

Q- I

P- VI

1- C

459

EX-LIBRIS

UNIVERSIDADE
1934

COLLEGIO
1554

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA
LUIZ DE QUEIROZ

Nº

527

4 03 00 00-2

510

P463_ρ

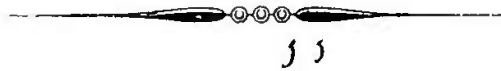
PREMIERS ÉLÉMENTS

DE

PHYSIOLOGIE MATHÉMATIQUE

PREMIERS ÉLÉMENTS
DE
PHYSIOLOGIE
MATHÉMATIQUE,

PAR G. PERRY.



33

PARIS
IMPRIMERIE DE GAUTHIER-VILLARS,
Quai des Grands-Augustins, 55.

—
1885
(Tous droits réservés.)

À LA MÉMOIRE DE LAMÉ.

PREMIERS ÉLÉMENTS
DE
PHYSIOLOGIE MATHÉMATIQUE.

Lorsqu'on poursuit aussi loin que possible l'analyse d'un phénomène physiologique, on voit qu'il peut être décomposé en un petit nombre de phénomènes élémentaires. Ces phénomènes élémentaires de la Physiologie sont les suivants : mouvement de molécules à travers un milieu, échange d'atomes entre molécules voisines, réunion de molécules en masse figurée, accroissement et division de ces masses, contraction des fibres musculaires, phénomènes propagés dans les substances nerveuses. La Physiologie mathématique a pour objet de déterminer les conditions mathématiques de ces phénomènes élémentaires, et pour moyen de contrôle la synthèse des phénomènes réalisée au moyen de la matière inerte.

I. — MOUVEMENT DE MOLÉCULES A TRAVERS UN MILIEU.

1. — Un élément anatomique est formé de molécules pondérables qui s'y renouvellent constamment, c'est donc un lieu géométrique, le lieu de passage de molécules. Ce

phénomène de rénovation moléculaire peut être imité artificiellement; une flamme nous en offre l'exemple : les molécules s'y renouvellent en y échangeant des atomes, et en dégageant une certaine quantité d'énergie.

Les molécules pondérables qui se meuvent ainsi dans le milieu vivant sont elles-mêmes des groupes d'atomes pondérables. Les atomes pondérables sont donc les véritables éléments du corps humain, et la connaissance de leurs propriétés est la base de la physiologie. C'est en expérimentant sur la matière inerte qu'il faut chercher à découvrir les propriétés des atomes pondérables, et les conditions de leurs mouvements. Si, au lieu de tant expérimenter sur les animaux, on avait étudié plus soigneusement les propriétés de la matière inerte, la physiologie serait peut-être plus avancée qu'elle ne l'est aujourd'hui. Les inoculations de microbes ont donné de brillants résultats; mais pour connaître le mécanisme intime de la vie d'un microbe, il faudra bien savoir quelles sont les conditions précises du mouvement des atomes pondérables.

Or, nous ne savons même pas si un atome pondérable est un corps, ou un mouvement propagé dans l'éther. Cette notion essentielle nous manque. C'est là que se trouve arrêtée l'analyse de tout phénomène physiologique. Je ne crains pas d'affirmer que celui qui répondrait d'une manière précise à cette question rendrait à la physiologie un plus grand service que bien des vivisecteurs. Et c'est l'expérimentation sur la matière inerte qui doit fournir la réponse.

2. — Actuellement, dans l'état d'ignorance où nous sommes, nous devons considérer un atome pondérable comme un simple point, lieu géométrique où nous localisons un certain poids p , ($H = 1$, $C = 6$ ou 12 .), et le mouvement de translation de cet atome est représenté

par les trois équations :

$$(1) \quad x, y, z = \text{fonct} (t)$$

exprimant que ses coordonnées rectilignes orthogonales x, y, z sont fonctions du temps t . Un système d'équations de cette forme représente les translations des atomes pondérables dans un milieu vivant.

Les atomes pondérables ne se meuvent pas isolés, mais sont réunis en groupes ou molécules. C'est là un fait général de la plus grande importance. Les fonctions x, y, z (1) du temps sont donc de la forme :

$$(2) \quad x = \alpha + \xi,$$

α, β, γ étant les coordonnées d'un certain point mobile qu'on peut appeler centre de groupement, et ξ, η, ζ les coordonnées d'un atome par rapport à ce point. Les fonctions du temps α, β, γ sont les mêmes pour tous les atomes d'une molécule; les fonctions du temps ξ, η, ζ varient d'un atome à l'autre.

La distance

$$(3) \quad \rho = \sqrt{\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2}$$

d'un atome au centre α, β, γ reste inférieure à une certaine limite, tant que l'atome est censé faire partie de la molécule.

Le groupement des atomes au voisinage d'un point α, β, γ pourrait être fortuit, les atomes pouvant être séparés sans effort. Ce n'est pas ainsi qu'il faut concevoir une molécule. Il faut généralement un effort pour séparer les atomes. Ils sont liés entre eux, et ces liaisons sont maintenues par l'éther. Nous sommes donc obligés, pour nous rendre compte du mouvement d'une molécule dans le milieu, d'analyser le mécanisme des actions de l'éther sur un atome pondérable.

3. — Si un atome pondérable est un corps élastique, il est naturel d'attribuer son mouvement aux pressions de l'éther sur sa surface. Les composantes X , Y , Z de la force qui sollicite le centre de gravité d'un atome pondérable sont alors :

$$(4) \quad \begin{aligned} X &= \iiint \left(\frac{dN_1}{dx} + \frac{dT_3}{dy} + \frac{dT_2}{dz} \right) d\omega \\ &= \iint (mN_1 + nT_3 + pT_2) d\sigma, \end{aligned}$$

en désignant par N_i , T_i les six composantes des forces élastiques à l'intérieur de l'atome, et les intégrales s'étendant au volume ω de l'atome et à sa surface σ , dont la normale extérieure fait avec les axes des angles aux cosinus m , n , p . Toute force X , Y , Z exercée sur l'atome suppose donc certains déplacements intérieurs de l'éther, et un travail d'élasticité corrélatif dans l'éther et dans l'atome. Il résulte de là qu'une molécule est comme un ressort tendu.

Si au contraire le point où nous localisons un atome n'est qu'un point singulier correspondant à quelque phénomène intérieur de l'éther, phénomène pouvant être représenté par une ou plusieurs équations de la forme :

$$(5) \quad f = \text{fonct}(x, y, z, t),$$

le mouvement des atomes est dû aux variations des fonctions f .

Quelle que soit l'idée à laquelle on s'arrête provisoirement, on est conduit à se demander ce qu'est l'éther lui-même. Nous ne connaissons pas la matière immédiatement; nous ne percevons immédiatement que nos phénomènes psychiques, liés à certains phénomènes intérieurs de la couche corticale de notre cerveau. Mais, si nous

admettons que nous pouvons distinguer une particule d'éther de la particule voisine, et assigner ainsi tous les points d'un lieu continu mobile :

$$(6) \quad x, y, z = \text{fonct}(\varepsilon, \varepsilon_1, \varepsilon_2, t)$$

en fonction du temps t et de trois paramètres arbitraires ε_i , nous admettons par là même l'existence de trois phénomènes simultanés :

$$(7) \quad \varepsilon_i = \text{fonct}(x, y, z, t),$$

et l'éther est le lieu de ces trois phénomènes. C'est, je crois, tout ce que nous pouvons en dire. On voit combien sont obscures les notions que nous possédons sur les points les plus essentiels de la physiologie, sur ce qui touche au mécanisme intime des phénomènes, et combien il importerait que l'on étudiât la matière inerte d'une manière approfondie pour éclaircir ces points fondamentaux. Lors même que l'analyse mathématique des phénomènes ne conduirait qu'à cette seule conséquence, elle aurait déjà rendu un grand service à la physiologie.

4. — Obligé de considérer le mouvement des molécules pondérables à travers un milieu vivant, j'ai dû me demander ce que c'est qu'une molécule, et par quel mécanisme les atomes sont maintenus groupés. Les conclusions auxquelles je viens d'être conduit me démontrent la complexité extrême des phénomènes intimes de la physiologie. Mais les problèmes se simplifient dans un certain nombre de cas.

Par exemple, il semble que l'on puisse fréquemment considérer les projections V_x, y, z de la vitesse V d'une molécule comme des fonctions continues des coordonnées rectilignes orthogonales x, y, z de cette molécule, et du

temps t , de sorte que le mouvement d'une matière est représenté par les trois équations :

$$(8) \quad V_{x,y,z} = \text{fonct}(x, y, z, t).$$

A quelles conditions cela est-il possible?

On voit d'abord que les $V_{x,y,z}$ sont les dérivées $\frac{dx,y,z}{dt}$ des coordonnées x, y, z d'une molécule, de sorte que les équations (8) sont des équations différentielles, dont les intégrales peuvent être mises sous la forme (6). Un point x, y, z est ainsi défini par trois valeurs particulières ε_i . Les projections de la distance de deux points $\varepsilon_i, \varepsilon_i + d\varepsilon_i$, sont alors :

$$(9) \quad dx = \frac{dx}{d\varepsilon} d\varepsilon + \frac{dx}{d\varepsilon_1} d\varepsilon_1 + \frac{dx}{d\varepsilon_2} d\varepsilon_2,$$

d'où il résulte que deux points, voisins au début, restent voisins à toute époque, excepté aux lieux où quelque dérivée $\frac{dx,y,z}{d\varepsilon_i}$ est infinie. Telle est une première condition pour que les formules (8) du mouvement continu soient applicables.

Il semble de plus que les molécules entraînées dans un tel mouvement doivent être de même nature. Cependant il ne me paraît pas impossible que des molécules, ou des atomes, d'espèce différente, soient entraînés dans un même mouvement continu. C'est ce dont il faudrait s'assurer par l'expérience.

5. — Je vais essayer d'appliquer les formules (8) à un exemple qui, tout en étant d'une simplicité purement idéale, nous représentera quelque chose d'analogue à ce qui doit se passer dans un milieu vivant, et qui d'ailleurs est peut-être réalisé dans la nature. Je suppose qu'une

masse sphérique, dont le centre est pris pour origine, reçoive des molécules; que la vitesse V de chaque molécule soit dirigée vers le centre suivant le rayon r , et que les molécules situées sur une même sphère concentrique aient la même vitesse. Dans ces conditions, on a :

$$(10) \quad V_{x,y,z} = \frac{x, y, z}{r} V$$

Si le mouvement est permanent, la vitesse V est fonction de r seul, sans t , et l'on n'a plus à déterminer qu'une seule fonction V d'une variable r . Si la matière dont on considère le mouvement se renouvelle constamment dans le milieu qui entoure la masse centrale, de manière à y conserver une densité uniforme et constante, la dilatation cubique de la matière opérée dans l'instant *un* doit être nulle. Or, il est facile de s'assurer que cette dilatation cubique a pour expression

$$(11) \quad \Theta = \frac{dV_x}{dx} + \frac{dV_y}{dy} + \frac{dV_z}{dz} = \frac{dV}{dr} + \frac{2V}{r}.$$

Pour qu'elle soit nulle, il faut donc que l'on ait :

$$(12) \quad V = -\frac{k}{r^2},$$

k étant une constante positive. La valeur de cette constante peut être déterminée si l'on donne le poids

$$(13) \quad \Pi \cdot 4\pi k$$

de matière qui traverse chaque sphère concentrique dans l'unité de temps; Π étant la densité de la matière dans le milieu qui entoure la masse centrale. Ainsi, le mouvement est entièrement déterminé par les conditions données,

sans qu'il soit nécessaire de connaître les forces qui sollicitent chaque molécule.

Pour un observateur qui contemplerait ce mouvement, la masse centrale paraîtrait douée d'un pouvoir attractif qui serait mesuré par la grandeur de la constante k ; et cet observateur pourrait attribuer un tel pouvoir à quelque propriété vitale mystérieuse de la masse centrale. Il est plus simple, je pense, de considérer seulement les mouvements des molécules et les conditions géométriques de ces mouvements.

6. — Une fois arrivées dans la masse centrale, les molécules y séjourneront quelque temps, y éprouveront certaines modifications, puis en sortiront modifiées. On peut conclure de là que les forces de translation qui sollicitent une molécule dépendent de l'état intérieur de cette molécule; et l'on peut en dire autant d'un atome pondérable, puisque, lors de l'électrolyse, les atomes d'hydrogène et les atomes d'oxygène se meuvent en sens opposé. C'est là un fait général non moins important que le groupement des atomes en molécule. On s'en rend compte en observant que, d'après les expressions (4), les forces qui sollicitent un atome pondérable dépendent des déformations intérieures de cet atome, et que les déformations de l'éther ambiant dépendent de celles qui ont lieu à la surface de l'atome. Cet atome ne se comporte donc pas comme un corps entièrement passif; il est actif, au contraire, c'est-à-dire qu'il modifie l'état de l'éther ambiant.

7. — Je viens de considérer une masse sphérique recevant une matière qui se meut suivant une loi simple. Si ce cas est réalisé dans la nature ce ne peut être que pour un noyau sphérique ou une cellule de même forme. On peut généraliser en considérant, au lieu de sphères con-

centriques, une famille de surfaces :

$$(14) \quad \sigma = \text{fonct}(x, y, z).$$

Par exemple, pour que les molécules se meuvent perpendiculairement aux surfaces σ , ou tangentielllement à ces surfaces, il faut que l'on ait :

$$(15) \quad V_{x,y,z} = k \frac{d\sigma}{dx, y, z}, \quad \text{ou} \quad V_x = \nu \frac{d\sigma}{dy} - \mu \frac{d\sigma}{dz} \dots,$$

k, λ, μ, ν étant des indéterminées. Le mouvement étant quelconque, la quantité de matière de densité un qui traverse une surface σ dans l'instant un est :

$$(16) \quad \int \left(V_x \frac{d\sigma}{dx} + V_y \frac{d\sigma}{dy} + V_z \frac{d\sigma}{dz} \right) \frac{d\sigma}{\Delta_1 \sigma}.$$

8. — On pourrait multiplier ces problèmes. Je présenterai seulement quelques remarques générales sur les déformations et sur les accélérations qui résultent d'un mouvement continu.

Si l'on pose

$$(17) \quad \frac{dV_x}{dx} = \delta_x \quad \dots, \quad \frac{1}{2} \left(\frac{dV_y}{dz} + \frac{dV_z}{dy} \right) = \begin{pmatrix} \tau_x \\ \rho_x \end{pmatrix}, \quad \dots,$$

les projections $dV_{x,y,z}$ de la vitesse relative des molécules situées, à l'époque t , en x, y, z et en $x + dx$, peuvent être écrites :

$$(18) \quad dV_x = \delta_x dx + \tau_z dy + \tau_y dz + \rho_z dy - \rho_y dz$$

et l'on voit, sous cette forme, que le groupe des molécules voisines du point x, y, z peut être considéré comme animé d'une rotation d'ensemble ρ , et d'une déformation ellipsoïdale δ, τ . L'expression :

$$(19) \quad dV_x dx + dV_y dy + dV_z dz = \delta_x dx^2 + 2\tau_x dy dz$$

qui peut être nommée *moment d'écartement*, a la même valeur sur de petits ellipsoïdes ou de petits hyperboloïdes conjugués, selon que les trois dilatations principales $\delta_{x', y', z'}$ (correspondant au système d'axes rectangulaires x', y', z' , unique en chaque point, qui annule les $\tau_{x', y', z'}$) sont ou non de même signe. Dans le cas des ellipsoïdes, les molécules s'écartent du point x, y, z ou s'en rapprochent, tout autour de ce point, selon que le signe des $\delta_{x', y', z'}$ est positif ou négatif. Dans le cas des hyperboloïdes, qui a lieu nécessairement lorsque $\Theta = 0$, le cône asymptote sépare les molécules qui s'écartent du point x, y, z , de celles qui s'en rapprochent.

Les projections $j_{x, y, z}$ de l'accélération totale j d'une molécule peuvent être écrites :

$$(20) \quad j_x = \frac{d}{dx} \frac{V^2}{2} + 2(\rho_z V_y - \rho_y V_z) + \frac{dV_x}{dt} \dots,$$

forme remarquable, dont je ne développerai point les conséquences.

Les déformations δ, τ donnent lieu à certaines résistances, et par conséquent, l'entretien du mouvement continu absorbe ou dégage un certain travail.

9. — Je quitte maintenant les formules du mouvement continu pour examiner de plus près les conditions du mouvement d'une molécule isolée. Ainsi qu'on l'a vu, ce mouvement doit être attribué aux pressions de l'éther sur les atomes qui constituent la molécule, ou si, comme il est probable, l'éther de la molécule est entraîné avec les atomes, aux pressions de l'éther sur la surface de la molécule. S'il en est ainsi, on doit pouvoir reproduire synthétiquement le phénomène dont il s'agit, en déterminant une inégalité de pression dans l'éther de part et d'autre d'une molécule, et le moyen le plus simple pour cela c'est

d'établir quelque différence de conditions dans le milieu, de part et d'autre, de cette molécule. Par exemple, si je place une parcelle de nitrate d'argent au centre d'une large goutte d'eau, les molécules de nitrate d'argent vont de la parcelle au liquide. On peut ainsi réaliser synthétiquement le phénomène du mouvement de molécules à travers un milieu, et leur passage d'un milieu dans un autre. De l'iode, placé au fond d'un verre d'eau, passe dans des gouttes d'huile amidonnée qui nagent sur la surface. Le mouvement des molécules dans un milieu vivant se trouve, par cette remarque, ramené à ses conditions nécessaires et suffisantes, et cette remarque simple rend complètement inutile la considération de forces vitales mal définies. Si l'on ne voit clairement dans un phénomène physiologique que des mouvements d'atomes pondérables, et si l'on reproduit ces mouvements par synthèse, au moyen de la matière inerte, on est sûr d'en connaître les véritables conditions. Tel est l'esprit de la méthode que je propose, et qui n'est qu'une application nouvelle de la méthode expérimentale. La seule différence qu'elle présente avec la méthode ordinairement employée, c'est qu'au lieu d'opérer sur les animaux, on opère sur la matière inerte; c'est à elle qu'on demande le contrôle des idées préconçues. N'est-ce pas plus simple et en même temps plus rigoureux?

10. — Le mouvement d'une molécule dans un milieu où les molécules sont très rapprochées ne paraît pas devoir s'accomplir comme dans les espaces planétaires; il semble que la vitesse acquise de la molécule doive se dissiper à chaque instant en se communiquant au milieu, et que sa vitesse actuelle doive être proportionnelle aux impulsions actuelles $(X, Y, Z)dt$ des forces qui la sollicitent.

II. — ÉCHANGE D'ATOMES ENTRE MOLÉCULES VOISINES.

4. — Une molécule qui traverse un milieu vivant perd certains atomes pondérables, en gagne d'autres, et peut, lorsqu'elle sort du milieu, ne contenir aucun des atomes qu'elle contenait en y entrant. Elle est donc plutôt un lieu géométrique de passage d'atomes, qu'un système matériel analogue à ceux de Lagrange. C'est par une décomposition de mouvement que l'on considère une molécule comme un système invariable, animé d'une translation et d'une rotation d'ensemble. Pour avoir lieu réellement, cette invariabilité exigerait que la distance mutuelle

$$(21) \quad \sqrt{(\xi_j - \xi_i)^2 + (\eta_j - \eta_i)^2 + (\zeta_j - \zeta_i)^2}$$

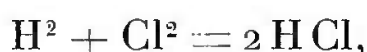
de deux atomes quelconques restât constante; ce qui donne, en différentiant deux fois, des conditions imposées aux accélérations $\frac{d^2\xi, \eta, \zeta}{dt^2}$ de chaque atome, et aux forces qui sollicitent cet atome. Ces conditions exigent un certain état intérieur de l'éther. Pour que la distance d'un atome au centre de groupement α, β, γ reste invariable, il faut que la quantité $\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2$ soit constante, d'où l'on tire par deux différentiations :

$$(22) \quad j = -\frac{v^2}{\rho},$$

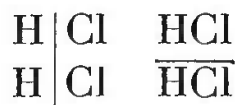
j, v étant l'accélération et la vitesse de l'atome dans son mouvement autour du point α, β, γ et ρ sa distance à ce point. Cette condition exige, comme on voit, une cer-

taine distribution des pressions de l'éther autour du point α, β, γ , et un certain état intérieur de ce fluide.

2. — Les échanges d'atomes entre molécules voisines sont généralement accompagnés de déplacements des atomes; mais ce n'est pas ce déplacement qui constitue essentiellement la réaction chimique; c'est le changement de liaisons. Par exemple, lors de la réaction



qui ne donne lieu à aucun changement de volume, on peut concevoir, à la rigueur, que les atomes n'aient éprouvé aucun déplacement. Les liaisons HH, ClCl, deviennent les liaisons HCl, HCl, et le changement survenu dans l'état intérieur de l'éther est représenté tant bien que mal, sur la figure



par l'établissement d'un nouveau plan de séparation. Ce sont les déplacements de l'éther qui ont changé, tandis que les atomes pondérables ont pu rester immobiles; et ce changement des déformations intérieures de l'éther, accompagné en général d'un travail des forces élastiques dans l'éther et dans l'intérieur des atomes, est le phénomène essentiel de la réaction chimique.

C'est l'état intérieur de l'éther qui détermine le nombre des centres de groupement et leurs coordonnées α, β, γ . Il semble que, dans un milieu vivant, cet état intérieur, le nombre et la position des centres de groupement, sont continuellement variables, sans toutefois que la molécule disparaisse.

3. — Cet état de réaction continue avec rénovation

des molécules, peut être réalisé synthétiquement au moyen de la matière inerte; et l'on peut espérer découvrir ainsi les conditions véritables de ces phénomènes. Sans rappeler l'exemple de la flamme, on peut chercher à reproduire les phénomènes dont il s'agit dans des milieux liquides. Il faut former synthétiquement une masse qui reçoive des molécules, où s'opèrent des échanges d'atomes entre molécules voisines, et d'où sortent les molécules résultant de cet échange. C'est à quoi l'on arrive en plaçant une parcelle de nitrate d'argent dans un faible courant d'eau salée coulant sur une vitre. Il se forme autour du nitrate une petite masse de chlorure d'argent qui s'agrandit peu à peu; cette masse est traversée par un courant d'azotate d'argent; il y a échange d'atomes; les molécules de chlorure d'argent s'arrêtent sur la masse, les molécules d'azotate de soude sont éliminées; et ce phénomène complexe se continue pendant vingt minutes environ.

Outre la continuité de la réaction, qui suppose le renouvellement des molécules, il faut reproduire la distribution des phénomènes dans le milieu. Cette distribution, lorsqu'elle est permanente, ou lorsqu'elle laisse des traces permanentes, peut donner lieu à une certaine structure appréciable. Par exemple, si l'on place, au centre d'une large goutte d'eau, une parcelle de nitrate d'argent, puis, sur les bords, trois cristaux de chlorure de sodium, on voit apparaître en quelques secondes, une mince cloison blanche, triangulaire, de chlorure d'argent; cette cloison s'épaissit, il se forme un noyau central, et un dépôt moins dense entre le noyau et la cloison. L'évolution dure environ une heure. Les expériences de ce genre pourront conduire à une série nouvelle de découvertes relatives aux mouvements réels des molécules et des atomes pondérables dans un milieu en réaction, ainsi qu'à la distribution des phénomènes dans le milieu, et reproduire un certain

nombre de phénomènes d'organisation que l'on attribuait autrefois à des propriétés vitales, sans avoir suffisamment étudié les propriétés de la matière inerte. On pourra faire ainsi un pas dans la voie que signalait M. Berthelot, après avoir formé synthétiquement un grand nombre de molécules organiques.

4. — Avant de quitter le sujet de la réaction chimique, je dois mentionner quelques théorèmes de mécanique rationnelle relatifs aux modifications que peut éprouver une molécule, et signaler une question importante relative à l'élasticité de l'éther.

Si l'on désigne par M le *moment central* $\sum \frac{mr^2}{2}$ d'une molécule, par A sa force vive $\sum \frac{mv^2}{2}$, par φ son viriel $-\frac{1}{2} \Sigma (Xx + Yy + Zz)$, les sommes Σ s'étendant à tous les atomes de la molécule, considérés comme des points de masse m situés à la distance r du centre de gravité de la molécule pris pour origine, et animés d'une vitesse v , le théorème du viriel peut être écrit

$$(23) \quad \frac{1}{2} \frac{d^2 M}{dt^2} = A - \varphi,$$

et on peut l'énoncer en disant que le moment central M est la hauteur d'un point sollicité en haut par la force $2A$ et en bas par la force 2φ . Le viriel est en quelque sorte l'énergie de concentration. Sa différentielle est

$$(24) \quad d\varphi = -\frac{1}{2} dT - \frac{1}{2} dF,$$

où $dT = \Sigma (Xdx + Ydy + Zdz)$ est le travail élémentaire des forces du système, tandis que

$$dF = \Sigma (x dX + y dY + z dZ)$$

est une certaine énergie due à la variation des forces du système. Lorsque M et A restent constants, on a $d\varphi = 0$, d'où

$$dT = -dF,$$

c'est-à-dire que la variation d'énergie dF est de signe contraire au travail dT des forces du système.

5. — La question relative à l'élasticité de l'éther est la suivante : si l'éther est une matière fluide d'élasticité constante, les forces dues à l'élasticité, qui sollicitent un élément de volume un d'éther, ont pour expressions :

$$(25) \quad X = (\lambda + 2\mu) \frac{d\theta}{dx} + \mu \left(\frac{d\rho_z}{dy} - \frac{d\rho_y}{dz} \right) \dots,$$

en désignant par λ, μ les deux coefficients d'élasticité de l'éther, par θ sa dilatation cubique $\frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{d\omega}{dz}$, par

$\rho_{x,y,z}$ ses isotorsions $\frac{dv}{dz} - \frac{d\omega}{dy} \dots$ où u, v, ω sont les projec-

tions du déplacement. A-t-on, comme le veut Maxwell : $\lambda + 2\mu = 0$, ou, comme le veulent d'autres physiciens, l'éther se comporte-t-il comme une matière incompressible, pour laquelle on a toujours $\theta = 0$, de sorte que les termes en θ disparaissent des forces X, Y, Z (25); ou bien ces conclusions de Maxwell et d'autres physiciens sont-elles dues seulement à ce que l'on n'a considéré que les phénomènes électriques, sans tenir compte des phénomènes calorifiques? Je dis les phénomènes calorifiques, parce que les phénomènes calorifiques paraissent dépendre du viriel, et que le viriel des forces X, Y, Z (25) d'une petite sphère, par rapport à son centre, est proportionnel à l'expression :

$$(26) \quad \frac{dX}{dx} + \frac{dY}{dy} + \frac{dZ}{dz} = (\lambda + 2\mu) \Delta_2 \theta.$$

Quant à l'importance de cette question, elle résulte de ce que les forces (25) pourraient bien être celles qui sollicitent un atome pondérable contenu dans l'élément de volume d'éther. Il importe donc de savoir si les termes en θ figurent ou non dans l'expression de ces forces.

6. — Enfin je dois dire un mot des phénomènes calorifiques, électriques et lumineux qui sont liés à la réaction chimique. Ces phénomènes sont généralement accompagnés de déplacements des atomes pondérables, qui signalent des variations survenues dans les pressions de l'éther, et par conséquent dans les déformations élastiques de ce fluide. On serait donc tenté de les confondre, si l'on ne remarquait la différence des conditions qui les distinguent. En même temps le fait de la déformation élastique de l'éther, signalé par les déplacements des atomes pondérables, rend compte jusqu'à un certain point de la dépendance mutuelle de ces phénomènes.

Si l'on tient compte de la relation (24), la quantité dq de chaleur fournie à une molécule, lors d'un déplacement des atomes dont elle est formée, prend les trois expressions suivantes, dans le cas où $M = \text{constante}$, d'où $A = \varphi$, $dA = d\varphi$:

$$(27) \quad dq = dA - dT = 3 dA + dF = -\frac{3}{2} dT - \frac{1}{2} dF,$$

Cette quantité dq étant exprimée en kilogrammètres. Si l'on voulait appliquer ces équations à la thermochimie, il ne faudrait pas oublier quelle est la complexité des phénomènes intérieurs d'une molécule. Il faudrait donc penser au travail d'élasticité accompli dans l'intérieur de l'éther et de chaque atome pondérable, aux mouvements intérieurs de l'éther et des atomes, et tâcher d'apprécier quelle

peut être la valeur des équations (27), qui considèrent seulement les déplacements du centre de gravité de chaque atome pondérable.

III. — RÉUNION DES MOLÉCULES EN MASSE FIGURÉE.

1. — L'apparition d'une certaine forme dans un milieu dépend de la distribution des phénomènes dans ce milieu. Si l'équation

$$(28) \quad f = \text{fonct}(x, y, z, t)$$

représente un phénomène continu, cette continuité, réelle ou apparente, entraîne certaines lois communes à tous les phénomènes continus, lois que le physiologiste doit connaître. Ira-t-on expérimenter sur un animal pour trouver, par exemple, que le paramètre différentiel Δ_1 du premier ordre d'une fonction f est égal à la variation $\frac{dF}{dN}$ du paramètre f suivant la normale N à la surface isodèle?

Si dans l'équation (28) d'un phénomène, on fait t constant, cette équation représente alors l'état du milieu à un certain instant. La différentielle de f est :

$$(29) \quad df = f'_x dx + f'_y dy + f'_z dz,$$

et si l'on représente les dérivées $f'_{x,y,z}$ par des lignes, comme des forces, le $\Delta_1 f$ sera leur résultante. La petite ligne δ qui, composée avec le $\Delta_1 f$ en x, y, z , donne le $\Delta_1 f$ au point $x + dx$ situé à la distance dl du premier, a pour projections :

$$(30) \quad df'_x = f''_{xx} dx + f''_{xy} dy + f''_{xz} dz.$$

Ces équations (30) possèdent la symétrie ellipsoïdale, et conduisent aux lois et représentations connues. Désignant par X_{ij} , Y_{ij} , Z_{ij} , les projections de deux quelconques des trois lignes δ , $\Delta_1 f$, dl , si l'on calcule les *moments directs* $X_i X_j + Y_i Y_j + Z_i Z_j$, et les *moments latéraux* $Y_i Z_j - Z_i Y_j$ de ces trois lignes prises deux à deux, on résout facilement plusieurs problèmes relatifs à la forme des surfaces isodèles.

2. — Les points où le $\Delta_1 f$ est nul ou infini méritent une attention spéciale, parce qu'ils peuvent être signalés par quelque particularité appréciable à nos sens. Par exemple, la fonction potentielle $\sum \frac{m}{r}$ de l'attraction newtonienne correspond probablement à quelque modification intérieure de l'éther, et les points où cette fonction et la force sont infinies sont ceux où nous localisons les atomes pondérables.

Aux points où $\Delta_1 f = 0$, l'accroissement de f devient

$$(31) \quad df = \frac{1}{2}(f''_{xx} dx^2 + \dots + 2f''_{yz} dy dz + \dots)$$

Les petites surfaces dF ne sont plus des éléments plans parallèles, mais des ellipsoïdes ou des hyperboloïdes conjugués, selon que les trois dérivées principales $f''_{x'x'}$ (correspondant au système d'axes rectangulaires x', y', z' , unique en chaque point, qui annule les trois $f''_{y'z'}$), sont ou non de même signe. Dans le cas des ellipsoïdes, il y a minimum ou maximum au point x, y, z , selon que le signe des dérivées principales est positif ou négatif. Dans le cas des hyperboloïdes (qui a lieu nécessairement lorsque $\Delta_2 f = 0$), le cône asymptote sépare les points vers lesquels f augmente de ceux vers lesquels f diminue.

Lorsque des molécules se réunissent en un point, il

semble que ce point doive être signalé par quelque particularité analogue à celles dont nous venons de parler. Lors du mouvement de concentration étudié plus haut, le centre est le point où la vitesse $V = -\frac{k}{r^2}$ est infinie. Il est remarquable que cette valeur infinie n'empêche pas la position d'une molécule d'être parfaitement déterminée à toute époque t ; car l'équation différentielle

$$(32) \quad \frac{dr}{dt} = -\frac{k}{r^2}$$

donne

$$\frac{r^3}{3} = \frac{r_0^3}{3} - kt,$$

r_0 étant la distance initiale. Le rayon devient donc nul, puis négatif, ce qu'on peut interpréter en admettant que la molécule continue son chemin en ligne droite.

3. — La réunion de molécules en noyau sphéroïdal a été admise par une ancienne théorie comme l'origine de tous les éléments anatomiques. Cependant des molécules peuvent se trouver réunies en masse figurée par suite de phénomènes bien différents. Le mouvement de concentration lui-même nous en donne un exemple dans un cas limite. Si Π_1, Π sont, respectivement, la densité de la matière considérée dans le noyau central et dans le milieu ambiant, le poids reçu par le noyau de rayon R dans l'instant dt a la double expression :

$$\Pi_1 4\pi R^2 dR = \Pi 4\pi k dt,$$

de sorte que, si les densités du noyau et du milieu sont égales, la vitesse de la surface limite est égale et opposée à la vitesse de la molécule qui s'y trouve, et celle-ci peut rester immobile. L'accroissement a lieu par une transfor-

mation de la molécule sur place. La coagulation autour d'un point chauffé réalise un accroissement par transformation sur place.

On conçoit encore qu'un milieu solide puisse se rompre ou se liquéfier dans une certaine étendue, et que les cavités formées soient remplies par d'autres molécules. La condition essentielle de la formation d'une masse est que les mouvements des molécules soient assez lents, c'est-à-dire que les pressions de l'éther de part et d'autre de leur surface soient peu différentes.

4. — La formation de masses figurées est fréquemment réalisée en chimie. Les phénomènes de ce genre, considérés jusqu'ici comme accessoires, mériteraient d'être étudiés plus qu'on ne l'a fait. Je citerai comme exemple la formation si fréquente de gouttes sphéroïdales, la réunion de matières demi-solides en noyaux, en stries périodiques, en paroi cellulaire, et les expériences analogues à celles que j'ai citées plus haut; dans l'expérience du noyau de chlorure d'argent, la masse formée perd certaines molécules, en gagne d'autres, et est le siège de réactions chimiques, ce qui est une première ébauche de combinaison synthétique de phénomènes dans des milieux liquides ou demi-liquides. L'influence de la distribution des phénomènes est rendue manifeste dans l'expérience de la paroi triangulaire de chlorure d'argent, où l'intersection des cercles de diffusion devient visible. La disposition des angles en face des cristaux de chlorure ou dans leur intervalle mériterait d'être étudiée.

5. — La forme des masses qui apparaissent dans un milieu est souvent sphérique; une masse sphérique demi-liquide peut prendre des formes diverses, par suite de mouvements intérieurs ayant lieu sans changement de

densité, ainsi qu'on le verra plus loin. Mais des formes autres que la sphère peuvent aussi apparaître du premier coup, ainsi que le montre une des expériences précédentes. Les fibres, les cellules fusiformes, et les prolongements des cellules étoilées appellent particulièrement l'attention. Il conviendrait peut-être d'étudier à ce sujet le lieu du maximum et du minimum des fonctions de la forme $\sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$, telles que la vitesse V d'une molécule, ou le paramètre Δ_1 d'une fonction.

IV. — ACCROISSEMENT D'UNE MASSE.

1. — L'accroissement d'une masse est réalisé synthétiquement lors de la formation d'un noyau de chlorure d'argent autour d'une parcelle de nitrate. L'accroissement cesse au bout de vingt minutes lorsque le noyau a un rayon de deux millimètres environ.

2. — La condition de l'accroissement, par apport de molécules animées d'un mouvement continu, est que la somme des expressions (16) effectuée pour les diverses matières qui traversent la surface σ de la masse de dehors en dedans, soit positive. La surface σ elle-même a une équation de la forme

$$(33) \quad \sigma = \text{fonct}(x, y, z, t).$$

Mais on peut la considérer comme invariable pendant un instant. On a vu, au sujet du mouvement de concentration, comment la constance de densité d'un noyau sphérique donne lieu à une vitesse opposée à la vitesse de concentration.

3. — La régression d'un noyau de chlorure d'argent est réalisée en remplaçant le courant de chlorure de sodium par un courant d'hyposulfite de soude. On peut reformer le noyau en rétablissant le courant de chlorure de sodium, si les matériaux peuvent être fournis, c'est-à-dire si la parcelle de nitrate n'est pas épuisée; sinon, la lésion est incurable.

L'accroissement du noyau de chlorure et sa dissolution semblent avoir lieu par la surface et non par l'intérieur même de la masse. Toutefois, l'azotate d'argent traverse la masse; on conçoit donc qu'une structure lâche d'un dépôt puisse permettre à une matière extérieure de pénétrer dans l'intérieur de la masse qu'il forme. Je crois qu'une analyse suffisamment approfondie des mouvements des molécules dans les milieux vivants enlève une grande partie de leur valeur aux distinctions que l'on a établies autrefois entre les corps vivants et les corps bruts. Les conditions sont différentes, mais non les propriétés essentielles des atomes et de l'éther, ainsi que le démontrera, je l'espère, la synthèse effective des phénomènes réalisée au moyen de la matière inerte.

V — DIVISION D'UNE MASSE.

1. — La division d'une masse sphéroïdale a lieu souvent par pédiculisation suivie de séparation. Certaines masses allongées en bâtonnet semblent se partager en deux par leur milieu. D'autres fois, on voit une petite masse grossir peu à peu à la surface d'une autre dont elle

paraît provenir, puis s'en détacher. Tels sont les principaux mouvements moléculaires qu'il faut étudier.

La pédiculisation suivie de division est précédée de déformations de la masse. Ces déformations ont lieu sans changement bien appréciable de densité, puisque la masse est demi-liquide. Si le mouvement des molécules est continu, et si l'on prend pour élément de volume le tétraèdre dont les sommets sont définis par les valeurs particulières ε_i , $\varepsilon_i + d_{1,2,3} \varepsilon_i$, le volume de ce tétraèdre est

$$(34) \quad d\varpi = \frac{1}{6} R g,$$

R et g étant les déterminants de 9 éléments

$$(35) \quad R = \left| \frac{dx, y, z}{d\varepsilon_i} \right|, \quad g = |d_{1,2,3} \varepsilon_i|;$$

d'où l'expression de la dilatation cubique opérée dans l'instant un :

$$(36) \quad \frac{1}{d\varpi} \frac{dd\varpi}{dt} = \frac{dV_x}{dx} + \frac{dV_y}{dy} + \frac{dV_z}{dz} = \Theta.$$

Lors d'un mouvement sans changement de densité, R doit être fonction des ε_i sans t . On a de tels mouvements en prenant

$$(37) \quad V_x = \frac{dF_i}{dz} \frac{dF_j}{dy} - \frac{dF_i}{dy} \frac{dF_j}{dz}, \quad \text{ou} \quad V_x = \frac{d\eta}{dz} - \frac{d\zeta}{dy},$$

$F_i, F_j, \xi, \eta, \zeta$ étant des fonctions de x, y, z, t . Lors de la première forme, la vitesse V est tangente aux deux surfaces F_i, F_j , comme une vitesse de rotation est tangente à une sphère et à un plan; la seconde forme est analogue à celle des rotations $\rho_{x, y, z}$ d'un milieu fictif animé des vitesses ξ, η, ζ .

Lors des mouvements sans dilatation, toute surface fer-

mée imperméable dont l'équation est

$$(38) \quad \text{fonct}(\varepsilon, \varepsilon_1, \varepsilon_2) = \text{constante}$$

sans t comprend un volume constant; car les éléments $d\sigma$ sont en même nombre et ne changent pas. C'est ce qu'on voit lors du mouvement de concentration (12), en tenant compte du volume sphérique qui se développe sur le prolongement du rayon. Il résulte de là qu'une telle surface (38) pourrait représenter les formes successives d'une masse qui se déforme sans changer de volume.

Par exemple, les vitesses

$$(39) \quad V_x = 2ax, \quad V_{y,z} = -a(y, z)$$

donnent

$$(40) \quad x = x_0 e^{2at} \quad y, z = (y_0, z_0) e^{-at},$$

et la sphère primitive $x_0^2 + y_0^2 + z_0^2 = r_0^2$ se change en un ellipsoïde de révolution qui s'allonge suivant les x , et se rétrécit dans la direction perpendiculaire. Les axes de cet ellipsoïde sont

$$r_0 e^{2at}, \quad r_0 e^{-at}$$

et son volume reste constant.

Il y aurait lieu de chercher si, lors du partage par scission, les vitesses $V_{x,y,z}$ ne pourraient pas être les dérivées d'un potentiel à deux termes de la forme

$$F = \frac{k_1}{r_1} + \frac{k_2}{r_2},$$

en désignant par k_i des constantes, par r_i les distances à deux points.

2. — Les molécules sont généralement animées de translations, puisque leur équilibre exige une compensation exacte des pressions de l'éther sur leur surface.

Lorsque ces translations sont peu étendues et se compensent dans les différentes parties du milieu, il n'y a pas de déformation extérieure appréciable. La déformation extérieure, pour être appréciable, exige donc que les translations des molécules soient suffisamment étendues et distribuées d'une certaine manière dans le milieu; ce qui correspond à un certain état intérieur de l'éther. Cette remarque s'applique aux déformations lentes des masses et aux déformations amiboïdes.

3. — Des gouttes d'huile, déposées à la surface de l'eau, s'échangent, se pédiculisent, se partagent; sont entraînées dans un mouvement sans changement de densité; un mélange d'huile et d'encre donne des formes étoilées qui peuvent être imprimées sur le papier.

On ne réalise ainsi par synthèse que le phénomène de la déformation; mais on conçoit que l'on puisse arriver à réaliser à la fois tous les phénomènes précédents: rénovation de molécules, réaction chimique continue, accroissement, division, et que les mêmes phénomènes se reproduisent sur les nouvelles masses, les mêmes conditions continuant à être remplies. Ce phénomène synthétique ressemblera beaucoup à la vie d'un microbe; il devra même être considéré comme identique, puisqu'un microbe ne présente pas d'autres phénomènes à notre analyse.

Une flamme, qui a une structure, qui peut être empoisonnée, asphyxiée, déformée, divisée, peut aussi donner naissance à des flammes pareilles, là où les matériaux sont rassemblés. Il faut actuellement essayer de produire dans les milieux liquides des sortes de flammes telles, par exemple, que la mince paroi triangulaire de chlorure d'argent, pendant sa formation. La propagation d'une réaction chimique pourrait ainsi donner naissance, de proche en proche, à une structure appréciable.

4. — Les masses formées par accroissement et division successive s'arrangent dans un certain ordre, où la géométrie trouve un développement plus complet que dans l'arrangement cristallin. La disposition des fibres et des cellules offre en effet des apparences de surfaces et de courbes orthogonales; les formes périodiques sont fréquentes, et signalent des phénomènes intérieurs périodiques, qui peuvent toutefois n'être pas des vibrations. Enfin les coupes de certains fruits (une pomme, par exemple) donnent à penser que certaines formes organiques pourraient bien être les transformées, par rayons vecteurs réciproques, de cônes isothermes, orthogonaux, et de même paramètre du premier ordre Δ_1 ; ce qui est peut-être dû à quelque fonction vérifiant la loi $\Delta_2 = 0$, par exemple à un potentiel des vitesses d'un mouvement continu sans dilatation. On voit combien de problèmes, jusqu'ici peu remarqués, s'offrent au physiologiste.

VI. — CONTRACTION D'UNE FIBRE MUSCULAIRE.

1. — L'analyse mathématique et la synthèse effective de la contraction musculaire paraissent au premier abord plus difficiles encore que les problèmes relatifs aux phénomènes de nutrition et d'organisation. Cependant la contraction elle-même nous présente, ainsi que tous les phénomènes physiologiques élémentaires considérés précédemment, des translations de molécules et d'atomes pondérables comme élément le plus facilement accessible à nos sens. La déformation musculaire a lieu sans dilatation

cubique sensible, et offre quelque analogie avec le mouvement (39), en changeant le signe de la constante α . Mais cette déformation n'a lieu que sur une petite étendue de la fibre, et se propage de proche en proche. De plus, elle paraît être corrélatrice d'une réaction chimique, comme il résulte de l'ensemble des faits observés. Il y a donc, lors de la contraction musculaire, propagation d'une réaction chimique, analogue à la propagation d'une onde explosive. Tel est, autant que j'en puis juger, le fait principal sur lequel je dois fixer mon attention.

2. — La réaction chimique propagée dans la fibre musculaire est accompagnée d'une déformation intérieure. Est-ce là un fait exceptionnel, dû à quelque propriété vitale, et qu'on ne puisse rapporter aux propriétés générales des atomes pondérables et de l'éther? Nullement; il me semble même probable qu'une réaction chimique doit généralement être accompagnée d'une déformation intérieure du milieu. Les déplacements des atomes pondérables, ai-je dit, ne sont pas l'élément essentiel de la réaction chimique; mais la variation des pressions de l'éther, qui paraît être l'élément essentiel de la réaction chimique, donne lieu en général à des déplacements des atomes pondérables; il doit arriver ordinairement que la distribution irrégulière de ces déplacements dans le milieu amène une compensation telle, que la déformation extérieure est insensible. Mais si les déplacements sont orientés de même dans tout le milieu, ou du moins distribués périodiquement, il pourra se faire que la déformation extérieure soit appréciable. Une telle orientation ou distribution peut d'ailleurs être liée à une structure régulière et périodique du milieu.

De là résulte ce problème de synthèse : former, au moyen de la matière inerte, un milieu demi-liquide où les

molécules se renouvellent, et capable de propager une réaction chimique accompagnée de contraction suivant la direction de la propagation et de dilatation perpendiculairement à cette direction. Il semble que les déformations électriques réalisées par M. Lippmann doivent conduire à cette synthèse; les courants électriques étant employés soit à orienter les mouvements dans le milieu, soit à y produire une structure régulière. De telles expériences jetteraient un grand jour sur les mouvements réels des atomes dans un milieu en réaction chimique, sujet nouveau en Chimie, où l'on a surtout considéré jusqu'à présent le résultat intégral.

3. — S'il était possible que des atomes de nature différente fussent entraînés dans un même mouvement continu les petites surfaces, où le moment de concentration (19) a la même valeur, correspondraient, les ellipsoïdes à une décomposition ou à une combinaison, les hyperboloïdes, à un dédoublement. Dans ce dernier cas, qui a lieu nécessairement lorsque le mouvement s'opère sans dilatation cubique, comme dans un liquide, si le cône asymptote était orienté de même dans tout le milieu, la dilatation linéaire, qui a lieu d'un côté du cône, et la contraction linéaire qui a lieu dans la direction perpendiculaire pourraient devenir perceptibles extérieurement. C'est ce qu'on voit, par exemple, lors du mouvement dont les vitesses ont les expressions (39).

4. — Si l'on désigne par A l'activité, c'est-à-dire la quantité, exprimée en kilogrammètres ou dynames, d'énergie transformée par l'élément de volume un d'une fibre musculaire dans l'instant un, cette quantité A peut être considérée comme une fonction continue des coordonnées initiales, x, y, z de l'élément de volume et du temps t ; de

sorte que l'équation du phénomène est

$$(41) \quad A = \text{fonct}(x, y, z, t).$$

Cette équation représente une famille de surfaces qui se déforment. L'équation différentielle totale

$$(42) \quad dA = A_x dx + A_y dy + A_z dz + A_t dt$$

représente le phénomène élémentaire, et figure l'écoulement d'éléments plans parallèles dont la vitesse normale est

$$(43) \quad V_N = - \frac{A'_t}{\Delta_1 A}.$$

L'élément plan tourne, en même temps qu'il avance. Si l'on fait A constante dans l'équation (41), pour suivre la déformation d'une surface isodèle, cette équation donne

$$(44) \quad A'_x + A'_t t'_x = 0,$$

d'où

$$(45) \quad \frac{t'_x}{A'_x} = \frac{t'_y}{A'_y} = \frac{t'_z}{A'_z} = \frac{\Delta_1 t}{\Delta_1 A} = - \frac{1}{A'_t}, \quad V_N = \frac{1}{\Delta_1 t}.$$

Ayant ainsi les $t'_{x,y,z}$, on peut en tirer les expressions :

$$(46) \quad dt'_x = t''_{xx} dx + t''_{xy} dy + t''_{xz} dz,$$

et étudier la déformation d'une surface isodèle comme on a étudié la distribution d'une fonction f (28) à un instant donné; déformation bien distincte de la déformation de la fibre musculaire, mais qui est dans un tel rapport avec celle-ci, que l'onde musculaire suit probablement une surface isodèle où l'activité A présente une valeur maxima; les coordonnées x, y, z , des éléments de volume étant ramenées constamment à leurs valeurs initiales.

VII. — PHÉNOMÈNES PROPAGÉS DANS LES SUBSTANCES
NERVEUSES.

1. — Nous ignorons encore la nature intime des phénomènes propagés dans les substances nerveuses, lors du fonctionnement. Toutefois, il semble que ces phénomènes soient liés, comme les phénomènes musculaires, à quelque réaction chimique, puisque la nutrition doit réparer les pertes. La propagation du phénomène nerveux aurait donc une certaine analogie avec la propagation de la couche lumineuse le long d'un tube plein de mélange oxhydrique, analogie grossière, il est vrai. Le phénomène nerveux n'est pas accompagné d'une déformation appréciable; mais s'il est accompagné d'une dépense d'énergie corrélative, on peut le représenter, comme le phénomène musculaire, par une équation de la forme (41). Le long d'un cylindre axe, on aura, à la distance s de l'origine et à l'époque t ,

$$(47) \quad A = \text{fonct}(s, t).$$

La vitesse de propagation est

$$(48) \quad V_s = - \frac{A_t}{A_s}.$$

Pour que cette vitesse de propagation ait une valeur constante k , il faut que l'on ait

$$(49) \quad A_t + kA_s = 0, \quad \text{d'où} \quad A = \text{arb}(s - kt),$$

la fonction A de $s - kt$ étant arbitraire. La constante k représente en quelque sorte une propriété du milieu. C'est en formant synthétiquement, au moyen de la matière inerte, des milieux doués de rénovation, capables

de propager une réaction chimique, que l'on appréciera l'influence des diverses conditions sur la valeur de la vitesse de propagation V_N , et la part qui revient aux deux termes A'_t, A_s , qui expriment, l'une la variation de l'activité en un même point, l'autre l'inégalité de distribution de cette activité.

2. — Lire, dans les phénomènes de conscience, la mécanique moléculaire du cerveau est un problème qui me préoccupait beaucoup autrefois. Je n'ai pas pu le résoudre; mais, en y réfléchissant, j'ai fait la remarque suivante, relative à la manière dont nous acquérons nos connaissances physiques. Ainsi que je l'ai déjà dit, nous ne connaissons pas la matière immédiatement; nous ne percevons, immédiatement, que nos phénomènes psychiques, liés à des phénomènes de la couche corticale de notre cerveau. Nous disons qu'une matière occupe un lieu, lorsque certains phénomènes nous paraissent s'accomplir en ce lieu; et ces phénomènes sont exprimables par des équations de la forme

$$f = \text{fonct} (x, y, z, t).$$

Telle est en effet l'expression mathématique des phénomènes psychiques correspondants. Or, comme on l'a vu plus haut, une telle équation figure l'écoulement de surfaces isodèles, et éveille en nous l'idée d'un fluide en mouvement. Il en résulte que nous rapportons volontiers les phénomènes au mouvement d'un fluide. Nous pouvons même assigner des fonctions f qui se comportent comme des densités lors d'un mouvement $V_{x,y,z}$ continu donné. Ces fonctions sont de la forme

$$(50) \quad f = \frac{1}{R} \varphi,$$

R étant le déterminant (35), et φ une fonction des ε_i seules, sans t . Inversement, un phénomène $f = \text{fonct.}(x, y, z, t)$ étant donné, nous pouvons assigner un mouvement $V_{x,y,z}$ tel, que la quantité f se comporte comme une densité, de sorte que le produit $f d\omega$ reste constant sur l'élément mobile ε_i . Dès lors, le fluide est constitué. C'est ainsi que le calorique et l'électricité, substances autrefois, sont aujourd'hui des phénomènes. Le fluide même, dont Maxwell étudie les déplacements, est-il fictif ou réel? La matière pondérable, l'éther lui-même, que sont-ils? Nous n'en savons rien. Cette remarque était nécessaire, si nous voulons nous rendre compte de la valeur de nos théories physiques.

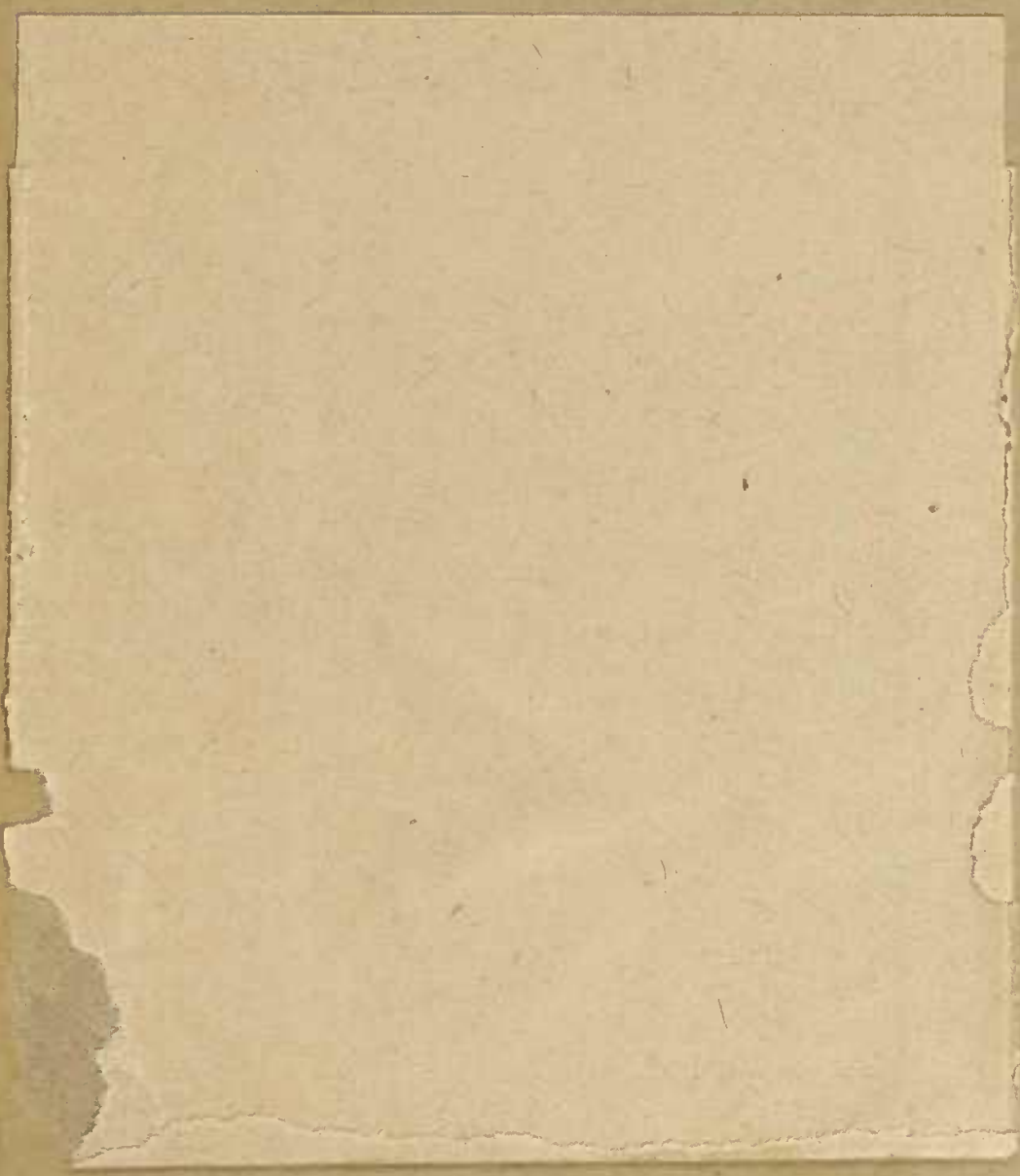
3. — Le but principal de ce travail était de chercher comment on pourrait remplacer les expériences douloureuses par des procédés moins cruels et plus rigoureux. La synthèse des phénomènes élémentaires, réalisée au moyen de la matière inerte, semble devoir atteindre ce but; mais ici se présente une difficulté. Cette synthèse paraît possible tant qu'il ne s'agit que de phénomènes élémentaires; mais reproduirons-nous jamais, par exemple, l'agencement complexe des centres nerveux, et cette complexité ne rendra-t-elle pas nécessaire l'expérimentation sur l'animal vivant? A mon avis, les expériences douloureuses sont une honte pour l'humanité, et je crois qu'il faut arriver à s'en passer, non seulement pour découvrir les conditions de multiplication d'un microbe, mais même pour démontrer les connexions physiologiques des centres nerveux. Peut-être serait-il possible de réaliser un progrès à cet égard, en multipliant les procédés qui permettent d'étudier l'homme directement sans nuire à l'individu.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

| | |
|---|----|
| Objet et contrôle..... | 1 |
| I. — Mouvement des molécules à travers un milieu | 1 |
| II. — Échange d'atomes entre molécules voisines | 12 |
| III. — Réunion des molécules en masse figurée..... | 18 |
| IV. — Accroissement d'une masse..... | 22 |
| V. — Division d'une masse | 23 |
| VI. — Contraction d'une fibre musculaire | 27 |
| VII. — Phénomènes propagés dans les substances nerveuses..... | 31 |

132542





ORIENTAÇÕES PARA O USO

Esta é uma cópia digital de um documento (ou parte dele) que pertence a um dos acervos que fazem parte da Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP. Trata-se de uma referência a um documento original. Neste sentido, procuramos manter a integridade e a autenticidade da fonte, não realizando alterações no ambiente digital – com exceção de ajustes de cor, contraste e definição.

1. Você apenas deve utilizar esta obra para fins não comerciais. Os livros, textos e imagens que publicamos na Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP são de domínio público, no entanto, é proibido o uso comercial das nossas imagens.

2. Atribuição. Quando utilizar este documento em outro contexto, você deve dar crédito ao autor (ou autores), à Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP e ao acervo original, da forma como aparece na ficha catalográfica (metadados) do repositório digital. Pedimos que você não republique este conteúdo na rede mundial de computadores (internet) sem a nossa expressa autorização.

3. Direitos do autor. No Brasil, os direitos do autor são regulados pela Lei n.º 9.610, de 19 de Fevereiro de 1998. Os direitos do autor estão também respaldados na Convenção de Berna, de 1971. Sabemos das dificuldades existentes para a verificação se uma obra realmente encontra-se em domínio público. Neste sentido, se você acreditar que algum documento publicado na Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP esteja violando direitos autorais de tradução, versão, exibição, reprodução ou quaisquer outros, solicitamos que nos informe imediatamente (dtsibi@usp.br).