

SÉMINAIRE DE PHILOSOPHIE ET MATHÉMATIQUES

B. RYBAK

L'ordre chaotique

Séminaire de Philosophie et Mathématiques, 1987, fascicule 4
« L'ordre chaotique », , p. 1-8

http://www.numdam.org/item?id=SPHM_1987__4_A1_0

© École normale supérieure – IREM Paris Nord – École centrale des arts et manufactures,
1987, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la série « Séminaire de philosophie et mathématiques » implique
l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute
utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale.
Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

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

L'ORDRE CHAOTIQUE

B. RYBAK

La notion de chaos a plusieurs acceptions. Il y a d'abord la définition du dictionnaire, soit : anarchie, désordre. C'est ce que nous avons nommé le chaos de première espèce. Ensuite, Prigogine (1) a introduit le fait du chaos générateur d'ordre - "ordo ab chao" - (donc, chaos de deuxième espèce). Par nos travaux expérimentaux en Biophysique de la phonation, (2) (3) (4) (5) nous avons été conduit (6) (7) (9) (10) à établir la notion d'ordre chaotique (ou chaos de troisième espèce) qui correspond à ceci dans l'expérience princeps : la phonation est une modulation de la ventilation humaine correspondant à des modifications topo-géométriques instantanées des différenciations anatomiques constituant l'appareil phonatoire, de sorte que les flux d'air qui engendrent les sons linguistiques ne peuvent pas s'écouler de façon laminaire et on a donc affaire à des flux turbulents intra-luminaux s'extériorisant au niveau oro-nasal. Ces turbulences phonatoires externes ont pu effectivement être démontrées par stioscopie interférentielle (montage de l'ONERA). Mais le point remarquable, qui est ressorti de l'analyse des images ainsi filmées à 500 clichés par seconde, est que chaque son linguistique correspond à une morphologie turbulente définie. Il s'agit donc dans chaque cas d'un ordre constitué de turbulences ou - comme le terme "turbulence" est l'expression opératoire pour dire métaphoriquement "chaos" - d'un ordre constitué de chaos ou ordre chaotique.

Dans notre première publication sur ce sujet, nous attirions l'attention sur ce que ces chaos ordonnés intéressaient la Physique générale et aussi la Sociologie. Aujourd'hui la multiplication de ce concept en Physique, Astrophysique, Biologie, Humanités a montré sa généralité. Il n'est pas question ici de faire une recension de ce concept, nous limitant à en examiner trois aspects, sans considérer les différents traitements que l'on pourrait en donner (fractals, attracteurs...) :

- 1) en Métrologie,
 - 2) en Physique des solides,
 - 3) en Arithmétique.
-

1) Examinons en Métrologie le cas de la mesure par tracés analogiques de phénomènes réels comme ceux des ordres chaotiques des différents sons linguistiques. Cela revient à mesurer les débits d'air en suivant les décours temporels d'un ventilomètre à la fois linéaire, sensible et rapide lequel n'existait pas. C'est ainsi que nous avons été amené à en construire un qui utilise comme paramètre la vapeur d'eau contenue dans l'air expiré qui, curieusement, n'avait jamais été mis en oeuvre en ventilométrie quoique représentant une constante puisque la pression partielle alvéolaire de vapeur d'eau est de 47 torr ; cela paraissait représenter un bon paramètre pour la rapidité de réponse notamment, étant donné la condensation rapide sur une surface ad hoc et l'évaporation également rapide de l'eau ainsi condensée dans un courant gazeux. De fait, l'instrument que nous avons réalisé en 1972 - et qui est donc un hygromètre ampérométrique - répond dans le domaine des millisecondes (la figure 1 montre la concomitance des réponses de cet hygromètre et d'un microphone enregistrant la suite rapide d'un même son fondamental/papapapapa.../ qu'engendrent donc les flux d'air pulmonaires).

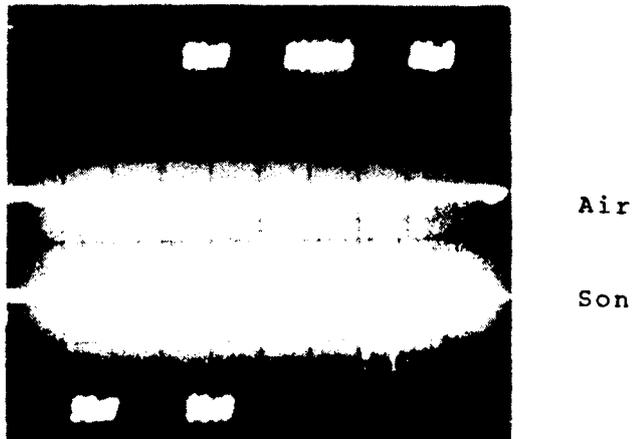


Figure 1

Ceci étant, comme on peut prononcer 10 sons linguistiques par seconde, on peut penser utiliser cet appareil en Phonétique ; de fait, la procédure a pris son plein développement quand, dès les premières expériences, nous avons pu mettre en évidence pour chaque son linguistique un tracé ventilatoire associé de morphologie spécifique. Ce résultat inattendu nous a conduit à promouvoir la Phonétique analogique ventilatoire (de sigle V.A.P.) qui complète la Phonétique analogique énergétique qui est celle du microphone.

Indépendamment du fait que l'on peut ainsi établir désormais la relation quantitative fondamentale jusqu'alors inaccessible : débit d'air générateur d'un son linguistique défini/énergie du son ainsi produit, on remarquera que les traces linéales en VAP correspondent aux processus hypercomplexes des turbulences phonatoires externes, ainsi que le montrent à titre d'exemple les deux clichés relatifs au prononcé du son /pa/, d'une part en strioscopie interférentielle (le profil du locuteur est la silhouette à droite du figure 2a) et, d'autre part, en VAP (2b).



Figure 2a



Figure 2b

Ceci pose le problème de la représentation phénoménologique réduite lors de la captation paramétrique - par ailleurs correcte (absence de masque buccale en VAP) - d'un phénomène. En l'occurrence, l'instrument de mesure formalise en paramétrant, c'est-à-dire donne un certain ordre graphique en dépouillant de sa complexité le phénomène réel. Certes, cela permet en principe, possédant ainsi une partie représentative du vêtement mais non le vêtement, de donner les éléments d'une reconstruction de ce vêtement, mais le risque est que les théories alors mises en oeuvre ne soient par pertinentes. En conséquence, le souci métrologique de description non atténuée du réel par des sur-simplifications - qui engendrent l'attitude réductionniste - passe par les techniques et méthodes de la polygraphie hétérogène, celle-ci associée, autant que faire se peut, à l'imagerie quantitative.

Autrement dit, le repérage d'un phénomène par un signal qui induira l'information est un événement important, mais c'est généralement une brîbe détectée.

2) Précisément, la "filtration" que l'on opère sur un phénomène complexe, en n'en captant que ce qui est signal le plus détectable -ce qui relève alors moins d'une purification analytique que d'un pis-aller d'expérimentation - , si on la rencontre dans des faits comme ceux qui viennent d'être exprimés où l'on part d'un ordre chaotique

naturel, se retrouve aussi si, cette fois, l'on construit artificiellement un ordre chaotique. Ainsi, si nous disons "solide", on comprend généralement "rigide", or il y a des solides qui ne sont pas rigides : les élastomères, les plastomères. C'est en partant de là que nous avons été amené à introduire une Physique des solides fondée sur la réalisation de composants électroniques utilisant des solides à hautes déformations entièrement réversibles expérimentalement.

On procède par dépôts de surface ou par inclusions dans la masse du substrat de conducteurs, semi-conducteurs, etc... C'est ce que nous avons nommé la Topoélectronique.

Ainsi, pour constituer une élastorésistance, on prend un élastomère et on dépose dessus (dans le vide par exemple) une couche mince d'or dont les atomes sont ainsi distribués aléatoirement en formant un empilement (la maille est d'environ 4 Angströms). Il s'agit donc d'une sorte de para-cristal formé d'une distribution chaotique de l'or sur un substratum déformable. C'est là une situation expérimentale intéressante. En effet, si le composant est parcouru par un courant électrique continu et si l'on exerce sur lui une traction mécanique, ce para-cristal va se disloquer et on va obtenir une courbe linéale de variation de résistance électrique ; or, si on annule la traction, en revenant à sa géométrie initiale le composant revient exactement à son niveau électrique de départ. Ce qui veut dire qu'après la dislocation bord à bord, les éléments d'or de la couche mince ont retrouvé leur place dans la topographie chaotique. Là encore, nous avons affaire à un système d'ordre chaotique, lequel permet des mesures délicates de déplacement (pouls - figure 3, mouvements des paupières, du

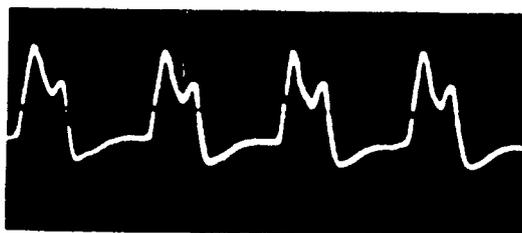


Figure 3

voile du palais, etc...). Ainsi, pour le contrôle pulmo-cardio-circulatoire non traumatique des astronautes, on peut placer ces détecteurs au niveau des pouls temporaux, radiaux, carotidiens... La sensibilité du capteur élasto-résistif est telle qu'il est possible d'enregistrer les

battements de la pointe du coeur en zone intercostale par application cutanée.

Bref, nous avons là un exemple où une structure chaotique est utilisée pour faire une mesure, c'est-à-dire un acte qui correspond à un ordre dans notre référence aux êtres et aux choses et, de nouveau, ce qui globalise l'évènement d'ensemble ne décrit pas les phénomènes fins qui se développent dans les couches minces.

Ceci conduit à l'idée plus théorique de structure chaotique, à savoir que l'on considère un système constitué par des éléments passifs noirs et des éléments passifs blancs disposés en collections séparées qui vont ensuite se mélanger par brassage homogénéisant, en formant alors, à distance, un grisé. Lorsqu'on examine les choses au niveau microscopique, on s'aperçoit qu'au moment où le grisé est stable, il reste toujours au moins deux éléments opposés en voisinage, ce qui fait que, même dans le plus grand désordre, il existe toujours de façon micro-locale dans l'étendue statistique, un certain ordre. Ceci est une notion fondamentale qu'il existe une capacité duale, une possibilité d'association avec un complémentaire, toujours source d'ordre ; on ne dit pas d'ailleurs entropie totale, on dit seulement entropie maximale.

3) Ceci nous amène à poser la problématique en termes de théorie des nombres.

Ce qui est déjà à noter, c'est que, si on prend le nombre e , on trouve 2,718281828459... Ceci est tout-à-fait remarquable parce qu'il y a une périodicité, c'est-à-dire une rationalité à l'intérieur un nombre qui est un transcendant. (15). Ici la périodicité existe au début du nombre ; pour π c'est dans la région de la 325ème décimale que l'on trouve 209209, et on trouve ensuite 9494... 1212... 999999... 1717... Cela veut dire qu'il existe un chaos numérique, ce "gaz" numérique étant fait de tous les nombres et, parmi ceux-ci, nous reconnaissons l'existence d'ordres, de régularités.

Nous vivons d'ailleurs dans un espace que nous ne pouvons pas probabiliser en toute rigueur puisqu'un point touché au hasard dans l'espace est tel, selon la plus grande chance, qu'il est un transcendant.

Le chaos numérique correspond au chaos des points sans dimension de l'espace. L'Arithmétique se constitue comme ordre du chaos duquel elle procède et qu'elle gouverne de son mieux. Pour cela, des relations cohérentes ont été trouvées qui ont donné lieu à des théorèmes et des règles, par là, à leurs conséquences mathématiques et physiques. En somme, des lignes et circuits ont été établis qui trouvent cependant leurs limites dans la structure granulaire intransgressable de la substance biotique, cytoplasmique en particulier (8) (16) (17).

Grâce à ce nouvel outillage qu'est la Géométrie non-standard, on est désormais autorisé à établir une Biophysique mathématique qui est, en fait une Géométrie

biophysico-chimique où les contacts des granules constitutifs jouent un rôle princeps ; nous gagnons ainsi en description de la Nature dans une optique où se manifeste plus clairement la distribution entre le général et, ce qui est plus que le local, le spécifique ontologique.

Reste cependant que l'ordre de compréhension est partiel et qu'il évacue - comme dans les turbulences phonatoires ou comme dans la Topoélectronique - toutes sortes de valeurs dont nous ne connaissons pas, dans la plupart des cas, le mode d'apparition et qui font pourtant partie intégrante du système, du calcul, que nous considérons. Examinons alors la concaténation numérique de π .

La suite spécifique des nombres constituant la valeur numérique de la constante universelle π répond à une loi inconnue puisque, ni les approximations empiriques bien classiques (de $22/7$ à $167/80 + \sqrt{10}/3$ en passant par $355/113$) - qui donnent des "réduites" plus ou moins conformes jusqu'à la 9ème des premières décimales, ni les calculs selon les séries ne donnent une clé quant aux modalités de construire cette valeur de π en conformité indéfinie de sortie des nombres de cette suite distinguée de décimalisation. Or, la fonction π relève obligatoirement d'une corrélation trigonométrique où doivent intervenir les fonctions sinus, cosinus et tangente sur la base de la valeur princeps 180 et ses sous-multiples ; notons déjà à ce propos que $\sin 18 = 3,09016... \cdot 10^{-1}$ et que $\text{tg } 18 = 3,249... \cdot 10^{-1}$.

Dès lors, on procède par approximations numériques successives de cadrage entre deux nombres a et b, tels que $a < \pi < b$, pour chaque valeur décimale de π à obtenir (avec un petit ordinateur, ici la règle "Sharp PC 1211", pour laquelle, de construction, π n'est obtenue qu'avec 8 décimales conformes seulement, soit 3,141592654, pour une puissance de décimalisation donc de 9 décimales qui permettraient d'obtenir 3,141592653).

A titre d'exemple de la procédure, la fonction tangente ainsi traitée donne :

$$\begin{aligned} \text{tg } 1,8 &= 3,142626... \cdot 10^{-2} \\ \text{tg } 1,7994 &= 3,141578... \cdot 10^{-2} \\ \text{tg } 1,79941 &= 3,14159... \cdot 10^{-2} \\ \text{tg } 1,7994082... &= 3,14159269... \cdot 10^{-2} \\ \text{tg } 1,79940817 &= 3,141592646... \cdot 10^{-2} \\ \text{tg } 1,799408174 &= 3,141592653... \cdot 10^{-2} \\ &\text{(d'où } x \cdot 100 = 3,141592653... \text{)} \end{aligned}$$

$$\text{(Notons que } \frac{\pi}{\text{tg } 1} = 179,981722 \dots \text{)}$$

Par la même procédure, on aboutit :

. Pour la fonction sinus à :

$$\sin 0,1800002961 = 3,141592654... \cdot 10^{-3} \text{ et}$$

$$\sin 0,180000296099999999 = 3,141592652...10^{-3}$$

(Notons que $\frac{\pi}{\sin 1} = 180,0091388...$) (18)

.Pour la fonction cosinus, l'approximation conforme passe par la voie indirecte suivante :

$\cos 10,5280778 \text{ ----> } 9,424777958...10^{-1}$ nombre tel, que divisé par 3, il donne : $3,141592653...10^{-1}$ (qui, évidemment, multiplié par 10 ----> π). (Notons que $\frac{\pi}{\cos 1} = 3,142071$).

On est loin des systèmes empiriques du type $57600 \pi^2 - 240480 \pi + 187001 = 0$ correspondant à la valeur approchée (ici, au 1/30000000)

$$\frac{167}{80} + \frac{\sqrt{10}}{3} \text{ (où } \pi = -3,1415925534... \text{)}.$$

Dans le cas présent, selon une axiomatique homogène - celle des fonctions circulaires simples strictement corrélées entre elle - nous pouvons établir de façon non laborieuse des suites de nombres qui, engendrés par approximations systématiques, donnent la suite concaténée formant π (suite que l'on doit, en principe, pouvoir pousser indéfiniment par cette procédure formelle). Il est possible que la transcendance de π intervienne dans les approximations métriques des espaces très éloignés.

L'exploration de la notion d'ordre chaotique doit devoir éviter toute représentation schématique du réel en nous faisant traquer les filtrations inconscientes que nous exerçons en pleine conscience.

REFERENCES

- 1) Glansdorff (P.) & Prigogine (I.) Structure, stabilité, fluctuations ; Masson Paris (1971) 288 p.
- 2) Rybak (B.) Méthodologie technologique pour une toxicométrie sous contraintes minimales ; Exerpta Medica Intern. Cong., n° 288 Toxicology : Review and Prospect, Proceed. Europ. Soc. Stud. Drug. toxicity, XIV - Utrecht (June 1972) 254.
- 3) Rybak (B.) Mécano-électronique ventilatoire et topoélectronique ; L'onde électrique, (1977) 57, n° 6-7, 455.
- 4) Rybak (B.) La phonétique, la dialectologie et la linguistique analogiques ; Bull. Soc. Roy. Sc. Liège (1978), n° 1-2, 17, 33.
- 5) Rybak (B.) Analogic ventilatory phonetics ; in : Adv. Technology, (B. Rybak ed.) NATO-ASI series n° 31 ; Sijthoff & Noordhoff, Hollande (1979), 281.

- 6) Rybak (B.) Turbulences phonatoires externes ; 1) .C.R.Ac.. Sc. Paris (1980) 291, 535 ; 2) film ONERA n° 991 (mars 1980).
- 7) Rybak (B.) La philosophie au présent des droits de l'Homme , 1969 ; "Actualité de la pensée de Renée Cassin" CNRS Paris (1980), Actes, Publ. CNRS Paris (1981 123 pp.(B. Rybak, G. Cohen-Jonathan, & B. Ducamin Ed.)
- 8) Rybak (B.) Physique et Biologie ; in "La pensée physique en 1980", Coll. Intern. Peyresq, Fondation Louis de Broglie Publ. Augustin Fresnel, (S. Diner, D. Fargue, & G. Lochack Ed.) Moulidars (1982) 28.
- 9) Rybak (B.) Passé, présent, futur et humanité du génie biologique et médical, "Tutorial speech", "Biomed 80" (Marseille), Bull. Acad. Roy. Sc. de Belgique (1982) LXVII, 712.
- 10) Rybak (B.) Information et langages codés ; Sém. interdiscipl. Collège de France (A. Lichnerowics, F. Perroux & G. Gadoffre, Ed.) ; Maloine, Paris (1983), 111.
- 11) Rybak (B.) Non invasive external and internal actographies - Aerospace Med. Ass. 1974 Ann. Sc. Meeting, Washington D.C., Preprint ASMA/AIAA panel : Biotechnology, Res. and Develop, 95
- 12) Rybak (B.) Completely open frog's heart on extensometer electrically and mechanically monitored (topoelectronic elastoresistances) in Adv. Technobiology) B. Rybak Ed.) NATO-ASI séries n° 31, 303.
- 13) Rybak (B.) Mesures biophysiques : génie biologique et médical, Rev. Europ. Technol. Biomédicales (R.B.M.), Paris (1983) 5, 165.
- 14) Rybak (B.) Chaotic order ; Séminaire Centre I.B.M., Rüsclikon, (19 déc. 1983).
- 15) Rybak (B.) Mathématique et Réalité; Conférence Polytechnicum de Zurich (juin 1976), Rev. Métaph. et Mor., Paris (1979) 84, n° 3, 319.
- 16) Rybak (B.) Biomathematics : some problems, Seminar Department of Mathematics, Wayne State University, USA (4 avril 1986).
- 17) Rybak (B.) Lettre à Francis FER ; Ann. Fond. Louis de Broglie (1987) 12, n° 1, 9.
- 18) Rybak (B.) La relation $\frac{\pi}{\sin l}$, R.B.M. Paris (1988) 10, n°6, 293.