

[Éditorial]

La place d'Henri Poincaré dans la pensée médicale du XXe siècle

Pierre-Marie Gagey¹, Philippe Villeneuve², Françoise Pavy³, Alain Scheibel^{1,2}
1 : Institut de Posturologie, Paris ; 2 : Posture Lab, Paris ; 3 : APAS, Paris

Les médecins du XXe siècle se sont aperçus que les découvertes mathématiques d'Henri Poincaré les concernaient. Cette prise de conscience a institué un avant et un après : on ne peut plus penser après comme avant cette « perception » et ce qu'on pensait avant doit être revisité en fonction du legs d'Henri Poincaré qui nous concerne : Les systèmes dynamiques non linéaires.

Les systèmes dynamiques non linéaires.

Il est important de comprendre ce qui nous concerne dans les systèmes dynamiques non linéaires, heureusement la chose est aisée car il est possible de ne pas faire appel à des notions de mathématiques supérieures et de raconter les choses simplement comme une histoire.

Le roi Oscar II de Suède, à l'occasion de son soixante-dixième anniversaire, aurait promis une somme coquette au premier mathématicien qui trouverait la solution du problème des « Trois corps » (Trois corps imaginaires évoluant dans un espace céleste aussi imaginaire mais soumis aux lois de Newton, bel et bien réelles, elles.) Que l'anecdote soit vraie ou fausse, Henri Poincaré a réellement été le premier mathématicien à proposer, à cette époque, une équation décrivant les trajectoires des trois corps.

L'équation décrivant cette série temporelle d'événements enchaînés (1) était si longue et si fastidieuse à résoudre que Poincaré préféra donner une représentation graphique (2) des propriétés du système désignées par l'équation. Une aubaine pour les non-mathématiciens auxquels on peut montrer ces propriétés sans les démontrer. Il est facile, par exemple, de montrer ce que Lorenz a nommé le « Phénomène Papillon » (3). Une toute petite différence dans les conditions initiales a des effets disproportionnés, bien que la loi de succession de la série temporelle soit parfaitement rigoureuse. Supposons cette loi — on ne peut plus stricte — :

$$y=kx(1-x)$$

c'est-à-dire que l'état, E , du système à l'instant $t+1$ est rigoureusement déterminé par l'équation :

$$E_{(t+1)} = kE_{(t)}(1-E_{(t)})$$

Sur un graphique de type cartésien, appelé « espace des phases » de Poincaré, avec les $E_{(t)}$ portés en abscisses et les $E_{(t+1)}$ en ordonnées, la loi de succession est représentée par une parabole (fig.1). Sur cette parabole, à une valeur d'abscisses $E_{(t)}$ correspond une et une seule valeur d'ordonnées $E_{(t+1)}$. Pour enchaîner la suite de la série temporelle, $E_{(t+2)}$, etc. on se sert de la bissectrice de l'espace des phases qui permet de transférer facilement la valeur de $E_{(t+1)}$ en abscisses, et de recommencer la même opération que précédemment pour trouver la valeur de $E_{(t+2)}$, etc.

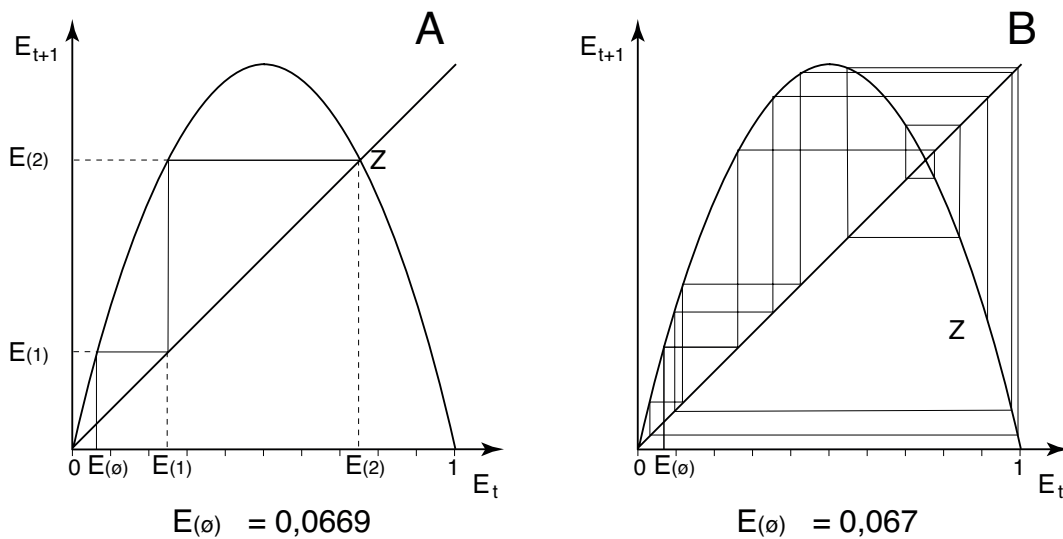


FIG. 1 — « Démonstration » du phénomène « papillon »

Entre les figures 1A et 1B les valeurs initiales, $E_{(0)}$, diffèrent de 0,0001. Une minime variation dans les conditions initiales est susceptible de provoquer une différence importante dans l'évolution de la série temporelle enchaînée.

Dans ces espaces des phases de Poincaré, la parabole représente la loi de succession : $y=kx(1-x)$. A toute valeur $E_{(t)}$ portée en abscisses correspond une valeur $E_{(t+1)}$ et une seule, portée en ordonnées.

Dans la figure 1A l'évolution de la série est bloquée au point Z qui correspond à l'intersection de la parabole par la bissectrice, la valeur de $E(0)=0,0669$ a été choisie pour rendre le phénomène papillon plus facile à constater, mais elle n'est pas nécessaire.

Dans la figure 1B, le point Z est un point d'arrêt arbitraire.

Les données expérimentales

C'est un médecin français qui, à notre connaissance, aurait été le premier à constater le phénomène papillon au cours de ses

expériences de physiologie. Cela s'est passé au début des années 1950. Dans le courant de pensée représenté par la Société d'Oto-Neuro-Ophthalmologie, cet interne des hôpitaux de Paris, en Ophthalmologie, a fait sa thèse de Médecine sur les vertiges des hétérophoriques. Interpellé par le mystère qui planait sur cette affection, d'après sa thèse, ce jeune ophtalmologue a décidé de faire une thèse de Sciences à partir, simplement, d'un protocole d'hétérophorie expérimentale, pour essayer de comprendre. La technique consistait donc à réaliser une section la plus fine possible d'un muscle oculomoteur de l'animal — au début un poisson — pour provoquer un petit déséquilibre oculomoteur. Remis dans le cristalliseur après l'intervention, certains poissons ne manifestaient aucune perturbation évidente alors que d'autres étaient victimes d'une hypertonie massive des muscles paravertébraux d'un seul côté, complètement incurvés sur eux-mêmes ils ne pouvaient plus que tourner en rond lorsqu'ils cherchaient à nager. La première cause possible de cette différence de comportement était évidemment la précision du geste opératoire : quel déséquilibre oculomoteur avait-il provoqué ? C'étaient les déséquilibres oculomoteurs les plus discrets qui entraînaient l'apparition de l'hypertonie paravertébrale (4).

À l'époque cette thèse n'a pas été comprise. Ses conclusions étaient opposées à l'évidence que, dans le domaine scientifique, les effets doivent être proportionnels à la cause, comme Claude Bernard l'avait d'ailleurs confirmé par ses expériences célèbres sur le venin de crapaud (5). Jean-Bernard Baron est décédé, totalement ignoré, avant que l'importance de ses travaux aient été reconnus (6).

C'est un météorologue américain qui, à notre connaissance, aurait été le deuxième à constater le phénomène papillon à l'occasion de calculs, sur ordinateur, des divers résultats de son équation du temps, selon les modifications des conditions initiales. Cela s'est passé en 1963. La formule qu'Edward Lorenz a forgée pour exprimer ses résultats est remarquablement célèbre : « Does the Flap of a Butterfly's Wings in Brazil set off a Tornado in Texas ? »(3).

La date de prise de conscience par les médecins

Sous l'impulsion des mathématiciens du LENA [Laboratoire d'Électroencéphalographie] de la Salpêtrière, devenu depuis le Centre du Cerveau et de la Moelle Épineuse, certains médecins qui cherchaient à comprendre l'expérience de Jean-Bernard Baron ont progressivement été intimement convaincus qu'on avait affaire à un « Chaos » (7), comme on disait alors. Restait à le prouver, ce qui fut l'œuvre des mathématiciens du LENA auxquels les médecins se sont

contentés d'apporter du matériel expérimental. La première communication, très mathématique, sur le fonctionnement dynamique non linéaire du système postural, faite à Portland (Or) au cours d'un congrès de l'ISPGR [International Society for Postural and Gait Research], est passée inaperçue (8). Il semble qu'il faille attendre 1998, une publication dans un journal médical français (9) pour pouvoir dire que l'information est alors sortie du domaine quasi confidentiel où elle circulait jusqu'alors.

Le Syndrome Post-Commotionnel

Or, bien avant 1998, les médecins du travail du Bâtiment et des Travaux Publics [BTP] de la Région Parisienne [RP] avaient réalisé des travaux considérables sur le Syndrome Post-Commotionnel, mais ces travaux étaient articulés sur un chaînon logique faible : pour les accepter rationnellement il fallait accepter qu'une cause minimale puisse avoir des conséquences importantes. Ces travaux n'ont donc pas été reconnus.

L'intime conviction

Dans les années 1970, un dixième de la population des trois cents mille ouvriers du BTP de la RP, avaient été victimes d'un traumatisme crânien (10). Les médecins du travail en connaissaient donc très bien les séquelles et ils avaient l'intime conviction que leur indemnisation était injuste. Conviction partagée par les syndicats ouvriers qui géraient le budget de la médecine du travail BTP à l'Association Paritaire d'Action Sociale [APAS], ce qui explique les sommes considérables investies dans les recherches qui tendaient à faire la preuve de cette intime conviction ; de plus on était à l'époque des trente glorieuses.

L'enquête

Le travail le plus important a été une enquête sur le syndrome post-commotionnel parmi les ouvriers du BTP. Elle a porté sur 10.000 ouvriers, réalisée par 40 médecins, dirigée par le service de recherche scientifique de l'APAS. En 1975 les données étaient encore introduites dans l'ordinateur par des cartes perforées à la main. L'analyse statistique multidimensionnelle de ces données, une des premières applications des travaux de Benzécri (11), a mis en évidence une corrélation entre la gravité du traumatisme crânien et l'importance du syndrome post-commotionnel. Cet indice d'objectivité a boosté la recherche de lésions post-traumatiques du système nerveux central, comme en 1916 après la fameuse réunion de la Société de Neurologie sur le même sujet (12).

L'onde de choc

Une étude sur la distribution de l'onde de choc dans le crâne (13) a conforté sa focalisation sur la zone occupée par le tronc cérébral (14).

Étude stabilométrique

Le Laboratoire de Posturographie de l'hôpital Sainte-Anne, dirigé alors par le docteur Baron, a accepté de faire une étude stabilométrique des ouvriers victimes de syndrome post-commotionnel (15).

La quête du Graal : les lésions neurologiques

Baron a lui-même fait une étude expérimentale des séquelles des traumatismes crâniens chez l'animal (16) en espérant confirmer, par la découverte de lésions neurologiques indiscutables, tous les indices d'objectivité du syndrome post-commotionnel relevés de-ci delà. En fait cette étude n'a révélé l'existence que de quelques neurones du tronc cérébral, pycnotiques ou en voie de pycnose, décimés par l'onde de choc. Ces résultats ont profondément déçu l'équipe : quelques neurones du tronc cérébral endommagés par l'onde de choc... À telle enseigne que ces résultats histologiques n'ont même pas été publiés (Baron n'a jamais accepté l'hypothèse 'Poincaré').

C'est seulement huit ans plus tard, l'hypothèse 'Poincaré' devenant de plus en plus crédible, que le rédacteur de la revue « Agressologie », Bernard Weber, a accepté l'idée qu'il fallait demander à l'histologiste de bien vouloir publier quand même ce qu'elle avait observé. Voici son texte : « Des images pathologiques ont été observées au niveau du système nerveux central de toutes les souris traumatisées crâniennes. Les animaux ne survivant que quelques instants au choc, portent des lésions d'importance très variable en étendue et en localisation. Les souris simplement commotionnées présentent de manière aléatoire des lésions discrètes asymétriques réparties dans le diencephale, le cortex et les formations striaires, mais c'est au niveau tronculaire (au niveau du tronc cérébral) que sont souvent retrouvées avec le plus de régularité et de constance les perturbations cytologiques les plus importantes. Elles se manifestent sous la forme de plages tissulaires œdématisées, et par l'apparition de nombreuses cellules pycnotiques ou en voie de pycnose. Plus précisément, tous les animaux traumatisés sauf un, montrent des images pathologiques au niveau du tronc cérébral. Les lésions, généralement asymétriques,

atteignent fréquemment les structures mésencéphaliques en relation avec la motricité oculaire : noyau oculomoteur III (fig.2) et IV, et la motricité extrapyramidale: noyau rouge et Locus niger. »(17)

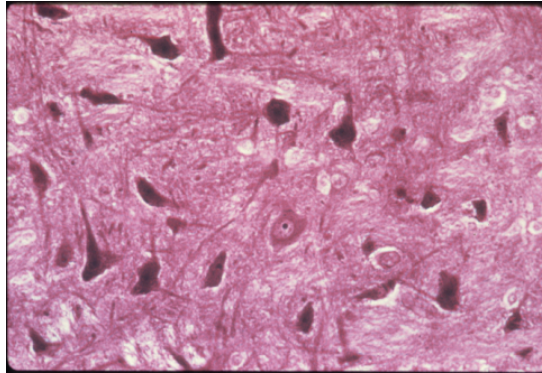


FIG. 2 — Coupe histologique du noyau du III d'une souris ayant présenté des signes d'un syndrome post-commotionnel au moment de son exécution. (Cliché couleur aimablement fourni par Madame A. Tangapregassom)

Tout ça pour ça.

En 1983, nous sommes 9 ans avant la première preuve mathématique que le système postural fonctionne comme un système dynamique non linéaire, 15 ans avant la diffusion de cette nouvelle dans le monde médical... Il était rigoureusement impossible que le type de minimales lésions décrites par Madame A. Tangapregassom soient reconnues comme l'origine possible des troubles posturaux présentés par les traumatisés crâniens humains comme cela avait déjà été proposé par Makishima (18).

Le chaînon logique qui devait couronner la preuve de l'objectivité du syndrome post-commotionnel s'avère beaucoup trop faible. Tous les travaux réalisés durant les années 1970 semblent n'avoir servi à rien.

Conclusion

Nous sommes loin, très loin de l'Evidence Based Medicine, avec son strict protocole de preuves médicales. Mais « What proof do we have Evidence Based Medicine has brings a true benefit? » comme le professeur Masquelet vient de le faire remarquer (19). Évidence pour évidence, nous aurions tendance à ne pas négliger les évidences mathématiques de Poincaré.

References

1. Poincaré H. Sur le problème des trois corps et les équations de la dynamique. Acta Mathematica. 1890;13:1-270.
2. Poincaré H. Leçons de mécanique céleste. Paris: Fichot; 1905-1910
3. Lorenz E, Does the Flap of a Butterfly's Wings in Brazil set off a Tornado in Texas? Meeting of the American Association for the Advancement of Science; 1972 December 1972; Washington, D.C.

4. Baron J. Muscles moteurs oculaires, attitude et comportement locomoteur des vertébrés [Sciences]: Paris; 1955. [http://ada-posturologie.fr/Baron_These.pdf]
5. Bernard C. Introduction à l'étude de la médecine expérimentale. Paris: Delagrave; 1865.
6. Gagey P, Gurfinkel V. Homage to J-B Baron. *Gait Posture*. 2012;11(23). [<http://ada-posturologie.fr/JBBaron.htm>]
7. Gagey P. A critique of posturology: towards an alternative neuro-anatomy? *Surg Radiol Anatomy*. 1991;13:255-7.
8. J Martinerie, Gagey P. Chaotic analysis of the stabilometric signal. In: M Woollacott HF, editor. *Posture and gait: control mechanisms*. Tome I. Portland: University of Oregon Books; 1992. p. 404-7.
9. Gagey P, Martinerie J, Pezard L, Benaim C. L'équilibre statique est contrôlé par un système dynamique non-linéaire. *Ann Oto-Laryngol*. 1998;115:161-8.
10. Amphoux M, Gagey P, Le Flem A, Pavy F. Le devenir du syndrome post-commotionnel. *Revue de Médecine du travail*. 1977;5(1&2):53-75.
11. Benzécri J. *L'Analyse des données*. Paris: Dunod; 1973. 1.240 p.
12. Marie P. Les troubles subjectifs consécutifs aux blessures du crâne. *Revue de Neurologie*. 1916;4(5):454-76.
13. Amphoux M, Sevin A. Traumatismes cérébraux et focalisations intracrâniennes. *Agressologie*. 1975;16(A):47-54.
14. Gurdjian E, Lissner H. Photoelastic confirmation on the presence of shear strains at the cranio-spinal junction in closed head injury. *J Neurosurg*. 1961;18:58-60.
15. Gagey P. Non vestibular dizziness and static posturography. *Acta Otorhinolaryngol Belg*. 1991;45:335-9.
16. Tangapregassom M, Tangapregassom A, Lantin L, Ficek W, Baron J. Lésions stéréotaxiques tronculaires du rat provoquant des troubles toniques posturaux. I. Aspects neurohistologiques. *Agressologie*. 1975;16(A):63-72.
17. Tangapregassom A, Tangapregassom M, Ficek W, Baron J. Corrélations entre le comportement locomoteur et les aspects neurohistologiques du tronc cérébral de la souris après traumatisme crânien. *Agressologie*. 1983;24(8):351-6.
18. Makishima K, Sobel F, Snow J. Histopathologic correlates of otoneurologig manifestations following head trauma. *Laryngoscope*. 1976;86(9):1303-14.
19. Masquelet AC. What proof do we have Evidence Based Medicine has brings a true benefit? *Acad Ntl Chir* 2010;9:27-31.