



HAL
open science

**Sur la réponse électrique de la matière vivante et animée
soumise à une excitation. - Deux procédés d'observation
de la réponse de la matière vivante**

J.-C. Bose

► **To cite this version:**

J.-C. Bose. Sur la réponse électrique de la matière vivante et animée soumise à une excitation. - Deux procédés d'observation de la réponse de la matière vivante. J. Phys. Theor. Appl., 1902, 1 (1), pp.481-491. 10.1051/jphystap:019020010048100 . jpa-00240632

HAL Id: jpa-00240632

<https://hal.science/jpa-00240632>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

SUR LA RÉPONSE ÉLECTRIQUE DE LA MATIÈRE VIVANTE ET ANIMÉE SOUMISE A UNE EXCITATION. — DEUX PROCÉDÉS D'OBSERVATION DE LA RÉPONSE DE LA MATIÈRE VIVANTE⁽¹⁾;

Par M. J.-C. BOSE.

L'effet de l'excitation sur une substance vivante est généralement mis en évidence par deux méthodes différentes. Dans le cas des tissus moteurs, l'excitation produit un changement de forme. On peut ainsi obtenir une *réponse mécanique* dans les tissus contractiles, comme les muscles. Dans d'autres tissus, les nerfs, par exemple, l'excitation ne produit aucune modification visible. Mais l'excitation du tissu peut néanmoins être manifestée au moyen de certaines variations de force électromotrice. L'avantage de la méthode d'investigation électrique réside dans sa généralité. Dans les cas où la *réponse mécanique* est observable, on trouve que les résultats de l'enregistrement mécanique et électrique sont pratiquement identiques. Dans la courbe de réponse (*fig. 2*), la partie ascendante est due à l'effet de l'excitation, la partie descendante correspond au retour spontané de la substance (*recovery*).

Le tissu vivant est toujours capable de réponse. Il répond à l'excitation, revient automatiquement et redevient prêt à une nouvelle réponse.

Le signe électrique de l'état de vie. — L'impulsion électrique est la mesure de l'activité physiologique du tissu. Quand l'activité physiologique est exaltée par un stimulant, l'impulsion électrique augmente d'amplitude. Quand l'activité est diminuée par des narcotiques, la réponse électrique est aussi diminuée. La réponse électrique disparaît au moment de la mort du tissu. On a pu dire, en conséquence, que « le signe le plus général et le plus délicat de la vie est la réponse électrique » (Waller). Ces phénomènes de réponse sont considérés

(1) Communication faite à la Société française de Physique, Séance du 5 avril 1902.

Pour une description plus détaillée de ces recherches, voir les mémoires des l'auteur :

1. *De la généralité des Phénomènes moléculaires produits par l'Électricité sur la matière organique, sur la matière inorganique et sur la matière vivante.* Congrès int. de Physique 1900.

2. *Response of Inorganic matter to stimulus.* — *Friday Evening Discourse, Royal Institution, 10 May 1901.*

3. *Electric Response in Ordinary Plants and mechanical stimulus.*

J. de Phys., 4^e série, t. I. (Août 1902.)

généralement comme l'effet d'une « force vitale » inconnue, inaccessible aux investigations de la physique. Je me propose, dans le présent article, de montrer que cette opinion n'est pas justifiée. Je montrerai que le phénomène de la réponse, aperçu dans le cas de la vie, et resté caché jusqu'à présent dans la matière non vivante, existe aussi bien dans cette dernière.

Mais, avant de rechercher si les phénomènes de réponse des tissus animaux se rencontrent ou ne se rencontrent pas dans les substances inorganiques, il convient de voir s'ils ne sont pas parallèles à ceux que présente le monde intermédiaire des végétaux.

Les conditions de l'obtention de la réponse électrique. — Si nous prenons un tissu vivant, un fragment de nerf, par exemple, et que nous le frappions en C, les ondes de la perturbation excitatrice atteindront A et B (*fig. 1 a*).

Ce phénomène sera accompagné par des ondes de perturbation électrique. Si A et B sont dans le même état moléculaire, la perturbation électrique en A et B sera la même.

L'effet résultant sur le galvanomètre sera la force électromotrice $E_A - E_B$. Comme les deux termes de cette différence sont égaux, l'effet sur l'un des contacts fera équilibre à l'effet sur l'autre, et le galvanomètre ne montrera aucun effet résultant.

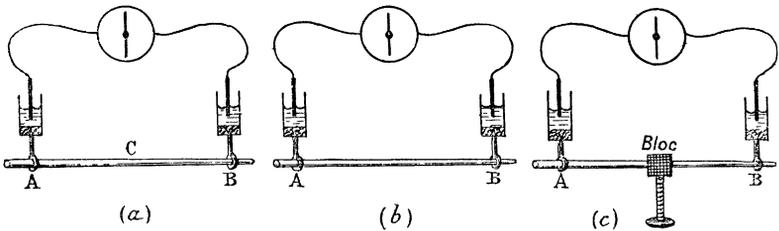


FIG. 1.

Si nous voulons obtenir une « réponse résultante » différente de zéro au galvanomètre, nous pouvons procéder de deux manières différentes :

1° *Méthode de la détérioration.* — Nous pouvons tuer une des extrémités, B, par exemple, au moyen d'un poison ou par la chaleur. En excitant le tissu, on produira en A un effet qui ne sera compensé par aucun autre (*fig. 1 b*);

2° *Méthode du bloc.* — Nous pouvons aussi faire en sorte que l'excitation en A n'atteigne pas B, et réciproquement.

L'excitation donnera alors lieu à un courant passager de réponse allant dans un certain sens quand c'est A qui est excité, et en sens inverse quand c'est B qui est excité (*fig. 1 c*).

Nous pouvons nous servir de l'une ou de l'autre de ces deux méthodes pour montrer la réponse dans les plantes.

La méthode du bloc est plus parfaite, en ce sens qu'elle permet de doubler et d'inverser les observations.

La réponse des plantes est physiologique ou vitale. — Quand la plante est tuée par un poison ou au moyen d'eau chaude, la réponse électrique disparaît. Ce fait peut être montré d'une manière frappante en tuant l'une des moitiés de la plante (racine de carotte) avec de l'eau chaude, en constatant que la moitié morte ne donne aucune réponse, tandis que l'autre moitié manifeste une réponse énergique. On peut aussi tuer l'une des extrémités au moyen d'un poison tel que le bichlorure de mercure ou une solution concentrée de potasse. La réponse est abolie à l'extrémité tuée.

La réponse dans les métaux. — Je vais maintenant montrer que cette réponse électrique, qui est considérée comme un caractère de la vie, ne se limite pas aux objets vivants, mais appartient aussi bien aux corps inorganiques.

J'ai ici un morceau de fil métallique, j'excite l'extrémité A ou l'extrémité B, et vous observez le phénomène de la réponse électrique.

Je vais maintenant montrer que, non seulement les plantes et les métaux présentent le phénomène de la réponse, comme les tissus animaux, mais que ces réponses sont modifiées par l'influence des conditions extérieures exactement de la même manière que la réponse des tissus animaux.

Il n'y a pas une seule des circonstances de la réponse des muscles et des nerfs qui ne soit parallèle à un phénomène de réponse dans les métaux ou les plantes. Ce sujet est très étendu, et je ne puis ici mentionner que quelques-uns des faits les plus importants :

1° *Méthode de la détérioration et méthode du bloc.* — Dans les trois classes, substances animales, végétales et inorganiques, la réponse peut être obtenue par la méthode de la détérioration ou par la méthode du bloc.

2° *Réponse uniforme, fatigue et réponse en escalier.* — Dans le cas

des tissus animaux, il y a trois types de réponse à une excitation uniforme.

a) La réponse est *uniforme* dans les nerfs.

Le même genre de réponse se retrouve dans certaines plantes (radis) et métaux (étain) (*fig. 2*).

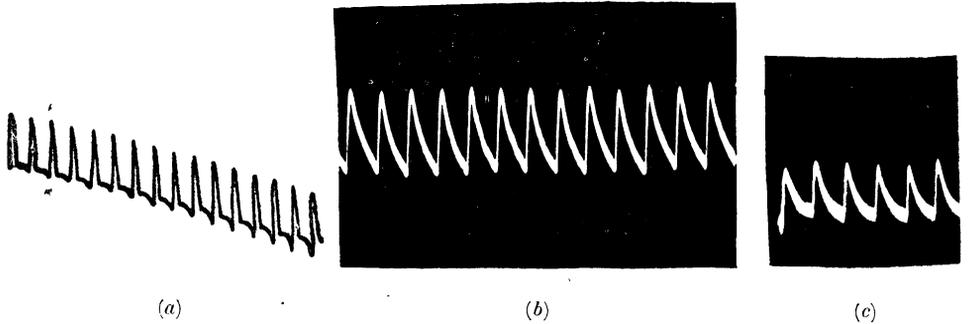


FIG. 2. — Réponse uniforme. — (a) dans un nerf (Waller); — (b) dans une plante; — (c) dans un métal

b) Les réponses successives manifestent une diminution ou fatigue comme dans les muscles. La même chose se présente dans certaines plantes (céleri) et quelques métaux (*fig. 3*).

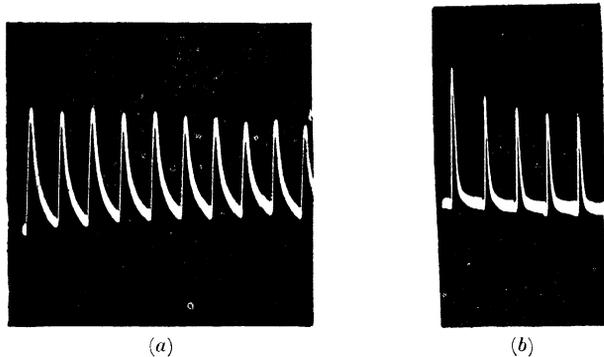


FIG. 3. — Fatigue. — (a) dans une plante (céleri); — (b) dans un métal (platine).

Dans les muscles, l'effet de la fatigue disparaît après une période de repos. Ceci est vrai, également, pour les plantes et les métaux.

c) Par contre, certains tissus animaux montrent une réponse croissante à une série d'excitations uniformes successives. Ceci est

connu sous le nom « d'effet en escalier ». Cette particularité se retrouve dans la réponse de plantes et de matières inorganiques (*fig. 4*).

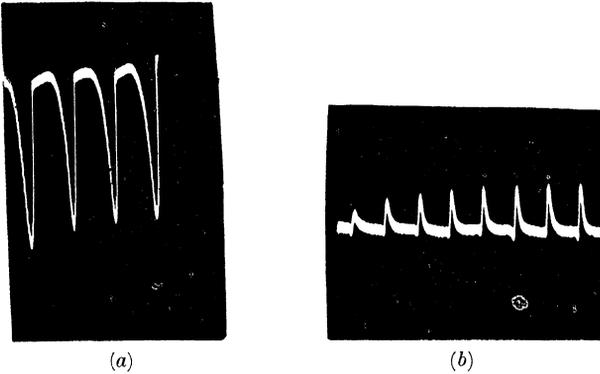


FIG. 4. — Réponse croissante (Effet en escalier). — (a) dans une plante ; (b) dans un métal.

3° *Effets de superposition*. — Dans les types de substances, des excitations inefficaces deviennent efficaces par superpositions. Ou encore : des excitations se succédant rapidement produisent un effet maximum, auquel fait équilibre une force antagoniste ; une continuation n'augmente pas l'effet produit (*fig. 5*).

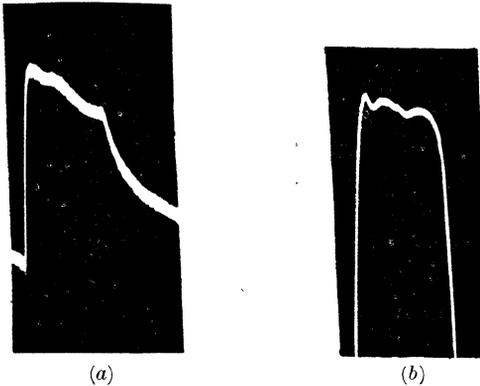


FIG. 5. — « Tétanos » dans une plante (a) et dans un métal (b).

4° *Effet de la température*. — Dans les tissus animaux, une température trop basse produit une rigidité due au froid, et une tempé-

rature trop élevée une rigidité due à la chaleur, quand la réponse est supprimée. Dans les plantes, il est aisé de déterminer les points de mort, correspondant à une température basse ou élevée. Dans les métaux aussi, une température trop basse produit quelquefois un état de torpeur qui réduit ou abolit la réponse. Une température trop élevée diminue aussi la réponse électrique (*fig. 6*) ;

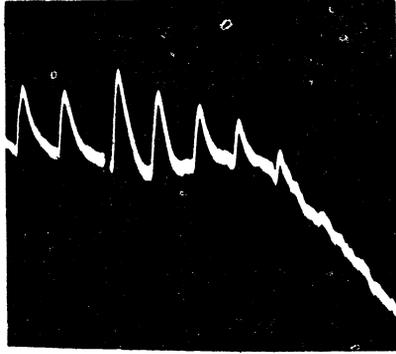


Fig. 6. — Réponse d'une plante abolie par la vapeur.

5° *Relation quantitative entre l'excitation et la réponse.* — L'effet de l'excitation amenant la réponse n'est pas un phénomène acciden-

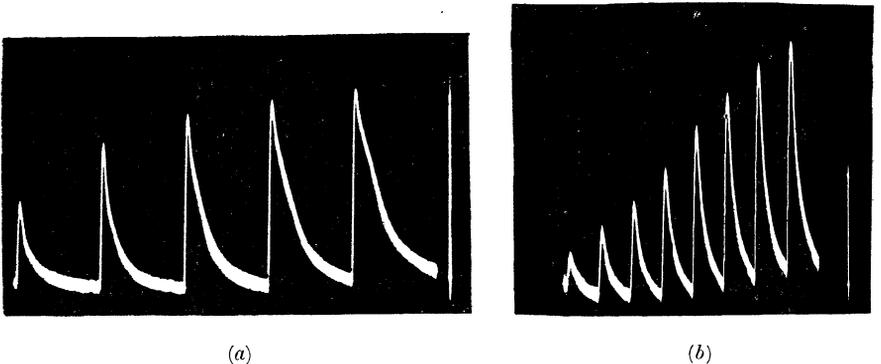


Fig. 7. — Réponse croissante correspondant à une excitation dans une plante (*a*) et dans un métal (*b*). — La verticale placée à la droite de chacune des figures représente un volt.

tel ; mais un accroissement de l'excitation produit toujours un accroissement de la réponse, avec une tendance à s'approcher d'une

limite, fait exprimé par la loi de Weber-Fechner. Non seulement nous rencontrons cette loi dans la réponse des tissus animaux, mais nous trouvons qu'elle persiste pour les plantes et les métaux ;

6° *Action des substances chimiques.* — Effet des stimulants. — Des stimulants variés exaltent la réponse des tissus animaux. Je trouve aussi que divers agents, Na^2CO^3 par exemple, excitent la réponse électrique dans les métaux (*fig. 8*).

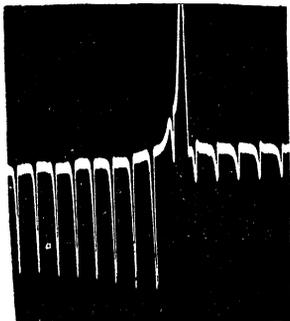


FIG. 8. — Action stimulante du carbonate de soude sur le platine.

Effet des déprimants. — D'autres produits amènent une dépression, le bromure de potassium, par exemple.

Effet des narcotiques. — Quand un nerf est soumis à l'action du

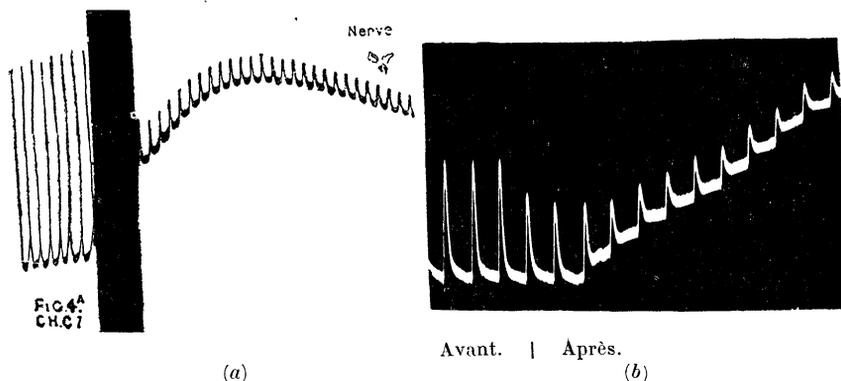


FIG. 9. — Effet déprimant du chloroforme sur un nerf (*a*) (Waller) et sur une plante (*b*).

chloroforme, il présente une diminution continue de la réponse, à

mesure que l'effet anesthésique progresse. Je trouve des effets tout à fait similaires dans les plantes (*fig. 9*).

Effets des poisons. — Des poisons variés, tels que le bichlorure de mercure, la potasse concentrée, etc., tuent l'animal, et la dépense électrique disparaît avec la mort du tissu. C'est sur ce fait qu'est fondée l'expérience qui prononce en dernier ressort entre les phénomènes physiques et physiologiques. Ce qui est vivant est capable de mourir et nous pouvons accélérer la mort par le poison. Le signe de la vie, donné par les impulsions électriques, s'affaiblit jusqu'à cessation complète. L'immobilité moléculaire — la rigidité cadavérique — survient, et ce qui était vivant ne vit plus.

Je montre deux relevés graphiques sur lesquels on voit comment un nerf et une plante sont tués progressivement par l'action du poison — la potasse.

Pouvons-nous tuer de la même manière un morceau de métal? Voici un graphique qui montre comment la réponse de l'étain a été tuée par la potasse (*fig. 10*). L'acide oxalique est un poison mortel pour les animaux. C'est aussi un poison pour les métaux.

Effet de la dose. — Il reste le très curieux phénomène connu non seulement de ceux qui ont étudié la réponse physiologique, mais aussi dans la pratique médicale, que des effets opposés sont produits par la même substance donnée à forte ou à faible dose. Ici encore, les mêmes phénomènes se reproduisent d'une manière extraordinaire dans la réponse inorganique, le même réactif qui devient un poison en grandes quantités agissant comme stimulant employé à faible dose (*fig. 11*).

Nous avons vu que l'instabilité ou la faculté de réponse n'est pas limitée aux tissus vivants. Cette conception inexplicquée de l'irritabilité « devient le point de départ », pour citer les paroles de Verworn, « du vitalisme » qui, dans sa forme complète, affirme un dualisme de la nature vivante et inanimée. Les vitalistes ont, de bonne heure, mis de côté plus ou moins complètement les explications mécaniques et chimiques de phénomènes vitaux et introduit, comme principe explicatif, une « force hypermécanique » inconnaissable qui est censée tout diriger.

Tandis que les forces chimiques et physiques rendent compte de tous les phénomènes des corps inanimés, dans les organismes vivants cette force spéciale met en œuvre et règle toutes les actions vitales. Le simple mot de « force vitale » remplaçant toute explica-

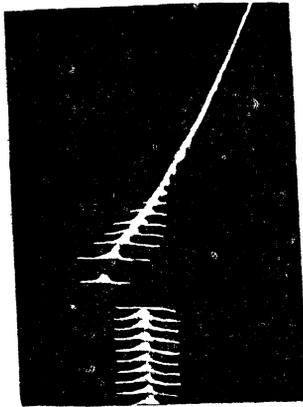
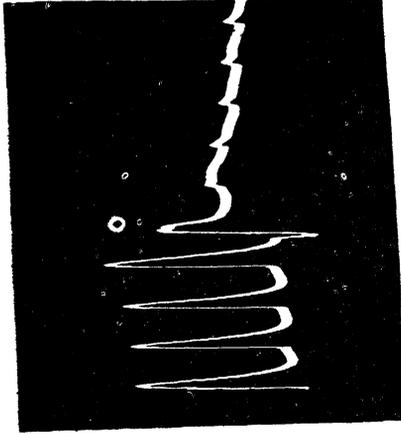
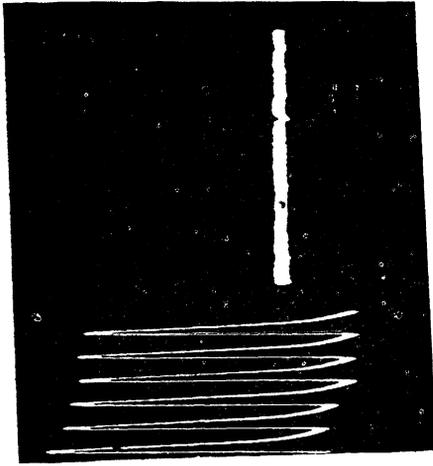
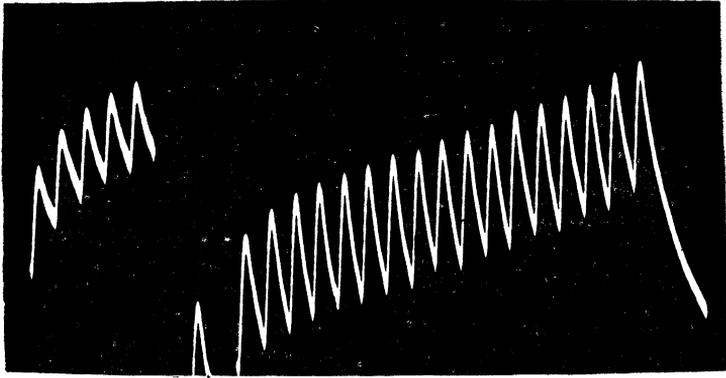


FIG. 10. — L'état de mort communiqué par une solution concentrée de potasse caustique à un nerf (Waller) (a), à une plante (b) et à un métal (c).

tion a été considéré comme satisfaisant et signifiait une force mystérieuse appartenant aux seuls organismes.



Avant. | Après.

FIG. 11. — Action stimulante d'une faible « dose » de potasse sur un métal (à comparer avec la *fig. 10, c*).

J'ai montré que la réponse de la matière vivante dans ses diverses manifestations ne constitue que des répétitions de phénomènes physiques présentés par les corps inorganiques. Il n'y a en cela aucun élément de mystère ou de caprice, comme celui qu'introduit la supposition d'une force vitale hypermécanique agissant en contradiction et au défi des lois physiques qui gouvernent le monde de la matière. Nulle part, dans toute l'étendue de ces phénomènes de réponse, comprenant les animaux, les plantes et les métaux, nous ne découvrons une rupture de la continuité. Si jamais nous devons comprendre le mécanisme compliqué de la machine animale, il faudra cesser de se dérober aux problèmes qu'elle pose par l'usage de simples phrases qui n'expliquent rien.

RÉSUMÉ

Nous avons vu que les phénomènes de réponse n'imposent pas la supposition d'une force vitale. Ils sont, au contraire, des phénomènes physico-chimiques, susceptibles d'examen par les méthodes

physiques aussi bien que n'importe quel autre du domaine inorganique.

Les physiologistes nous ont montré comment on peut lire, dans les courbes de réponse, l'histoire de l'influence des divers agents et conditions extérieures sur le phénomène de la vie. Nous pouvons tracer, au moyen de courbes, la décroissance graduelle de l'activité quand la fatigue intervient, par des températures excessives, par des agents chimiques, l'exaltation produite par des stimulants et l'arrêt de la vie produit par le poison.

Les recherches que nous venons de décrire peuvent peut-être nous faire faire un pas en avant, en nous montrant que ces choses ne sont pas déterminées par une force vitale inconnaissable et arbitraire, mais par le fonctionnement de lois qui règnent également et uniformément sur le monde organique et inorganique.
