

sur la fréquence des cas abortifs observés dans les manufactures de tabac. Mais ces faits sont loin d'avoir une valeur probante. La femme saine résiste facilement aux causes d'avortement. Elle se comporte à cet égard comme les espèces animales, canine, équine, féline. Au contraire, des lésions minimales des organes reproducteurs sont susceptibles d'interrompre la gestation à la suite d'un accident insignifiant.

Or les ouvrières des manufactures de tabac sont en général suspectes à cet égard; en outre, elles sont mal nourries, mal aérées, assez souvent infectées par le gonocoque ou le spirochète.

En réalité, l'action du poison est dissociée suivant l'espèce animale. Tandis que le lapin mange impunément une grande quantité de belladone sans être incommodé, quantité capable de tuer plusieurs hommes, d'autre part une petite quantité de tabac peut produire l'avortement dans cette espèce, tandis qu'elle serait insuffisante pour produire l'avortement dans une espèce différente. En outre, l'innervation utérine de la lapine est en corrélation peut-être plus intime avec le système nerveux général que cela n'a lieu dans l'espèce humaine.

Ce fait, aujourd'hui accepté, explique comment dans un cas l'action du poison peut donner naissance à un phénomène, pendant que ce dernier n'a pas lieu dans un autre organe pourvu d'une innervation indépendante.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur la cause des orages magnétiques.*

Note de M. R. BIRKELAND.

Dans un Ouvrage *The Norwegian Aurora Polaris Expedition 1902-1903*, dont le premier Volume, *On the cause of magnetic storms and the origine of terrestrial magnetism*, paraîtra dans un mois, j'ai exposé les résultats auxquels je suis arrivé en étudiant des enregistrements magnétiques simultanés de vingt-cinq stations autour du globe terrestre parmi lesquelles mes propres stations à Island, au Spitzberg, à la Nouvelle-Zemble et à Finmarken.

Nous avons d'abord traité les phénomènes les plus simples, que nous avons appelés les *orages élémentaires* et que nous avons classés en cinq espèces différentes.

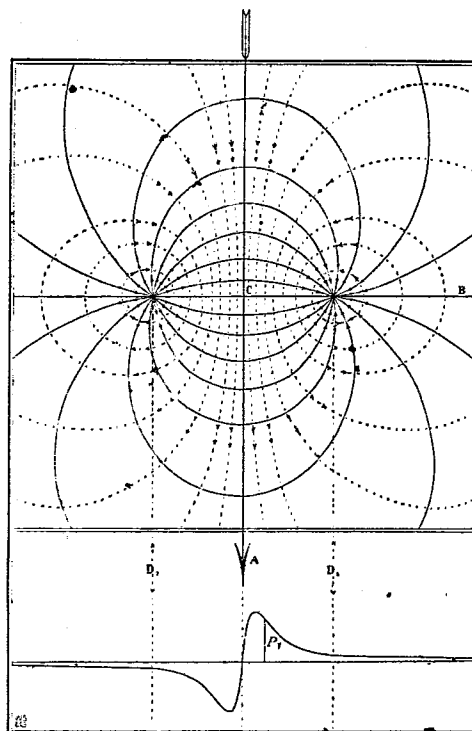
Ensuite nous avons montré que les *orages complexes* peuvent être regardés comme composés par les différentes espèces d'orages élémentaires.

Les orages élémentaires se partagent surtout en quatre catégories : orages équatoriaux positifs et négatifs, orages polaires positifs et négatifs.

La composante de la force de perturbation sous l'orage *équatorial* est dirigée perpendiculairement à l'équateur magnétique, vers le Nord dans les orages positifs, vers le Sud dans les orages négatifs. La composante est presque constante autour de l'équateur et elle devient plus faible vers les plus hautes latitudes.

Le champ horizontal magnétique de perturbation sous un orage *polaire* élémentaire peut se représenter typiquement par le diagramme I, qui s'établit par une sorte de pro-

Fig. 1.



jection zénithale des vecteurs sur un plan tangent à la Terre au centre d'orage C. Les lignes continues sont les lignes de force perturbatrice horizontale, les lignes en pointillé sont des lignes que nous appelons *lignes de courant*.

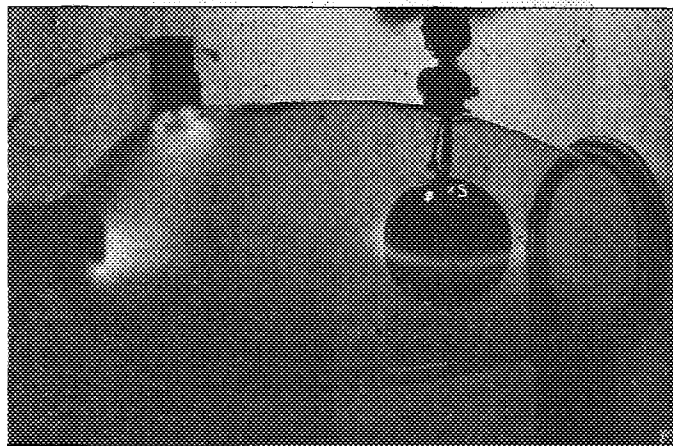
L'axe principal du système AC est dirigé le long de la zone maximum des aurores polaires, pour les orages positifs vers l'Est, pour les orages négatifs vers l'Ouest. Dans le centre d'orage C, la force perturbatrice horizontale est donc dirigée vers le Nord dans le premier cas, vers le Sud dans le second. Le champ de perturbation se meut pendant l'orage toujours de sorte que son axe principal glisse le long de la zone des aurores.

Quant à la cause de ces perturbations élémentaires, j'ai réussi à concilier avec tous les faits observés ma théorie de succion magnétique par la Terre des corpuscules électriques provenant du Soleil.

J'ai retrouvé d'une manière surprenante, par mes expériences avec une petite sphère (*terrella*) magnétique dans un grand tube de décharge, une répartition des rayons cathodiques autour de la sphère qui correspond tout à fait bien, dans les différents cas, aux différentes espèces d'orages magnétiques observés sur la Terre.

D'abord l'orage *équatorial* négatif s'explique par la formation d'un anneau de rayons cathodiques autour de l'équateur magnétique de la sphère (voir *fig. 2*). Les rayons

Fig. 2.



viennent sur le côté d'après-midi, passent en tournant par le côté de nuit au côté de jour et ainsi de suite.³

L'orage *équatorial* positif s'explique par une série d'expériences, dont je ne reproduis ici qu'une photographie (*fig. 3*). La sphère est munie d'un écran phosphorescent comme elle pour les rayons. Les expériences montrent que la grande masse des rayons tournent en changeant de sens devant la sphère, ce sont ces rayons qui se manifestent sur l'écran du côté opposé à la cathode. Ce sont des rayons qui correspondent à peu près aux valeurs de γ comprises entre $-0,5$ et $-0,9$ sur la figure 2 de la belle Note de M. Störmer (*Comptes rendus*, t. CXLIII, p. 409). Les rayons tournant ainsi devant la Terre expliqueront les forces perturbatrices pendant l'orage équatorial positif.

Les orages *polaires* positifs s'observent généralement sur le côté de l'après-midi de la Terre, tandis que les orages négatifs ont leur centre sur le côté de nuit. On voit souvent aux stations polaires, pendant les orages complexes de longue durée, que l'orage positif se change brusquement en orage négatif quand la station en question entre, par la rotation de la Terre, sur le côté du soir.

J'explique les orages polaires positifs comme les équatoriaux correspondants par des rayons qui tournent à peu près de 180° devant la Terre et l'on voit bien même sur la figure 3 comment les rayons qui descendent dans la zone d'aurores de la sphère sont en rapport intime avec les rayons qui tombent sur l'écran.

Fig. 3.



Les orages *polaires* négatifs sont les grands orages sur le côté de nuit et je les explique en renvoyant aux expériences représentées (*fig. 4a* et *fig. 4b*).

La figure *4a* montre la descente des rayons sur le côté de l'après-midi tandis que la figure *4b* de la même expérience montre comment les rayons tournent autour de la sphère sur le côté de nuit. Le plan moyen de l'écran correspond à 6^h du matin.

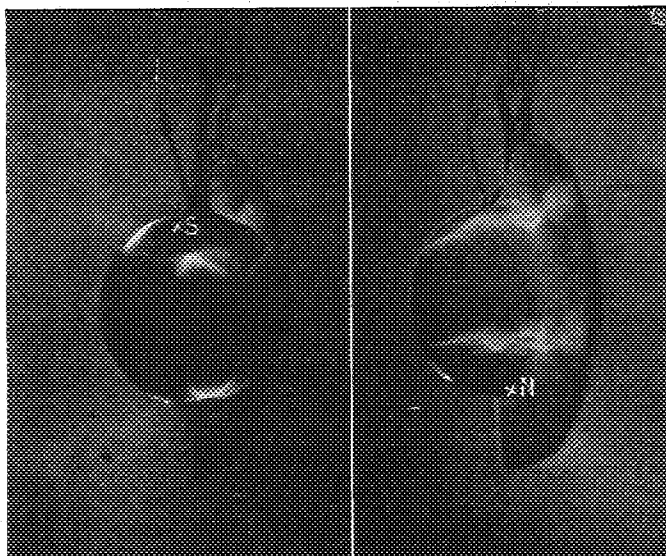
Je m'imagine donc les rayons s'approchant de la Terre et puis s'en allant pendant des orages polaires négatifs et positifs de la manière qu'indiquent respectivement les schémas *5a* et *5b*.

Nous avons montré comment une telle descente des rayons donne lieu approximativement au champ magnétique représenté (*fig. 1*).

Il est constaté d'une manière concluante et décisive par nos enregistrements qu'une telle descente des rayons produisant un orage rapproché de

Fig. 4 a.

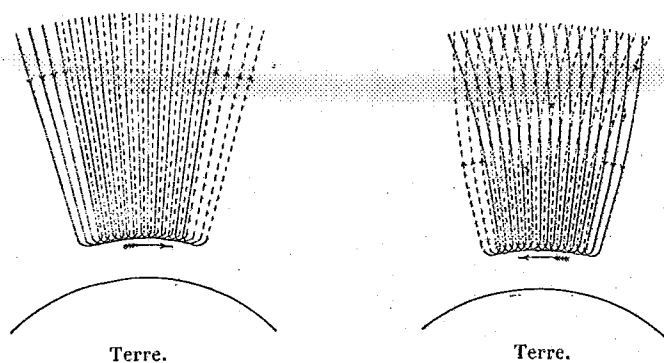
Fig. 4 b.



nos quatre stations norvégiennes est accompagné de forts courants telluriques d'induction qui passent par zéro, en changeant de signe quand l'orage

Fig. 5 a.

Fig. 5 b.



est au maximum. Ces courants telluriques se répartissent certainement sur tout le globe terrestre en donnant naissance à des perturbations magnétiques secondaires.

M. GASTON BARDOU adresse un Mémoire relatif à la *Navigation aérienne*.

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

M. D. BRISSET adresse un travail relatif aux *Propriétés de l'éther*.

La séance est levée à 3 heures trois quarts.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 7 SEPTEMBRE 1908.

- Le mode planétaire*, par VINCENT ARNOULD. Bruxelles, 1908; 1 fasc. in-8°.
- Mémoire de l'Académie de Stanislas* (1907-1908), 158^e année, 6^e série, t. V. Nancy, 1908; 1 vol. in-12.
- D'une rive à l'autre du Sahara*, par le lieutenant MAURICE CORTIER. Paris, 1908; 1 vol. in-8°.
- Mémorial de l'Artillerie navale*, 3^e série, t. II. Paris, 1908; 1 vol. in-12.
- Anuario da Universidade de Coimbra* (anno lectivo de 1907-1908). Coimbra, 1 vol. 1907; in-12.
- Annuaire statistique de la ville de Buenos-Ayres*, par MM. CHARLES-T. DE ALVEAR et ALBERT-B. MARTINEZ, 17^e année, 1907. Buenos-Ayres; 1 vol. in-8°.
- Die Theorie der Drehung der Erde*, von Dr L. DE BALL. Wien, 1908; 1 fasc. in-4°.
- Jahrbücher der k. k. Zentral-Anstalt für Meteorologie und Geodynamik*. Jahrgang 1906. Wien, 1908; 2 fasc. in-4°.
- Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz*, neue Folge, XXII. Lieferung, Bern, 1908; 1 fasc. in-4°.
-

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 14 SEPTEMBRE 1908.

- Cours de Chimie inorganique*, par FRÉDÉRIC SWARTS. Paris, 1908; 1 vol. in-8°.
- Chronométrie*, par J. ANDRADE. Paris; 1 vol. in-12.
- La loi de l'attraction universelle considérée comme base fondamentale de l'Univers*, par le D^r MARCEL MONIER. Anvers, 1908; 1 fasc. in-12.
- The mind : Its power in the cure of consumption and other diseases, through lung training, voice production and life waves*, by Mr. VERNON DREW. Kingston-on-Thames, 1 vol. in-12.
- Ueber Beziehungen der Thermo- und Triboelektrizität zur Elektrophysiologie*, von HERMANN STUDTE. Berlin-Charlottenburg, 1908; 1 fasc. in-12.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 21 SEPTEMBRE 1908.

- Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine*, von H. ROSENBUSCH; Bd. II. *Massigen Gesteine*; Hälfte 2 : *Ergussgesteine*; vierte neu bearbeitete Auflage, mit 4 Tafeln. Stuttgart, E. Schweizerbart, 1908; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)
- Éléments d'aviation*, par VICTOR TATIN. Paris, H. Dunod et E. Pinat, 1908; 1 fasc. in-8°.
- Flora montana Formosæ*, an enumeration of the plants found on mount Morrison, the central chain, and other mountainous regions of Formosa at altitudes of 3000 ft.-13000 ft., by B. HAYATA, with 41 plates and 16 woodcuts. (*Journal of the College of Science, Imperial University, Tokyo, Japan*; t. XXV, article 19.) Tokyo, 1908; 1 vol. in-4°.
- La bialgèbre*, par EMMANUEL GRIGORAS. Bucarest, Grigore Luis, 1908; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)
- Festschrift zur Eröffnung des Neubaues der Handelshochschule Cöln*, 26 octobre 1907; Cologne, Paul Neubner; 1 fasc. in-8° oblong.
- Geological literature added to the geological Society's Library, during the year ended december 31st, 1907*. Londres, 1908; 1 vol. in-8°.
- E. Merck Annales. Exposé des acquisitions nouvelles dans le domaine de la pharmacothérapie et de la pharmacie*; 21^e année, 1907. Darmstadt, Eduard Rœther, 1908; 1 vol. in-8°.
- Republica de Chile. *Anuario del Servicio meteorológico de la Direccion del terri-*

torio maritimo; tomo octavo, correspondiente al año 1906. Valparaiso, 1908; 1 vol. in-4°.

Annales de l'Observatoire royal de Belgique, publiées aux frais de l'État; nouvelle série : *Annales météorologiques*; t. XX, fasc. IV : Cahier 1. *Nouvelles recherches sur la température climatologique*, par J. VINCENT. Cahier 2. *Atlas des nuages*. par J. VINCENT. Bruxelles, Hayez, 1906-1907; 2 fasc. in-4°.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 SEPTEMBRE 1908.

PRÉSIDENCE DE M. BOUCHARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur deux applications de l'équation de Fredholm à des problèmes de Physique mathématique.* Note de M. ÉMILE PICARD.

On sait combien d'exemples ont été donnés de questions de Physique mathématique résolues à l'aide de l'équation fonctionnelle de Fredholm. Quand on a pu ramener le problème à une telle équation, il reste en général à examiner si l'on se trouve ou non dans un cas singulier; il peut arriver cependant que des circonstances plus complexes se présentent, soit parce que le problème comporte, outre les fonctions, certaines constantes inconnues, soit parce qu'une discussion est nécessaire pour étudier la nature des fonctions en quelque point singulier. Je me propose d'indiquer ici deux exemples très simples de ces circonstances; j'en ai indiqué les points essentiels dans mon Cours de l'année dernière.

1. Divers auteurs ont déjà étudié une loi d'attraction correspondant à un potentiel plus général que le potentiel newtonien, je veux parler du potentiel de la forme

$$(1) \quad \frac{e^{-kr}}{r} \quad (k > 0),$$

et l'on peut notamment consulter à ce sujet le Livre de C. Neumann ⁽¹⁾. Si donc on suppose que la loi des attractions électriques corresponde à la

⁽¹⁾ C. NEUMANN, *Allgemeine Untersuchungen über das Newton'sche Princip der Fernwirkungen* (Leipzig), 1896.

fonction de la distance

$$-\frac{d}{dr}\left(\frac{e^{-kr}}{r}\right) \quad \text{au lieu de} \quad \frac{1}{r^2},$$

on peut reprendre tous les problèmes relatifs à la distribution de l'électricité; c'est ce qu'a fait Neumann dans le cas des conducteurs sphériques.

Il est facile de voir que le problème général de la distribution électrique correspondant au potentiel (1) se ramène à une équation de Fredholm. Pour abrégé, prenons simplement un conducteur C isolé et possédant une certaine charge. Il y a ici à trouver une couche *superficielle* sur la surface du conducteur et la distribution à l'intérieur de ce conducteur. Nos inconnues sont donc une densité superficielle ρ_1 et une densité de volume ρ_2 pour l'intérieur de C. Le potentiel total V est donc exprimé par la formule

$$V = V_1 + V_2,$$

en posant

$$V_1 = \iint \rho_1 \frac{e^{-kr}}{r} d\sigma, \quad V_2 = \iiint \rho_2 \frac{e^{-kr}}{r} dv,$$

la première intégrale étant étendue à la surface S du conducteur, et la seconde au volume de celui-ci.

Or on démontré de suite que l'on a dans le conducteur

$$(2) \quad \Delta V = k^2 V = 4\pi\rho_2,$$

formule qui généralise la formule de Poisson,

Comme, à l'intérieur de C, le potentiel est nécessairement constant, il résulte de cette formule que ρ_2 est une constante.

Rappelons-nous maintenant que, si l'on pose

$$V_1 = \iint \frac{\rho_1 e^{-kr}}{r} d\sigma,$$

on a pour la dérivée normale intérieure $\frac{dV_1}{dn}$ de ce potentiel de simple couche en un point s de la surface

$$\frac{dV_1}{dn} = \iint f(r) \cos\psi \cdot \rho_1 d\sigma - 2\pi\rho_1^s \quad \left[f(r) = -\frac{d}{dr}\left(\frac{e^{-kr}}{r}\right) \right],$$

où ψ désigne l'angle que fait avec la normale intérieure en s la droite joignant le point s à l'élément $d\sigma$.

Le problème est alors facile à mettre en équation. On a sur la surface S

$$\frac{dV_1}{dn} + \frac{dV_2}{dn} = 0,$$

puisque V est constant dans le conducteur. Nous pouvons donc écrire

$$(3) \quad \iint f(r) \cos \psi \cdot \rho_1^s d\sigma - 2\pi\rho_1^s + \frac{dV_2}{dn} = 0.$$

Or

$$V_2 = \rho_2 \iiint \frac{e^{-kr}}{r} dv.$$

Il est donc possible de calculer $\frac{dV_2}{dn}$ qui est égal au produit de ρ_2 par une fonction connue du point s sur la surface. On voit que l'équation (3) constitue une équation de Fredholm pour la densité superficielle ρ_1 , qui se trouve exprimée alors à l'aide de la constante ρ_2 . On est assuré de ne pas être dans un cas singulier, car il est aisé d'établir que, pour l'équation fonctionnelle en ρ

$$(4) \quad \rho_s - \frac{\lambda}{2\pi} \iint f(r) \cos \psi \cdot \rho_\sigma d\sigma = U_s \quad (\text{fonction donnée}),$$

les valeurs singulières du paramètre λ ont toutes un module *supérieur* à l'unité ($k \neq 0$), ce qui, par parenthèse, montre que les problèmes relatifs au potentiel (1) sont plus faciles pour k différent de zéro et positif que pour $k = 0$ (1).

(1) Ainsi l'intégrale de l'équation

$$\Delta V = k^2 V,$$

continue dans S et pour laquelle $\frac{dV}{dn}$ prend des valeurs données sur S, s'exprime par un potentiel de simple couche

$$V = \iint \rho \frac{e^{-kr}}{r} d\sigma,$$

la densité ρ satisfaisant à l'équation fonctionnelle

$$(\alpha) \quad \rho_s - \frac{1}{2\pi} \iint f(r) \cos \psi \cdot \rho_\sigma d\sigma = U_s.$$

Il résulte de ce qui a été dit sur l'équation (4) que la solution de cette équation peut être développée suivant les puissances de λ et que la convergence a encore lieu pour $\lambda = 1$, d'où la solution de (α) sous une forme extrêmement simple.

Nous avons trouvé, au moyen de l'équation (3),

$$\rho_1^s = \Lambda_s \rho_2,$$

Λ_s étant une fonction connue du point s de la surface S . On déterminera la constante ρ_2 par l'équation du premier degré

$$\rho_2 \left(\iint \Lambda_s d\sigma + W \right) = Q,$$

W étant le volume du conducteur et Q la charge donnée. Le problème est ainsi complètement résolu.

Il faut cependant montrer que le coefficient de ρ_2 dans la dernière équation ne peut être nul. On aurait, dans le cas contraire, en prenant pour ρ_2 une constante arbitraire, un équilibre pour lequel la charge serait toujours nulle, et il est aisé de voir qu'on est conduit à une contradiction. En effet, le potentiel total V satisfaisant à l'équation (2) à l'intérieur du conducteur et $\frac{dV}{dn}$ étant nul à la surface, il en résulte que V a la valeur constante $\frac{4\pi\rho_2}{k^2}$ à l'intérieur et sur la surface. *A l'extérieur* V satisfait à l'équation

$$\Delta V = k^2 V.$$

Supposons pour fixer les idées ρ_2 et par suite V positifs sur la surface S ; il résulte de propriétés élémentaires de l'équation précédente que la dérivée normale limite *extérieure* (rapportée à la direction de la normale *intérieure*), $\frac{dV'}{dn}$, est positive. Or on a

$$\frac{dV'_1}{dn} - \frac{dV_1}{dn} = 4\pi\rho_1^s;$$

comme

$$\frac{dV'_2}{dn} - \frac{dV_2}{dn} = 0,$$

on arrive à la conclusion $\frac{dV'}{dn} - \frac{dV}{dn} = 4\pi\rho_1^s$, et, puisque $\frac{dV}{dn} = 0$, il en résulte que la densité superficielle ρ_1 est partout positive (ou nulle). Comme il en est de même de la densité de volume ρ_2 , la masse électrique totale ne peut être nulle; ce qui est contradictoire.

2. Prenons, comme second exemple, l'équation

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} = \frac{1}{C} \frac{\partial \theta}{\partial y},$$

C étant une constante positive, rencontrée par M. Boussinesq dans l'étude du pouvoir refroidissant d'un courant fluide sur un solide, et étudions à son sujet la question suivante qui me fut posée, il y a quelques années, par notre éminent confrère :

Trouver l'intégrale de cette équation continue à l'EXTÉRIEUR d'un contour Γ , prenant des valeurs données sur ce contour et s'annulant à l'infini.

Tout d'abord en posant

$$\theta = e^{\frac{y}{2C}} v,$$

on a pour v l'équation

$$\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = \frac{1}{4C^2} v.$$

En choisissant convenablement les unités, on peut supposer que $2C = 1$. Il s'agit donc de trouver une intégrale de l'équation

$$(5) \quad \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = v,$$

prenant des valeurs données sur Γ , et telle que le produit

$$(6) \quad e^x v$$

soit nul à l'infini.

Nous avons besoin de considérer une intégrale particulière de l'équation (5) correspondant à l'équilibre calorifique d'une plaque isotrope indéfinie rayonnant au dehors, avec une seule source et nulle à l'infini. Cette solution u , dépendant seulement de la distance r à la source, peut être représentée par

$$u(r) = \int_{-\infty}^{-1} \frac{e^{zr} dz}{\sqrt{z^2 - 1}},$$

comme je l'ai montré autrefois; elle devient infinie à l'origine comme $\log \frac{1}{r}$, et de plus

$$u\sqrt{r} e^r \quad \text{et} \quad \frac{du}{dr} \sqrt{r} e^r$$

tendent vers des limites finies pour $r = \infty$.

Ceci rappelé, nous allons exprimer l'intégrale cherchée sous la forme d'une sorte de potentiel de double couche

$$(7) \quad v = - \int_{\Gamma} \rho \frac{du}{dr} \cos(r, n) d\sigma,$$

où r désigne la distance de l'élément $d\sigma$ de Γ au point (x, y) , et (r, n)

l'angle formé par cette direction r avec la normale intérieure. On a évidemment

$$\varphi' - \varphi_s = -\pi\rho_s,$$

φ_s désignant la valeur de φ en un point s de Γ , et φ' la valeur limite *extérieure* de φ en ce point. De là se tire l'équation fonctionnelle donnant ρ ; elle peut s'écrire

$$\rho_s + \frac{1}{\pi} \int_{\Gamma} \rho_{\sigma} \frac{du}{dr} \cos(r, n) d\sigma = \text{fonction donnée.}$$

C'est une équation de Fredholm; on n'est pas dans un cas singulier (¹), et pour sa résolution effective on pourrait utiliser une remarque analogue à celle que nous avons faite dans la note du n° 1. La fonction $\varphi(x, y)$ que nous venons de trouver est pour le point (x, y) s'éloignant indéfiniment de l'ordre de

$$\frac{e^{-R}}{\sqrt{R}},$$

en désignant par R la distance du point (x, y) à un point fixe du plan, l'origine par exemple; cela résulte de la propriété rappelée plus haut de la fonction $u(r)$.

Il est maintenant évident que l'expression (6) s'annule à l'infini, de quelque manière que (x, y) s'éloigne indéfiniment. Nous avons donc trouvé une solution θ de l'équation initiale, prenant les valeurs données sur Γ , et s'annulant à l'infini. La façon dont θ s'annule varie avec la direction suivie par (x, y) en s'éloignant indéfiniment. Nous nous en rendons compte très aisément sur cet exemple simple; dans d'autres problèmes de même nature, où figurent des singularités essentielles, on pourra rencontrer, à cet égard, de sérieuses difficultés.

(¹) Pour l'établir, il suffit de remarquer que, dans le cas contraire, on pourrait trouver un potentiel (7) de double couche, à densité ρ non nulle, pour lequel la valeur limite extérieure φ' sur la courbe Γ serait nulle. Il est clair qu'alors φ serait partout nul à l'extérieur. Donc, à cause de la continuité des dérivées normales pour le passage par la courbe, on aurait sur la courbe Γ pour l'intérieur

$$\frac{d\varphi}{dn} = 0.$$

Or, une intégrale de (5), définie à l'intérieur de Γ , et pour laquelle cette condition est vérifiée, est identiquement nulle. Les limites intérieure et extérieure de φ sur la courbe Γ étant nulles, la densité ρ est nécessairement égale à zéro, ce qui est contradictoire avec l'hypothèse faite.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La parthénogenèse expérimentale par les charges électriques*, Note de M. YVES DELAGE.

Guidé par une idée théorique, que j'indiquerai dans un instant, j'ai fait l'expérience suivante :

J'ai fabriqué de petites cuvettes larges et peu profondes dont le fond était formé d'une mince lame de mica, sur laquelle étaient collés, d'un côté un anneau de verre formant la paroi verticale de la cuvette, de l'autre une feuille d'étain. Si l'on emplit la cuvette d'un liquide électrolytique et qu'on mette ce liquide et la feuille d'étain en communication avec les pôles d'une pile, on réalise un petit condensateur électrique dont l'électrolyte constitue l'armature interne. La charge de la feuille d'étain attire celle de l'électrolyte et la condense au ras de la lame de mica.

Si l'on mélange des œufs au liquide électrolytique, ceux-ci se déposent au fond de la cuvette en une mince couche horizontale, dans la région où la densité électrique est maxima, et sont en quelque sorte dans un bain électrique. D'ailleurs il n'y a pas électrolyse, puisqu'il n'y a pas de courant. Un commutateur permet de changer instantanément le signe de la charge de l'électrolyte.

Si, dans un électrolyte approprié (formé de : solution de NaCl isotonique à l'eau de mer, 40; solution de saccharose isotonique à l'eau de mer, 40; eau de mer, 20), on soumet des œufs vierges de *Paracentrotus* (*Strongylocentrotus*) *lividus* à un bain électrique d'abord positif de 30 minutes, puis négatif de 1 heure 15 minutes dans le condensateur-cuvette ci-dessus décrit, alimenté par une pile fournissant environ 15 volts, et qu'on les reporte ensuite dans l'eau de mer, on obtient des larves nageantes qui, dans le délai normal, se transforment en Pluteus, tout comme celles provenant de la fécondation normale ou des procédés chimiques de parthénogenèse expérimentale. Inutile de dire que des œufs placés pendant le même temps, dans le même véhicule et dans le même appareil, mais sans communication avec la pile, ne fournissent aucune larve.

J'ai été amené à concevoir cette expérience par des considérations théoriques très simples, mais je l'ai tentée sans grande confiance et j'avoue que, lorsque je l'ai vue réussir, mon étonnement n'a pas été moindre que ma satisfaction.

J'ai expliqué dans mes Notes de l'année dernière quelles considérations

théoriques m'avaient conduit à tenter d'obtenir la parthénogenèse expérimentale par l'application successive d'un acide agissant comme coagulant, puis d'un alcali agissant comme liquéfiant de certains des colloïdes ovulaires. Je n'y reviendrai pas (voir *Comptes rendus*, t. CXLV, p. 220, séance du 22 juillet 1907). Les acides et les alcalis, si l'on met à part ceux qui sont toxiques, ayant à peu près tous la même action, il semble naturel d'attribuer leur action commune à ce qu'ils ont de commun, c'est-à-dire à l'ion H ou à l'ion OH et non à l'élément ou au groupe chimique qui complète, avec ces ions, les acides ou les alcalis. Dès lors il était permis de se demander si le résultat n'était pas imputable à la charge + de l'ion H et à la charge - de l'ion OH. De là l'idée de tenter de remplacer l'acide par un bain électrique positif et l'alcali par un bain négatif.

Dans le procédé chimique, l'alcali devant agir après l'acide et plus longtemps que celui-ci, j'ai soumis les œufs à l'action d'une charge d'abord positive, puis négative, celle-ci plus prolongée : ce procédé dicté par la théorie m'a immédiatement réussi et c'est lui que les expériences comparatives ultérieures ont montré le meilleur.

Voici quelques indications sur le détail des expériences.

J'ai opéré entre les limites de 0 à 35 volts environ et j'ai obtenu des blastules de 3 à 30 volts, optimum pour 15 volts environ. Je n'ai pu mesurer la charge, opération délicate réclamant un outillage qui me faisait défaut. La durée d'action des charges compatibles avec l'obtention de larves a varié de 5 minutes pour la charge + et 20 minutes pour la charge - à 45 minutes pour la charge + et 1 heure 45 minutes pour la charge -.

Comme véhicule électrolytique, je n'ai pu employer le mélange optimum que j'avais déterminé l'an dernier (solution isotonique de saccharose, 70; eau de mer, 30), parce qu'en raison de sa densité, les œufs y flottent, au lieu de gagner le fond de la cuvette où la charge est accumulée. J'ai constitué le liquide convenable indiqué plus haut, moins efficace que l'eau de mer fortement sucrée, mais suffisant et compatible avec les nécessités de l'expérience. Les œufs s'y déposent lentement mais complètement, et il est parfaitement stérile, en ce sens que les œufs ne s'y développent jamais spontanément, c'est-à-dire sans addition de réactifs ou sans application de charges électriques. Je n'aurais pu me contenter d'augmenter la proportion d'eau de mer dans le premier liquide, car, à la dose où il eût fallu la porter, l'eau de mer est inhibitrice, d'où la nécessité de la diluer avec la solution isotonique de NaCl.

On trouvera les autres détails relatifs à ces expériences dans le *Mémoire in extenso* qui va paraître incessamment dans les *Notes et Revue des Archives de Zoologie expérimentale*. J'ajouterai seulement ici que, l'idée de les entreprendre m'étant venue tard dans la saison, je n'ai pas eu le temps, surtout avec l'outillage rudimentaire et peu maniable dont je disposais, de varier suffisamment les conditions pour obtenir un optimum certain. Il y a là plusieurs variables indépendantes : voltage, signe des charges

et emploi de celles de l'un et l'autre signe, isolément ou successivement et suivant l'un ou l'autre ordre d'alternance, durée d'application de chacune d'elles, composition du véhicule électrolytique, température (très importante), etc., et l'on sait combien leurs combinaisons presque infinies demandent de temps pour être réalisées et comparées. Aussi, suis-je loin d'avoir conduit le procédé électrique au même point de perfection que celui au tanin et à l'ammoniaque.

Le pourcentage des larves développées par rapport aux œufs non influencés ou aux larves arrêtées dans leur développement est resté faible, au plus 1 pour 100. Mais ce 1 pour 100 représente encore une quantité assez grande de larves, environ 80 dans une pipetée prise au hasard dans une cuvette d'élevage où l'on aurait pu en recueillir vingt autres pareilles, tandis que la cuvette témoin ne fournissait pas une larve. En outre, la proportion des œufs ayant commencé à se développer était souvent très considérable, jusqu'à 60 pour 100, et il est permis de penser qu'une amélioration légère du processus expérimental leur aurait permis de poursuivre leur développement jusqu'au bout.

Le procédé est à perfectionner, mais d'ores et déjà il est établi que le bain d'électricité statique permet de déterminer la parthénogenèse expérimentale.

Quelle explication donner à la parthénogenèse électrique ?

Comme pour le procédé aux acides ou au tanin, le fait que l'expérience a suivi la théorie vient à l'appui de la théorie qui avait inspiré l'expérience et prévu les résultats ; mais, pas plus que pour le procédé aux acides ou au tanin, il n'y a là une preuve complète de la validité de la théorie : cette concordance peut n'être qu'une coïncidence. Assurément on peut concevoir que la charge + précipite, comme les acides ou le tanin, certains colloïdes négatifs de l'œuf et détermine ainsi la formation de la membrane vitelline, et que la charge négative, comme les alcalis, fait disparaître la membrane nucléaire en dissolvant des colloïdes positifs précipités dont cette membrane serait formée. Mais il y a place pour d'autres explications, d'autant plus que celle-ci a contre elle, comme je l'ai déjà fait remarquer, le fait que l'apparition de la membrane vitelline et la disparition de la membrane nucléaire ont lieu, non dans les réactifs acide ou tannique et ammoniacal, ni dans le bain électrique, mais seulement après que l'œuf a été reporté depuis quelque temps (au moins 2 ou 3 heures) dans l'eau de mer naturelle.

Parmi les autres explications possibles de ces phénomènes, une se présente à mon esprit avec des caractères de probabilité qui retiennent mon attention.

La charge électrique doit modifier la tension superficielle au contact entre l'œuf et le liquide qui le baigne ; et cette modification peut retentir sur la nature, ou tout au moins sur la vitesse des échanges osmotiques et surtout dialytiques entre l'œuf et le liquide ambiant. Je dis *surtout dialytiques* parce

que l'osmose n'intervient que comme co-phénomène nécessaire de la dialyse, l'utilité de modifications de la teneur en eau me semblant exclue par les innombrables expériences où j'ai montré que la parthénogenèse s'accomplit en milieu isotonique à l'eau de mer et par conséquent à l'œuf.

L'eau de mer pure est absolument inefficace comme agent de parthénogenèse. Cela tient sans doute à ce qu'elle diffère peu ou point des électrolytes qui imbibent les colloïdes constitutifs de l'œuf et qui sont eux-mêmes inhibiteurs de la parthénogenèse, puisque l'œuf (je parle toujours du *Paracentrotus*) n'est pas naturellement parthénogénétique. Pour rendre l'œuf auto-parthénogénétique, il faut peut-être modifier dans un certain sens la composition de ce milieu électrolytique intérieur, enlever certains constituants ou diminuer leur proportion, en introduire d'autres ou augmenter leur quantité relative. Pour cela il faut placer l'œuf dans un milieu différent de l'eau de mer et constitué de telle façon qu'il puisse, par des échanges dialytiques, amener le suc électrolytique intérieur de l'œuf à la composition convenable. Telle est sans doute la raison pour laquelle, dans toutes les expériences de parthénogenèse expérimentale, on emploie de l'eau de mer considérablement modifiée dans sa constitution (1).

Mais cela ne suffit pas. Il faut encore que ces échanges se fassent assez rapidement, car, hors de l'organisme maternel, l'œuf meurt en peu de temps s'il ne rencontre pas les conditions (spermatozoïde ou agents expérimentaux) qui le font se segmenter. Dès lors on peut concevoir que les charges électriques, en modifiant la tension superficielle, accélèrent les échanges dialytiques entre les électrolytes intérieurs de l'œuf et ceux du milieu artificiel ambiant.

Il se pourrait aussi que l'action spécifique du nickel et du sulfite de soude, que j'ai fait connaître il y a deux ans, celle des acides ou du tanin et de l'ammoniaque, et d'autres encore, se ramènent, pour une part au moins, à une influence de cet ordre.

(1) J'ai souvenir d'une expérience, dont je ne puis en ce moment retrouver l'origine, où la parthénogenèse aurait été obtenue en eau de mer concentrée. Cette expérience isolée aurait besoin d'être confirmée. Pour ma part je l'ai souvent tentée sans aucun succès.

J'avais employé le sucre à titre de substance inerte pour diluer les électrolytes de l'eau de mer sans changer la pression osmotique totale. Mais je crois aujourd'hui que son rôle est plus actif, spécifique, car dans de nouvelles expériences, faites cette année, toutes les substances par lesquelles j'ai essayé de le remplacer se sont montrées nuisibles ou inefficaces (mannite, urée, glycérine, alcool, glycoColle, acétamide).

Ces agents spécifiques de la parthénogenèse, chimiques ou physiques, seraient alors des catalyseurs d'une sorte particulière, en ce sens qu'ils seraient, par une action sur la tension superficielle, des accélérateurs des échanges dialytiques nécessaires. Ainsi reviendrait sur l'eau, sous une forme nouvelle et plus précise, la théorie des catalyseurs dont Loeb a fait usage pour expliquer la parthénogenèse expérimentale.

L'explication que je viens d'émettre n'est rien moins que certaine et, dans le *Mémoire in extenso*, j'élève moi-même contre elle diverses objections. Il me suffit qu'elle ne soit pas absurde et que sa vérification soit accessible, dans une certaine mesure, à l'expérience. Dès lors il vaut mieux expérimenter que discuter. C'est ce que je compte faire dès que les circonstances me le permettront.

Je profite de l'occasion de cette Note pour dire où en sont mes tentatives d'élevage de larves parthénogénétiques.

Les deux Oursins qui me restaient l'année dernière de mes expériences de l'été précédent et qui mesuraient, la dernière fois que j'en ai parlé (*Comptes rendus*, séance du 9 décembre 1907), l'un 3^{mm},5 et l'autre 4^{mm}, ont beaucoup grossi : le premier mesure aujourd'hui environ 12^{mm} et le second 18^{mm} de diamètre, sans les piquants. Ils sont l'un et l'autre en parfait état. J'espère qu'ils atteindront l'été prochain la maturité sexuelle.

J'ai refait cette année des tentatives nouvelles d'élevage, mais beaucoup moins assidues que l'année dernière. Les *Pluteus* en élevage ne m'ont fourni qu'un nouvel Oursin, mais j'ai encore deux larves à terme qui vont peut-être se fixer. Les *Brachiolaria* d'*Asterias glacialis* m'ont fourni sept fixations, mais encore si jeunes que je dois attendre quelques jours avant de me prononcer à leur égard.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la stabilité relative des groupements polycarbonés cycliques.* Note (1) de M. LOUIS HENRY.

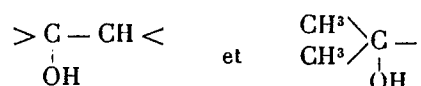
Dans ma Note du 11 mars 1907 (2) je me suis occupé de la déshydratation directe du *diméthylisopropylcarbinol* $(H^3C)^2 = C - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} = (CH^3)^2$.

C'est au fond la question générale de la différence de stabilité des

(1) Présentée dans la séance du 21 septembre 1908.

(2) *Comptes rendus*, t. CXLIV, p. 552.

systèmes

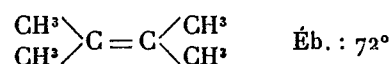


vis-à-vis des agents déshydratants.

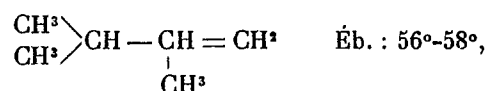
Il a été constaté, contrairement à mes prévisions, que l'élimination de l'eau se fait en deux sens, aux dépens du groupement alcool tertiaire $\begin{array}{c} > \text{C} - \\ | \\ \text{OH} \end{array}$,

avec les groupements voisins $> \text{CH} -$ et $\text{CH}^3 >$ pour donner les deux hydrocarbures non saturés, isomères C^6H^{12} :

Le *tétraméthyléthylène*

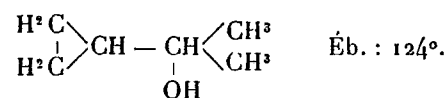


et le *méthylisopropyléthylène*



dans la proportion approximative des $\frac{3}{4}$ du premier et de $\frac{1}{4}$ du second de ces hydrocarbures, donc une préférence marquée, mais non *exclusive*, pour la déshydratation dans le système le moins carboné $\begin{array}{c} > \text{C} - \text{CH} < \\ | \\ \text{OH} \end{array}$.

Il était intéressant de savoir comment se comporterait dans les mêmes conditions l'alcool tertiaire correspondant, renfermant le groupement *cyclique* $\begin{array}{c} \text{H}^2\text{C} \backslash \\ | \\ \text{H}^2\text{C} \end{array} > \text{CH}$, équivalent au groupement *isopropylique* $\begin{array}{c} \text{H}^3\text{C} \backslash \\ \text{H}^3\text{C} \end{array} > \text{CH} -$ du *diméthylcyclopropylcarbinol* :



C'est la question qu'a résolue avec succès un de mes élèves, M. Pierre Bruylants, au cours de recherches entreprises, à mon invitation, sur les composés cycliques en C^3 , de diverses natures, qui se groupent autour du *nitrile éthyléno-acétique* $\begin{array}{c} \text{CH}^2 \backslash \\ | \\ \text{CH}^2 \end{array} > \text{CH} - \text{CN}$. Je ne m'occuperai ici des fruc-