisme une certaine figure de l'onde, qui transmet le son, dont l'ouverture des levres et des dents semble être la base. Par contre les sons aigus ou graves dépendent plutôt de la gorge, puisque on chantera la même voielle par exemple **a** par toutes les notes, sans mouvoir ni dents ni levres, et sans autre mouvement de la Langue que celui qu'entraîne le retercissement successif de la Gorge.

Ensuite la force d'un même son et prononcé par une même voyelle peut être différente, à mesure que le poumon et les muscles sont plus susceptibles de tension, de force et de vitesse. La différence d'âpreté des surfaces intérieures de la gorge fait enfin la différence entre les sons plus ou moins sonores. Les flûtes traversières sont sujettes à ce changement, si elles ne sont bien huilées et nettoyées intérieurement. Du reste l'air, qui touche immédiatement le tympan et le canaux de l'oreille ayant plus de Chaleur que l'air extérieur, est aussi différent en densité, et je ne doute pas que cela ne contribue à modifier encore les sons, jusqu'à faciliter ou à affaiblir l'ouïe. L'obliquité de l'incidence des sons dans l'oreille nous fait assez démêler la contrée d'où ils viennent, et il y a apparence, que les nerfs, qui transmettent le son jusqu'au cerveau sont mus différemment par cette obliquité, et que cette différence va jusqu'à être locale.

Euler à Lambert 4/12/1762:

La vraie difference entre les sons des diverses voyelles meriteroit bien le plus soigneux examen: je crois qu'il en faut chercher la raison dans l'étendue et la figure de la masse d'air qui a été ébranlé originairement; et la manière, dont cette masse est enfermée ou ouverte y contribuera sans doute aussi beaucoup, mais que la diversité des voyelles reponde à celle des couleurs me paroît encore très incertain, ne voyant point, comment une plus grande ou plus petite refraction en pourroit être l'effet; quoique la meme difficulté se trouve également, quand on compare les diverses couleurs aux sons graves et aigus; si ce n'est qu'une experience attribuée à M. Demairan soit fondée, que les sons aigues se propagent plus promptement que les graves.

Lambert à Euler 7/03/1763:

Une des raisons pourquoi j'avois cru pouvoir comparer dans ma précédente les voielles aux couleurs, c'est que la différence de l'une et de l'autre semble être specifiq. On reconnoit les voielles comme on reconnoit les couleurs. Mais les degrés de clarté et ceux de l'intensité des sons ne se reconnoissent pas si aisément. Et souvent en croiant chanter telle ou telle note on se trouve trompé en consultant quelq. Instrument. J'étois sur le point de faire cette reamarque §14 de la Photometrie. Il semble que les couleurs ne sont que des modifications des mêmes raions, produites dans les corps diaphanes et colorés, et que les sons de voielles ne different point autrement.

# Listes de voyelles.

## L. Euler E852 : *Meditationes de formatione vocum.*

Euler y considère différentes langues, de l'hébreu jusqu'au suisse-allemand

Eodem modo prodeunt tres vocales primarii classis secundae, sonorum crassiorum. Si cavitas oris anterior, quantum fieri potest, extendatur, oritur vocalis *a*, planum apertum, Hebraeis א patach, *Blatt*, *matt* Germanis. Si eadem anterior oris pars maxime contrahitur et labia protenduntur, audietur vocalis *u* acutum ut in germanico *Uhr*. Si eadem cavitas anterior in statu medio collocetur, percipietur vocalis *o*. Sunt ergo tres primarii secundae classis sonorum crassiorum hi: 1) *a* apertum, 2) *o* et 3) *u* acutum. Horum inter 1 et 2 vocalis medius usurpatur *a* obtusum ut in germanico *Grad* et fere omne *a*, prout a Suevis et Bavaris pronuntiatur. Hebraeis est *a* longum Kametz א. Inter *o* et *u* usu venit medius vocalis *u* obtusum ut in germanicis *Bruch*, *Stuck* etc. Dantur iam etiam soni intermedii inter

# Liste de 17 voyelles de base tirée de Lambert, *Neues Organon*, tome 2 (1764)

1. a, wie es die Deutschen in **haben**, **Adam** etc. aussprechen.
2. oa, ein Mittelton zwischen o und a.
3. ae, wie in dem Wort **Vers**, **mäß**, **her**.
4. ae, wie im Französischen in *fait*, im Deutschen **sey**, **Herr**.
5. e, wie in **geh**, **mehr**,
6. e, wie in den letzten Sylben der Wörter **sitzen**, *faire*.
7. e, wie in einigen holländischen Oertern die erste Sylbe in *siten*, ein Mittelton zwischen e und i
8. i, wie im Deutschen **mir**, **Hirt**.
9. i, wie im Französischen *vif*, im Deutschen **vil**.
10. u, wie im Französischen *pur*.
11. u, wie in der Schweiz **für**, **über**, **füllen**.
12. u, wie *outré*, *joug*, **Muse**, **Uhr**.
13. u, wie *gloire*, **ruhen**, **fuhr**.
14. u, wie **Stufe**, **murren**, **um**.
15. o, das o chiuso der Italiener, ein Mittel zwischen u und o.
16. o, das o aperto der Italiener, ein klingendes o.
17. oe, wie in der Schweiz **hören**, im Französischen *leur*, *feu*.

Euler retourne au problème de la machine parlante en 1779 en posant comme problème pour le prix de l'Académie de St. Petersburg de cette année:

- Expliquer la nature de la différence des voyelles ;
- Construire une machine sur le modèle du registre *Vox humana* des orgues, qui est capable de prononcer correctement les voyelles.

And the winner is : **Christian Gottlieb Kratzenstein.**

### Euler über CGK:

Zu der Mechanic hätte in der That keine tüchtigere Person gefunden werden können, indem er nicht nur eine vollkommene Erkkänntnüß von allen Maschinen besitzt, sondern auch bey einem jedem vorkommenden Fall die bequemste Art sehr sinnreich ausfündig zu machen und auch selbst ins Werk zu richten imstande ist ....  
(1748)

An des H. Kratzensteins Schrift habe ich mich auf eine ganz ungemene Art ergötzet und seine Scharfsinnigkeit in mechanischen Erfindungen nicht genugsam bewundern können. ... Ein solch geschickter Mann als H. Kratzenstein ist, verdienet auf alle mögliche Art ferner angefrischt zu werden ..... (1751)

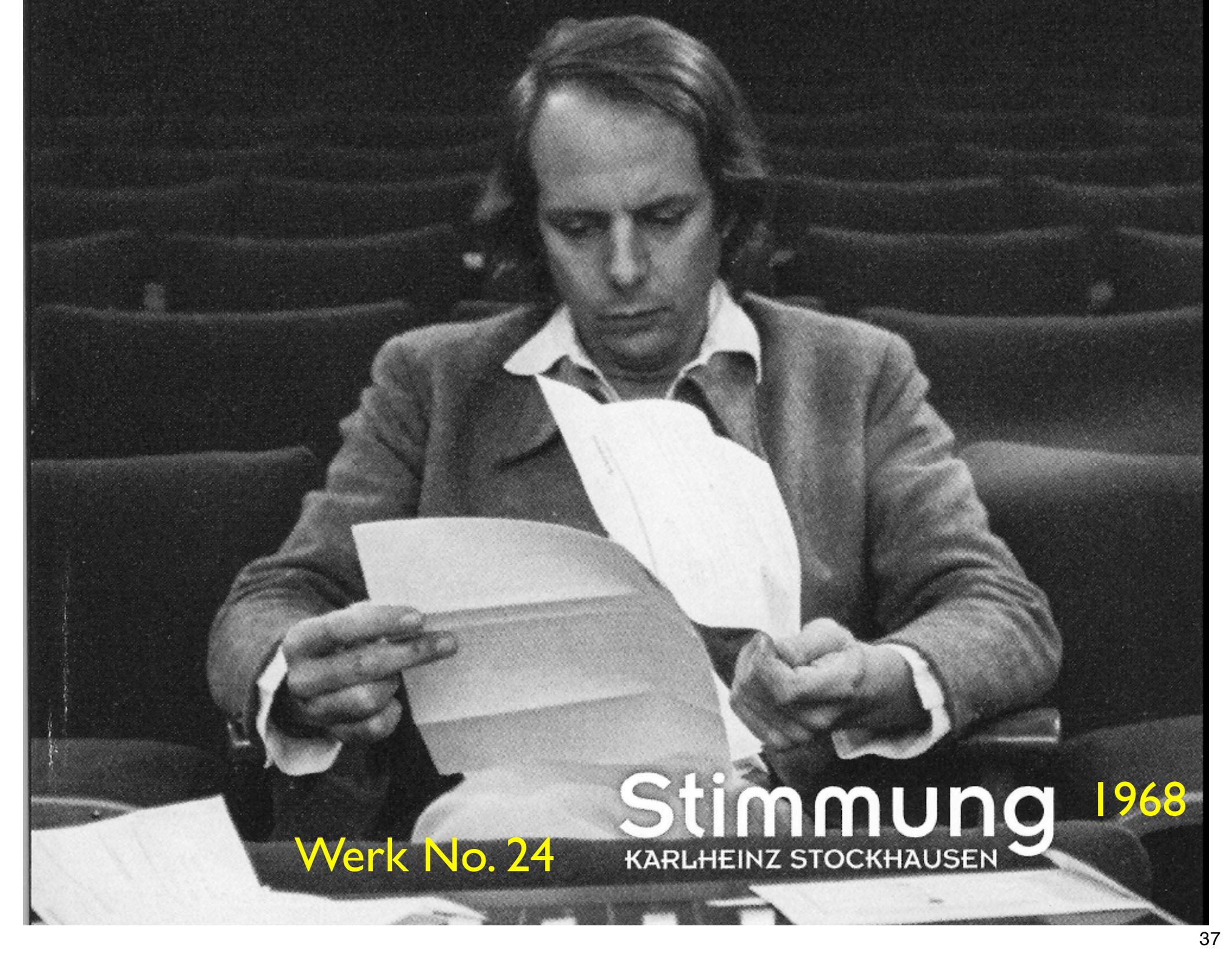
1723 - 1795

## Christian Gottlieb Kratzenstein.



CGK insistait sur le côté scientifique, professoral de ses bricolages mécaniques.

Mais il avait fait des exposés de vulgarisation, surtout à Copenhague (à partir de 1753), après son séjour à St. Petersbourg (depuis 1748).



Werk No. 24

Stimmung 1968  
KARLHEINZ STOCKHAUSEN



Stockhausen

Nr. 24

Stimmung

für 6 Vokalisten

UE 11805

Universal Edition



Stimmung

# FORMSCHEMA

The diagram illustrates a musical score for six voice parts: Soprano I, Soprano II, Alt, Tenor I, Tenor II, and Bass. The score is organized into 15 numbered measures, with the first measure being a whole rest. Above the measures, the letters 'N' are placed above measures 2, 3, 4, 5, 8, 9, 11, 12, 13, 14, and 15. Circles containing the letter 'T' are placed above various notes in the Soprano I, Soprano II, Alt, Tenor I, and Bass parts. Vertical dashed lines connect these 'T' markings across the staves. Some staves have a 'b' (flat) marking. A 'var.' (variation) marking is present in the Soprano II part at measure 8. The diagram shows the melodic lines and their relationships across the different voice parts.

# Stockhausen STIMMUNG

# Modelle

6  
| ca 40

Zunge vor- und zurückschieben  
Lippen öffnen - schliessen - öffnen

5  
| = 90

Frauenstimme ruft einmal hoch, deutlich *gliss*

zer he — l —  
("sehr hell")

Männerstimme kann einmal rufen

he — le na

evtl. anhaltend da  
und gleichzeitig mit Einsatz des folgenden Modells

6  
| = 126 (d. = 42)

diese Dauer einmal unerwartet, da  
die anderen folgen. *capo*

und gleichzeitig mit Einsatz des folgenden Modells.

5  
| = 60

leise - kein Ton, nur Rauschen, aber deutliche Tonhöhen.

manchmal individuell und gleichzeitig mit Einsatz des folgenden Modells

Obertöne flüsternd pfeifen  
einhauchend (wie Wind)

Oberton flüsternd pfeifen  
aushauchend

da ca

Das Tempo kann etwas schwanken,  
die anderen gehen mit.

glin  
un — d  
| | | | etc.

deutsche Aussprache  
singend sprechen  
mp  
ziemlich hoch anfangen  
- betont  
3  
1

rū se ral krū sel fin fin gen im  
ond  
här chen  
glēi lun a spū  
fin gur rum sil li ka ma krū  
tel mit fin se lein. kri rü sel  
kit sel kreis  
tel ring se la ra sirm  
feuch se kru tit  
lee sel

ganz  
kontinuierlich  
alle Silben verbinden,  
auch einatmend  
sprechen.

*Magische  
Namen*

RHEA

Griech.: Mutter von Zeus

GAIA

Griech.: Erdgöttin

CHRONOS

Griech.: Gott der Zeit

Magische  
Namen

XOCHIPILLI

Aztec.: Gott der Blumen, Musik, des  
Tanzes, des Spiels, der Jugend

TETEOINNAN

Aztec.: Mutter der Götter  
oder

TOCI

Aztec.: „unsere Großmutter“

QUETZALCOATL

Toltec.-Aztec.: König der Götter, G  
der Priester, Symbol der Zivilisatio

COATLICUE

Aztec.: Mutter von Uitzilopochtli

UITZILOPOCHTLI

Aztec.: Gott der Sonne, Krieger

TEZCATLIPOCA

Aztec.: Gott des Nachthimmels

TLALOC

Aztec.: Regen-Gott

UEVETEOTL

Aztec.: Feuer-Gott  
oder

XIUHTECUHTLI

Aztec.: Feuer-Gott

MIXCOATL

Aztec.: Gott der Milchstraße, Jagd-Gott

CHALCHIHUITLICUE

Aztec.: Göttin des süßen Wassers  
oder

UIXTOCIUATL

Aztec.: Göttin des Salzwassers und  
des Meeres

CENTEOTL

oder

CHICOMECOATL

oder

XILONEN

Aztec.: Mais-Göttinnen

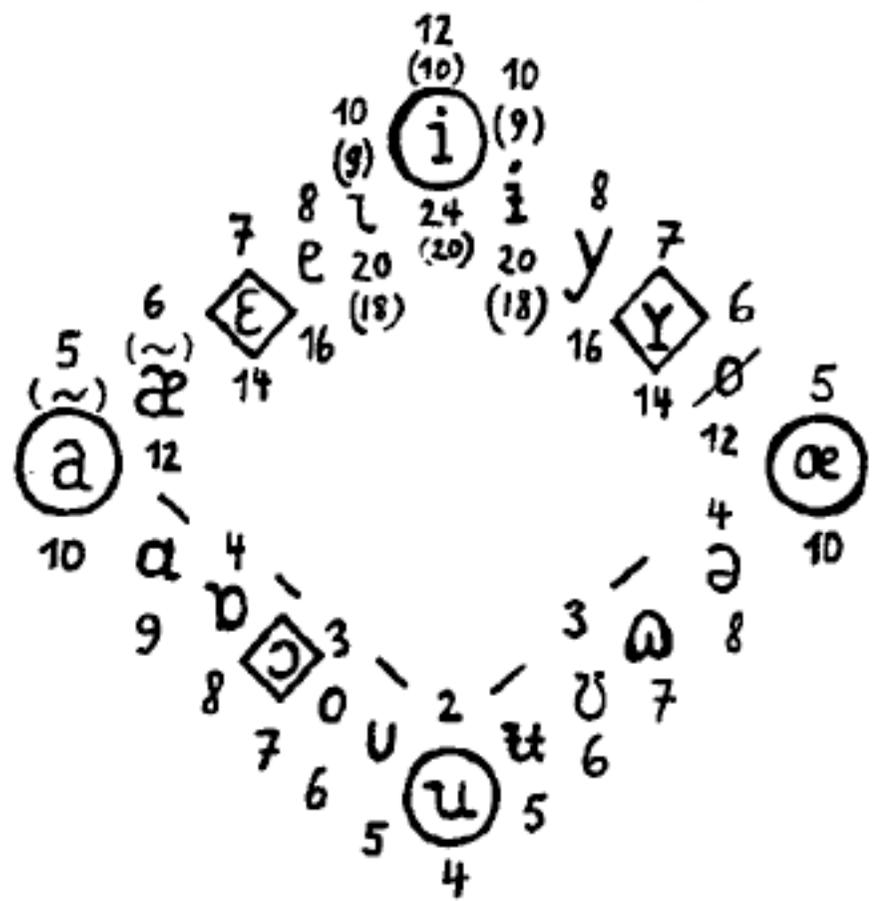
13. STIMMUNG demands a special **vocal technique**:

- a) The singing must be without vibrato and with minimal loudness, so as to enable the vocalist to sing quite long with one breath, to hear himself and the pitch of the model (or some other reference pitch) and the other singers. Therefore the singers should sit closely together in a circle.

Depending upon the main characteristics of groups of models, the average dynamic level of such larger sections should vary between extremely soft and mezzo piano.

- b) **Phonetic symbols**, combined with **numbers** indicating the overtone of a vowel that is to be especially emphasized, were used to notate the timbres in the models.

In the following **vowel-square**, each vowel has two numbers. They indicate the overtone that is heard as dominating while singing the vowel; the number below the vowel applies to low male voices (for example on the pitch 114 Hz), the number above the vowel applies to high male voices and low female voices (for example on the pitch 285 Hz).



The numbers notated in the models naturally apply only relatively to "low" and "high" vocal registers; between them, there is a continuous transition (for example with [u], low male voice, glissando upwards, the 4<sup>th</sup> overtone changes slowly into the 3<sup>rd</sup>, into the 2<sup>nd</sup>, and intermediate positions like the 5<sup>th</sup>, 7<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup> overtones fall away). The singers may therefore, depending on the register of their intonation, shift the overtone numbers (the higher the register, the smaller the number, that is, the fewer of the prescribed vowels can be articulated).

With enough practice one can reach the point where the pitch one is singing is relatively soft and the dominating overtone relatively loud. In order to get the desired overtone of a given vowel, one best begins always with [u] (narrowest position) and then slowly changes, completely continuously, upwards from overtone to overtone, either over [ɔ] - [a] - [ɛ] to [i] or over [ɯ] - [œ] - [ɥ] to [i]. It is possible, depending on lip, mouth and tongue position, to intonate each overtone separately, from the 4<sup>th</sup> (or 2<sup>nd</sup>) up to approximately the 24<sup>th</sup> (or 12<sup>th</sup>).

With enough practice one can reach the point where the pitch one is singing is relatively soft and the dominating overtone relatively loud. In order to get the desired overtone of a given vowel, one best begins always with [u] (narrowest position) and then slowly changes, completely continuously, upwards from overtone to overtone, either over [ɔ] – [a] – [ɛ] to [i] or over [ɔ] – [œ] – [ɤ] to [i]. It is possible, depending on lip, mouth and tongue position, to intonate each overtone separately, from the 4<sup>th</sup> (or 2<sup>nd</sup>) up to approximately the 24<sup>th</sup> (or 12<sup>th</sup>).

Only after the singers are able to hit the overtone positions with a good degree of accuracy, can they begin rehearsing the models. Before a singer begins with his model, he may **tune up** by singing [u] on a sustained tone and then slowly changing until he comes to the vowel and overtone with which the model begins. This should also be done **during performance**.

In almost all models, held tones are notated after the period which is to be constantly repeated. They may be inserted 'occasionally', 'individually' or 'collectively' (all singers synchronous) into the sequence of repetition. Overtone positions may be corrected during these tones.