

Sur la signification physique de la rhéobase

Autor(en): **Mermod, Camille**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **61 (1940-1941)**

Heft 256

PDF erstellt am: **27.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-272996>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Sur la signification physique de la rhéobase

PAR

Camille MERMOD

(Séance du 9 juillet 1941.)

Désirant avoir de la rhéobase une représentation facilement accessible à mes sens, j'ai repris depuis le début et sous sa forme la plus simple, l'étude de la loi d'excitabilité des tissus vivants par le courant électrique.

On me reprochera, non sans raisons du reste, d'avoir poussé trop loin l'idéalisation, mais les problèmes biologiques sont si difficiles à mettre en équations qu'il faut bien commencer par les simplifier à l'extrême si l'on veut y voir quelque chose. Et puis, si le fond de cette idée venait à recevoir confirmation, il sera toujours possible d'apporter les corrections nécessaires pour revenir à la loi exacte.

Rappelons brièvement en quoi consiste la rhéobase, cette image si parfaite du seuil physiologique.

Soit un tissu vivant contractile quelconque. Faisons passer un courant continu à travers ce tissu au moyen de deux électrodes quelconques. Suivant l'intensité du courant, le tissu répondra par une contraction ou bien restera immobile. Il est une valeur critique de l'intensité du courant au-dessous de laquelle on n'obtient plus de réponse; cette valeur liminaire a reçu le nom de rhéobase.

Si l'on représente graphiquement la loi d'excitabilité d'un tel système en portant en *ordonnée* l'intensité du courant et en *abscisse* le temps de passage du courant nécessaire et suffisant pour obtenir une contraction, on trace une courbe qui en première approximation se rapproche étonnamment d'un arc d'hyperbole équilatère à la condition bien entendu de choisir convenablement les unités.

L'hyperbole équilatère a pour équation l'expression:

$$xy = \text{constante} = C$$

lorsque les asymptotes sont confondues avec les axes de coordonnées.

Explicitons par rapport à y ; il vient:

$$y = \frac{C}{x}$$

Mais dans notre cas, l'asymptote horizontale est située au-dessus de l'axe des x et lui est parallèle. Elle aura donc pour équation une expression de la forme:

$$y = \text{constante} = k$$

Et l'équation de l'hyperbole deviendra:

$$y = \frac{C}{x} + k$$

Ce qui justifie l'expression:

$$xy = C + kx$$

où C est une constante qui dépend de l'échelle et k un paramètre situant la courbe au-dessus de l'axe des abscisses. Cette courbe a deux branches situées l'une dans le premier et l'autre dans le troisième quadrant. Seule la branche positive nous intéresse.

Si nous voulons appliquer ce qui précède à notre cas particulier, nous devons remplacer les différents symboles:

$$\begin{array}{l} x \text{ par } t \\ y \text{ par } i \\ C \text{ par } q \\ k \text{ par } i_0 \end{array}$$

Ce qui donne:

$$it = q + i_0t$$

Et voici l'épure correspondante:

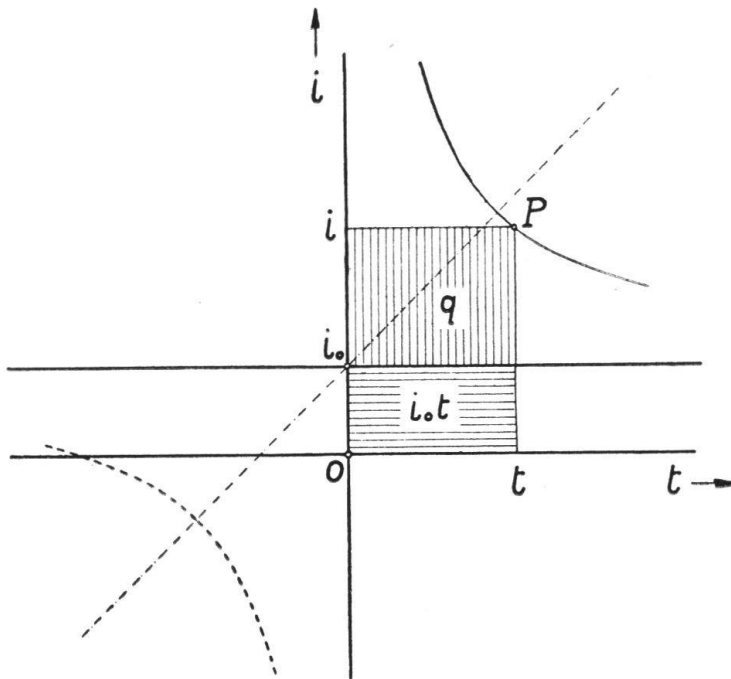


FIG. 1.

Choisissons maintenant sur la branche positive de la courbe un point P d'abscisse finie t et d'ordonnée i nécessairement plus grande que i_0 .

Le produit it a la dimension d'une quantité d'électricité; l'équation et le graphique nous montrent que cette quantité peut être décomposée en deux parties:

$$it = q + i_0 t$$

dont la première q , représentée par la surface hachurée verticalement, est constante quel que soit P et dont la seconde, illustrée par la surface hachurée horizontalement, est fonction linéaire de t .

Il apparaît immédiatement alors que q est la quantité d'électricité nécessaire et suffisante pour déclencher le phénomène quand le système a été placé dans un état particulier au moyen d'un certain courant i_0 . Cet état particulier est un équilibre dynamique, car il peut être maintenu aussi longtemps qu'on le désire, théoriquement du moins; autrement dit, dans ces conditions, le système doit perdre autant qu'il reçoit. Théori-

quement, en effet, car on sait que l'expérience ne vérifie qu'un arc restreint de la courbe et qu'on peut appliquer des courants dépassant beaucoup la rhéobase sans obtenir de réponse à condition que la durée d'établissement soit relativement longue. Mais cette objection peut être facilement levée en tenant compte du fait que l'excitabilité et la conductibilité sont deux propriétés différentes et indépendantes. J'aurai du reste certainement l'occasion de revenir sur ce point.

Voyons maintenant quelle peut être la nature de cet équilibre.

Le courant i_0 traversant un milieu complexe contenant des corps neutres, des micelles, des acides, des bases et des sels, accomplira certaines actions qui sauf erreur peuvent se résumer ainsi :

1. — Décharger des ions au niveau des électrodes suivant la loi de Faraday. Nous négligerons purement et simplement cette action que l'on peut en quelque sorte extraire de l'objet étudié en utilisant des électrodes reliées à l'objet par un électrolyte intermédiaire.

2. — Echauffer le milieu conformément à la loi de Joule. Cette chaleur est certainement très minime et n'a vraisemblablement pas grande influence sur l'allure du phénomène.

3. — Déplacer des ions et maintenir leur concentration au niveau des membranes en compensant les effets dus aux forces de diffusion.

Sachant que l'on a entre l'entrée et la sortie du courant une différence de potentiel $V_1 - V_2$, il est facile d'imaginer la puissance nécessaire à maintenir le système exactement au niveau du seuil de sensibilité. D'après ce qui précède, on peut admettre que cette énergie ne sert à rien pour déclancher le phénomène et qu'elle se dégrade; pour obtenir une réponse, il est nécessaire de fournir en plus la quantité q bien déterminée si l'on en croit le calcul.

On est ainsi conduit à assimiler la rhéobase à une perte.

Et cette constatation permet de rattacher aux phénomènes de relaxation l'excitation des tissus contractiles et des nerfs par le courant électrique.

Quelques exemples feront bien comprendre la chose.

Soit un vase de Tantale constitué par un récipient muni d'un siphon de vidange et qu'on alimente par exemple au moyen d'un débit constant. Le niveau du liquide s'élève et quand il atteint le sommet du siphon, celui-ci s'amorce et

le vase se vide rapidement jusqu'au fond si le débit d'alimentation est assez petit. Un tel appareil s'amorcera quel que soit le débit de la conduite qui l'alimente, mais il en ira tout autrement si le fond du vase de Tantale est percé d'un trou (fig. 2). Dans ce cas, une partie du liquide s'écoulera constamment et le niveau montera moins vite. Le débit de l'ouverture inférieure sera fonction de la section de la veine, de la viscosité du liquide et de la hauteur de la colonne liquide.

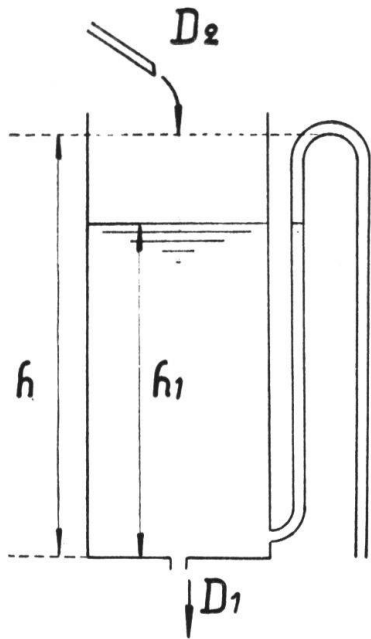


FIG. 2.

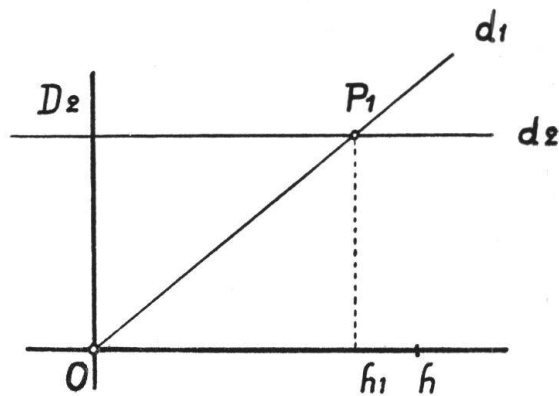


FIG. 3.

Il suffit maintenant de représenter le phénomène par un graphique hauteurs-débits en coordonnées cartésiennes pour saisir facilement ce qui va se passer.

Soit D_1 le débit de l'ouverture inférieure représenté par une droite d_1 passant par l'origine (fig. 3). Choisissons le débit d'alimentation égal à D_2 , il sera représenté par une droite d_2 parallèle à l'axe des abscisses. Ces deux droites se coupent en un point P_1 d'abscisse h_1 , h_1 étant la hauteur maximum que le liquide pourra atteindre au bout d'un temps infini. Soit h la hauteur du siphon, On voit immédiatement que pour h plus petit que h_1 , le siphon s'amorcera tandis qu'il ne s'amorcera jamais pour les valeurs de h supérieures à h_1 .

L'analogie avec la contraction biologique apparaît alors: Le débit de la conduite d'alimentation représente l'intensité

du courant d'excitation et la rhéobase a pour homologue le débit de l'ouverture inférieure lorsque le niveau du liquide atteint le sommet du siphon. La quantité q sera par exemple le volume nécessaire à noyer le siphon.

Une autre analogie plus frappante est donnée par un condensateur de mauvaise qualité qu'on charge au moyen d'un courant plus intense que celui dû aux fuites et dont le diélectrique crève lorsque la différence de potentiel entre les électrodes atteint une certaine valeur. L'analogie sera aussi parfaite que possible si l'on envisage un condensateur électrolytique. Les courants auront pour homologues des courants et les déplacements d'ions, des déplacements d'ions.

Sachant que les tissus contractiles comportent des discontinuités et qu'à ces niveaux s'établissent des membranes, on peut très bien supposer que la rhéobase est l'intensité de courant nécessaire à produire une concentration déterminée d'ions de chaque côté d'une membrane et que la quantité d'électricité q fournie sous une différence de potentiel ΔV représente le travail nécessaire pour détruire l'équilibre, c'est-à-dire à crever cette membrane.

Une fois le gradient de potentiel retombé à une valeur assez petite, les éléments constituant la membrane pourraient reprendre une position d'équilibre et boucher les trous en attendant que le phénomène recommence. Cette brusque variation de régime suffit à expliquer l'origine d'un influx ou d'une contraction.
