



Théorie de la télégraphie électrique : avec la description d'un nouveau télégraphe fondé sur les actions physiques de l'électricité

<https://hdl.handle.net/1874/357875>

RECHTS
UNIVERSITEITS
MUSEUM

129

C. VAN DER POST J^r.

BOEKHANDELAAR

te Utrecht,

Oude Gracht, Wijk E, No. 88.

C 12 VOR 1 # 000

STICHTING
UTRECHTS
UNIVERSITEITSMUSEUM

THÉORIE

DE LA

TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE,

AVEC LA

DESCRIPTION D'UN NOUVEAU TÉLÉGRAPHE
FONDÉ SUR LES ACTIONS PHYSIOLOGIQUES
DE L'ÉLECTRICITÉ,

PAR

P. O. C. VORSSELMAN DE HEER,

DOCTEUR EN LETTRES ET EN SCIENCES, MEMBRE CORRESPONDANT DE
L'INSTITUT DES PAYS-BAS, DE L'ACADÉMIE PONTIFICALE DES
SCIENCES A ROME ETC. PROFESSEUR DE PHYSIQUE A
L'ATHÉNÉE DE DEVENTER.

Deventer,

J. DE LANGE.

1859.

THE

OF

TELEGRAPHIC ELECTRICITY

LECTURES DELIVERED AT THE
SCHOOL OF ENGINEERING
AND ARCHITECTURE
OF THE UNIVERSITY OF
DUBLIN

BY
E. C. VON DER PFAU, M.A.,
F.R.S.E., F.R.S.

LONDON:
LONGMANS, GREEN & CO.,
1901.

THÉORIE

DE LA

TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE,

AVEC LA

DESCRIPTION D'UN NOUVEAU TÉLÉGRAPHE FONDÉ
SUR LES ACTIONS PHYSIOLOGIQUES DE
L'ÉLECTRICITÉ.

Il y a dans ce moment quatre télégraphes électriques, établis sur une échelle un peu considérable, celui de M. GAUSS à Göttingue, de M. STEINHEIL à Munich, de M. WHEATSTONE à Londres et de M. MORSE en Amérique. Tous ces appareils agissent par les effets *magnétiques* de l'électricité, soit en faisant dévier une aiguille aimantée, comme dans les télégraphes Européens, soit en produisant l'aimantation du fer doux, comme dans le télégraphe de M. MORSE. MM. GAUSS et MORSE n'emploient qu'un seul circuit ou un seul fil double, allant et revenant entre les deux stations télégraphiques; dans la disposition de M. STEINHEIL il n'y a qu'un simple fil, la terre elle-même servant comme moitié du conducteur; M. WHEATSTONE enfin a pris cinq fils, à l'aide desquels il peut

transmettre instantanément toutes les lettres de l'alphabet et produire, en les combinant convenablement, au moins 200 signaux différens. Le procédé de M. WHEATSTONE me semble mériter la préférence pour l'établissement en grand des lignes télégraphiques. L'extrême facilité et la grande vitesse avec laquelle tous ces signaux se produisent au moyen de cinq fils, peut amplement compenser l'augmentation de prix, qui en résulte dans leur construction. Le télégraphe de M. WHEATSTONE a sur celui de M. GAUSS le même avantage, que possède le système décimal sur le système dyade, dans lequel on n'emploie que les caractères 0 et 1 pour indiquer tous les nombres imaginables.

Je n'entrerai pas dans des détails sur les procédés ingénieux par lesquels ces auteurs ont fait agir leurs télégraphes, soit sur le sens de la *vue*, soit sur celui de l'*ouïe*, ni sur les moyens qu'ils ont imaginés pour que l'appareil *écrive* lui-même les signes transmis. Ce n'est pas-là l'essentiel de la question. Il s'agit avant tout de savoir, si les effets *magnétiques* de l'électricité sont de nature à être rendus sensibles, non pas à une distance de trois ou quatre lieues, comme dans les télégraphes actuellement établis (1), mais à une distance d'une centaine de lieues, par exemple, sans qu'on ait besoin d'établir des stations intermédiaires. Ces stations ne sont, en général, d'aucune utilité; elles augmentent, sans fruit,

(1) La plus grande longueur de circuit se trouve dans le télégraphe de M. MOUSSÉ et cependant cette longueur n'excède pas quatre lieues (*Comptes rendus* 10 Sept. 1838 p. 595).

les frais de l'établissement d'une ligne télégraphique, le but de la télégraphie étant celui de *transmettre* une nouvelle d'un bout à l'autre, et non pas de la *répandre* dans toute l'étendue d'un pays. Je suppose par exemple, qu'on veuille établir une correspondance entre le Havre et Paris. Pourra-t-on transmettre les nouvelles tout d'un trait de l'une à l'autre de ces stations, ou faudra-t-il établir une ou plusieurs stations intermédiaires? A théoriquement parler, la réponse est facile; car d'un côté on possède les moyens d'augmenter à volonté la quantité d'électricité, qui traverse le circuit en augmentant soit le nombre, soit la surface des couples; de l'autre côté on peut donner aux appareils galvanométriques une sensibilité presque sans limite, de sorte qu'il n'y a aucune raison *théorique* pour que les effets magnétiques ne se manifestent pas à des distances quelconques. Mais sous le point de vue *pratique*, la question prend un autre aspect. Pour faire dévier une aiguille aimantée à la distance d'une vingtaine de lieues seulement, il faudrait employer des appareils électromoteurs énormes ou des galvanomètres d'une extrême sensibilité, qui par cette raison même seraient plus sujets aux influences de causes perturbatrices. En même temps il faudrait prendre, comme conducteurs, des fils d'une convenable grosseur, ce qui augmenterait de beaucoup les frais de construction d'une ligne télégraphique, qu'on voudrait établir sur une grande distance. D'après des calculs, basés sur les expériences des plus illustres physiciens, je suis arrivé à la conviction, que, généralement parlant, ce n'est pas par les actions

magnétiques, qu'il faut tâcher de résoudre le problème de la télégraphie électrique. Mieux vaudrait peut-être reprendre l'idée de SÖMMERING, qui cherchait des signes télégraphiques dans les actions *chimiques* de l'électricité; mais, ce qui me paraît étonnant, le moyen le plus simple, le moins dispendieux, je dirais presque le seul, qu'on puisse employer à de très-grandes distances, a été négligé jusqu'ici par les savans, qui se sont occupés du problème. Ce sont les actions *physiologiques* de l'électricité, qui forment la base du nouveau télégraphe que j'ai fait construire et dont je m'empresse de soumettre la description au jugement bienveillant des savans. C'est le premier télégraphe *physiologique*, qui ait été imaginé; c'est encore le premier appareil, qui puisse transmettre les idées, non pas par les sens de la *vue* ou de *l'ouïe*, mais uniquement par celui du *toucher*.

Avant de donner la description détaillée de mon appareil, je vais en développer le principe, et je ferai voir les avantages que le télégraphe *physiologique* possède nécessairement sur tout autre système de télégraphie, qui repose sur les actions *magnétiques* de l'électricité.

L'intensité du courant électrique, produit par un élément simple de VOLTA est donnée par la formule :

$$I = \frac{C}{R + r} \quad (1)$$

I est l'intensité du courant, qui reste la même dans chaque section du circuit; c'est la quantité d'électri-

cité, qui passe dans l'unité de temps à travers chaque section.

C est une constante, indépendante des dimensions de l'appareil et qui reste la même, quelle que soit la conducibilité du liquide, interposé entre les plaques zinc-cuivre, pourvu que ce soit l'action d'un même électrolyte, qui sert à produire de l'électricité. Ainsi la valeur de C ne change pas, quand on ajoute à l'eau des sels, des alcalis ou des acides, qui ne sont pas eux-mêmes électrolysables, comme p. e. les acides sulfurique et nitrique; mais si le corps qu'on ajoute est lui-même un électrolyte, la valeur de C doit éprouver quelque changement, comme cela a lieu p. e. pour l'acide hydrochlorique; cas, auquel C devient moindre.

R est la *résistance* de l'élément et *r* celle du fil conducteur, qui complète le circuit. Cette résistance n'est autre chose, que la *longueur*, divisée par le produit de la *section* et de la *conducibilité*, de sorte que nous avons :

$$R = \frac{L}{CS}, \quad r = \frac{l}{cs}.$$

La formule (I) est au fond la même, qui a été donnée, il y a long-temps, par M. OHM et que M. M. POUILLET et FECHNER ont démontrée par de belles expériences. J'ai tâché de la déduire d'une manière particulière et d'en développer toutes les conséquences, dans un *Mémoire sur quelques points de l'électricité voltaïque*, présenté à l'académie des Sciences de Paris le 23 Juillet 1838 et dont M. M. BECQUEREL et POUILLET sont chargés de faire un rapport.

Quand on réunit dans une pile n élémens semblables, dont la résistance individuelle est $= R$, l'intensité du courant sera donnée par la formule :

$$I = \frac{n C}{n R + r} . \quad (2)$$

Ainsi quand un élément, dont la résistance totale est $= R$, se trouve divisé en n couples semblables, la résistance de chaque couple étant devenue $= n R$, nous trouvons pour l'intensité du courant :

$$I = \frac{n C}{n^2 R + r} \quad (3)$$

Donc, pour produire la plus grande intensité du courant dans un fil, dont la résistance est $= r$, il faut que le dénominateur $n R + \frac{r}{n}$ devienne un *minimum*, ce qui a lieu pour $n = \sqrt{\frac{r}{R}}$ et l'intensité *maximum*

sera par conséquent $= \frac{C}{2 \sqrt{r R}}$.

D'après cela on peut aisément résoudre tous les problèmes, qui se présentent sur l'action magnétique de l'électricité à des distances quelconques. Pour appliquer nos formules au calcul, je prends pour *unité* de résistance, celle d'un fil de cuivre d'un mètre de longueur sur 1^{mm} de diamètre, et, pour plus de simplicité, je suppose, que ce soit par un fil de cette grosseur, qu'on ait établi la communication entre les deux stations télégraphiques. La résistance d'un élément simple de VOLTA, dont la surface est de 1 mètre carré, l'épaisseur de la couche liquide entre les

plaques zinc-cuivre de 1 centimètre et la conducibilité du liquide = 0. 1, (celle de la dissolution saturée de sulfate de cuivre étant prise pour unité,) se trouve par la formule :

$$R = \frac{\frac{\pi}{4} (0.001)^2}{1} \cdot \frac{15\,000\,000}{0.1} = 0^m\ 01$$

la conducibilité du cuivre étant = 15 000 000, d'après les expériences de POUILLET. En effectuant ce calcul, on trouve :

$$R = 1^m\ 18$$

c'est-à-dire, qu'un tel élément offre la même résistance qu'un fil de cuivre de 1^m 18 de longueur sur un millimètre de diamètre. On peut diminuer la résistance, soit en diminuant l'épaisseur de la couche liquide, soit en augmentant sa conducibilité, et d'après la connaissance de ces éléments on peut toujours en calculer la valeur numérique. Pour fixer les idées, nous admettons que la résistance d'une couche liquide de 1 mètre de surface sur 1 cent. d'épaisseur soit la même que celle d'un fil de cuivre de 1 mètre de longueur sur 1^{mm} de diamètre. Du reste, quelle que soit la valeur numérique de R, la marche du raisonnement n'en restera pas moins la même.

Cela posé, quel doit être le nombre des couples, dans lequel il faut diviser une surface totale = R, pour produire la plus grande intensité du courant à une distance soit de 45 kilomètres, c'est-à-dire, dans un circuit de 90 kilomètres de longueur ?

Puisque $\sqrt{\frac{r}{R}} = 300$, il faut diviser l'élément en 300 couples et l'intensité du courant sera = $\frac{C}{\sigma\sigma\sigma}$ c'est

à-dire, la même qui aurait lieu avec un élément simple de $\frac{1}{2}$ □ décimètre de surface, quand on emploie, comme conducteur, un fil assez gros pour que sa résistance puisse être négligée par rapport à celle de cet élément.

Si l'on avait divisé la surface en 100 couples, on aurait $I = \frac{C}{10000}$; avec 10 couples l'intensité ne serait que $\frac{C}{2000}$ et avec un simple élément d'une même surface totale on la trouverait $= \frac{C}{2000}$.

On voit dans quelle proportion il faut augmenter le nombre des couples, en raison de la distance à laquelle le courant électrique doit aller exercer son action; car toutes les actions par lesquelles le courant peut manifester sa présence dépendent en quelque sorte de son intensité.

D'après les expériences de FARADAY les effets chimiques sont en raison directe de l'intensité du courant.

La même loi se retrouve dans les effets magnétiques, tant pour les déviations de l'aiguille d'après les expériences de BECQUEREL, que pour l'aimantation du fer doux d'après celles de JACOBI.

Quant aux effets thermiques de l'électricité, ceux-ci sont encore en raison directe de l'intensité du courant, mais en même temps ils se trouvent en raison inverse de la section et de la conducibilité du fil, qui s'échauffe. Ainsi la quantité de chaleur, devenue libre dans une portion du conducteur, dont la longueur, la section et la conducibilité sont exprimées respectivement par l. c. s. sera proportionnelle à $I \frac{l}{cs}$ c'est-à-dire, à ce que nous avons nommé ailleurs la densité du courant. Je dis la quantité de chaleur,

qui se dégage dans le fil ; car sa *température* est une fonction plus complexe , dans laquelle entre aussi la capacité spécifique. Du reste la démonstration de cette proposition fera peut-être l'objet d'un mémoire spécial.

Enfin les effets *physiologiques* semblent suivre encore *la raison directe de la densité du courant*. Car la sensation , que fait éprouver le passage de l'électricité à travers les nerfs , dans une partie quelconque du corps , devient d'autant plus sensible , que l'intensité est plus grande et que la section du corps , normale à la direction du courant , est moindre. Ainsi le courant , qui ne produit aucun phénomène appréciable , quand il entre dans le corps par les mains , entièrement plongées dans des vases de mercure , donnera une commotion sensible lorsqu'il entre par les extrémités des doigts , quoique dans ce dernier cas son intensité soit moindre. (BECQUEREL *Traité* T. V p. 283) C'est encore pour cela , que le courant , qui donne une commotion dans les doigts , ne produit aucun effet dans le bras , dont la section est plus grande ; mais à mesure qu'on augmente l'intensité électrique , on parvient à rendre sensible la commotion dans les bras et jusque dans la poitrine. On le sait depuis longtemps par les décharges des bouteilles de Leyde.

En résumé , les effets *chimiques* et *magnétiques* du courant dépendent de la quantité d'électricité , qui passe dans l'unité de temps par *toute l'étendue* d'une section ; car tous les élémens de cette section agissent ensemble , soit pour faire dévier l'aiguille ou aimanter le fer , soit pour séparer les parties constituantes des

corps électrolysables. Mais dans les effets *thermiques* et *physiologiques* l'action dépend de la quantité d'électricité, qui se trouve sur *chaque élément d'une section*, puisque c'est dans ces élémens mêmes qu'elle s'exerce. D'après cela on conçoit aisément pourquoi les effets chimiques et magnétiques sont en raison directe de l'intensité du courant, tandis que les effets thermiques et physiologiques sont proportionnels à sa densité. Toutefois les effets chimiques en dépendent aussi dans ce sens, que la décomposition cesse d'être *sensible*, aussitôt que la densité est tombée au-dessous d'une certaine limite. C'est ce qui fait que dans un même circuit on peut recueillir une plus grande quantité de gaz, quand les électrodes sont de simples fils, que lorsqu'on se sert de plaques d'une certaine étendue. Dans ce dernier cas les élémens de la décomposition se répandent sur une plus grande surface et peuvent adhérer ainsi plus abondamment aux lames métalliques, où ils produisent les phénomènes de la polarisation, que nous avons traités plus au long dans le Mémoire cité. Dans tous les cas, lorsqu'on ne considère que l'effet thermique produit dans *un même fil* ou l'effet physiologique dans *une même fibre*, ces actions se trouvent, comme les effets chimiques et magnétiques, en raison directe de l'intensité du courant. —

D'après ces développemens il est facile de choisir dans chaque cas l'appareil convenable pour produire un certain effet électrique à une distance donnée. Or c'est là, que se trouve la solution du problème de la télégraphie électrique. Je suppose, par ex., qu'avec un élément voltaïque d'un decimètre carré de surfa-

ce, on puisse produire une certaine déviation de l'aiguille ou une certaine force magnétique dans du fer doux à une distance de mille mètres, c'est-à-dire, dans un circuit de deux mille mètres de longueur. On conviendra que d'abord il faut une certaine délicatesse dans les appareils galvanométriques pour produire dans ce cas une action sensible, surtout quand on veut mettre en mouvement une machinerie et vaincre les frottemens, qui en résultent, afin que le télégraphe *écrive* lui-même les signes transmis. Mais pour que le même effets se manifeste à une distance de 100 kilomètres, il faut employer une pile de 100 couples semblables, et pour chaque kilomètre de plus, un autre couple doit être ajouté à la pile. Tout cela se voit clairement par la comparaison des formules (1) (2), que nous avons données plus haut. Or ce n'est pas trop exiger d'un nouveau télégraphe, dont l'établissement entraînerait des frais assez considérables, que de vouloir qu'il pût transmettre ses signes à une distance de 25 lieues seulement. Mais d'un autre côté c'est une chose assez incommode et surtout dispendieuse, que de mettre et de tenir en activité une pile d'une centaine de couples, d'autant plus que le télégraphe, tel que je le conçois, devra servir non seulement aux besoins du Gouvernement, mais encore à l'usage des particuliers, tout comme la poste à lettres. Combien de fois ne faudrait-il pas renouveler ces énormes appareils? Même en se servant de piles Voltaïques, les effets physiologiques semblent un moyen de télégraphie beaucoup plus convenable que les actions magnétiques. D'après les belles expériences de PUILLET, la résistance du corps hu-

main, quand le courant y entre par les deux mains, entièrement plongées dans des bains de mercure, équivalant à une longueur de onze lieues du fil de cuivre, que nous avons pris pour mesure. Si le courant ne traverse que deux doigts d'une main, mouillés et à moitié plongés dans du mercure, on trouve la résistance égale à 77 lieues du même fil. Or avec une pile de 20 couples on produit dans les deux doigts une commotion très-sensible; par conséquent une pile de 40 couples produirait le même effet dans une chaîne de deux personnes, ou sur une seule personne, qui se trouverait dans un circuit de 77 lieues du fil de cuivre. D'après cela la pile de 100 couples donnerait une commotion très-sensible à une personne, qui se trouverait dans un circuit de 4×77 lieues, ou à une distance de 154 lieues, tandis que la même intensité électrique ne produirait l'effet magnétique dont nous venons de parler, que jusqu'à une distance de 25 lieues. J'avoue qu'on pourrait augmenter la délicatesse des appareils galvanométriques de manière à les faire agir à une distance beaucoup plus grande, mais je doute que pour l'usage télégraphique on puisse donner à l'aiguille aimantée une sensibilité supérieure ou même égale à celle des nerfs. Pour que les 20 couples produisent une commotion dans les doigts, il suffit d'employer de l'eau légèrement acidulée, donc pour qu'un effet magnétique soit également applicable, comme signe télégraphique, cet effet doit être tel qu'il puisse se produire par l'action d'un *seul* couple à une distance d'environ 2 lieues ou dans un circuit de 15400 mètres de longueur, puisque

$$\frac{20 C}{20 R + 77 \times 4000} = \frac{C}{R + 15400}.$$

Nous avons négligé dans ce calcul la résistance du fil galvanométrique ou de l'hélice, qui entoure le fer doux, par rapport à la résistance des fils conducteurs. Dans le problème qui nous occupe, il ne peut en résulter aucune erreur appréciable; d'ailleurs il est facile de faire entrer cet élément dans le calcul. Car nom-

R la résistance de l'élément,
 r ————— du fil conducteur,
 s ————— du fil galvanométrique ou de l'hélice, qui entoure le fer doux, nous avons pour un seul couple :

$$I = \frac{C}{R + r + s}$$

et pour une pile de n couples semblables :

$$I = \frac{n C}{n R + r' + s}$$

Donc pour que l'intensité soit la même dans les deux cas, il faut avoir

$$r' + s = n (r + s)$$

d'où

$$r' = nr + (n - 1) s$$

formule, qui donne la distance à laquelle on produit avec n couples le même effet qu'on obtient avec un seul couple à la distance $= r$.

Mais dans tous ces cas il faut se servir d'une pile d'un très-grand nombre de couples, puisqu'il n'y a pas

d'autre moyen de produire un effet magnétique à une très-grande distance. Il est vrai, que M. STEINHEIL s'est servi d'une machine magnéto-électrique, pour développer le courant dans le fil conducteur, mais voyez aussi comment il a dû s'y prendre, pour obtenir quelque effet dans un circuit d'environ deux lieues seulement et avec des appareils galvanométriques d'une grande sensibilité, puisque le fil formait de 400 à 600 révolutions autour de l'aiguille aimantée. Il a dû enrouler autour de l'armature de son aimant un fil de cuivre de *trente six mille pieds* de longueur . . . ! — (*Comptes rendus* 10 Sept. 1838 p. 590). Mais j'aimerais voir M. STEINHEIL produire une action appréciable avec ses énormes appareils à une distance d'une vingtaine de lieues par exemple. Il s'apercevoit bien vite, que les actions magnéto-électriques sont encore beaucoup moins propres à développer le courant, que ne le sont les actions électro-magnétiques pour en reconnaître la présence. La raison en est facile à trouver; mais puisque c'est justement dans cela que consiste la grande supériorité des effets physiologiques comme moyen de télégraphie, je vais la développer avec quelques détails.

Jusqu'ici nous n'avons parlé que des courans *continus*, et dans ce cas les effets chimiques et magnétiques, ainsi que les actions thermiques et physiologiques, lorsqu'on ne considère qu'un *même* fil ou une *même* fibre, se trouvent directement proportionnels à *l'intensité* du courant, c'est-à-dire, à la *quantité* d'électricité qui passe dans *l'unité de temps*. Mais lorsque le courant n'agit que par des intervalles ou qu'on se serve

des courans instantanés tels que les courans d'induction ou ceux, qui résultent de la décharge d'une bouteille de Leyde, il y a un autre élément très-essentiel à considérer, c'est la *durée* du temps, pendant lequel le courant traverse la conducteur. Il y a une belle expérience de POUILLET, qui, sous plus d'un rapport, me semble présenter un grand intérêt. Il s'est servi d'une roue dentée semblable à celle de M. MASSON, dont les intervalles étaient remplis de morceaux de bois; la roue est portée sur un axe horizontal en métal, auquel on imprime un mouvement de rotation plus ou moins rapide. Dans l'appareil de M. POUILLET les intervalles de bois et de métal sont égaux entre eux et l'on peut imprimer à la roue une vitesse telle, qu'une dent passe à peu près en $\frac{1}{7000}$ de seconde. L'axe de la roue est mis en communication avec l'un des pôles de la pile, tandis qu'une languette de laiton, en rapport successivement avec chaque dent sur laquelle elle appuie légèrement, communique avec l'autre pôle. Ainsi le courant ne passe que pendant la *moitié* du temps et M. POUILLET a trouvé, qu'après avoir augmenté la vitesse de rotation à un tel point, que l'aiguille ne faisait plus d'oscillations, mais qu'elle était parvenue à une déviation fixe; cette déviation était *moitié* de celle, qui avait lieu avec le *courant continu*. (BECQUEREL *Traité* V. p. 275.)

Ici *l'intensité* du courant, c'est-à-dire, la *quantité* d'électricité, qui passe de la pile dans le conducteur *divisée par le temps* (bien entendu, qu'il s'agit du temps, pendant lequel le contact est établi) reste *la même*, que le courant soit continu ou qu'il ne se pro-

duise, qu'à des intervalles quelconques. Quand la vitesse de rotation est telle, que chaque dent passe dans $\frac{1}{7000}$ de seconde, alors la quantité d'électricité Q , qui se décharge à chaque interruption, divisée par ce temps, servira de mesure à l'intensité du courant; mais dans le cas d'un contact continu, ce sera comme si 7000 courans de cette même intensité passaient dans 1", tandis que dans l'appareil de POUILLET, le nombre des courans, qui se succèdent dans 1", n'est que de 3500. Ainsi, en définitive, la somme des effets produits par des courans, soit intermittens, soit continus, sera proportionnelle à la quantité d'électricité, qui, pendant ce temps, aura traversé le conducteur. FARADAY a déjà fait cette remarque, en ces termes: » *If* dit-il, » *the same absolute quantity of electricity pass through the galvanometer, whatever may be its intensity, the deflecting force upon the needle is the same.* (Phil. Transact. 1833 n° 365) Cette proposition a donné lieu à des objections peu raisonnables de M. STURGEON, qui n'hésite pas de la nommer » *so exceedingly vague and inconclusive, that it cannot, with propriety, be said to express any thing*” (Annals of Electricity Oct. 1836 p. 53) Comment, dit-il, la force déviatrice resterait la même pour une même quantité d'électricité, que celle-ci traversât le conducteur dans une seconde, dans une minute, dans un mois ou dans une année? Les objections de STURGEON et la manière, dont il s'exprime trop souvent envers un de ses plus illustres compatriotes, sont au moins ridicules, pour ne pas dire davantage. Quand une certaine quantité d'électricité produit une

déviations, en traversant le conducteur dans 1" par ex., il est évident, qu'en y mettant 1', la déviation sera soixante fois moindre, mais en revanche la durée en sera soixante fois plus longue (1). Tel est le sens qu'il faut attacher aux paroles de FARADAY et quoique l'auteur ne l'ait pas dit d'une manière explicite, sans doute il est trop haut placé dans l'estime des savans pour pouvoir mériter les invectives de STURGEON.

Donc la *somme des effets*, produits dans un temps donné doit être mesurée par la *quantité* d'électricité, qui, pendant ce temps, aura traversé le conducteur; mais *l'effet* qu'on observe à un instant quelconque se trouve proportionnel à *l'intensité* du courant, pourvu toutefois que sa *durée* soit assez longue, pour que cet effet puisse atteindre son maximum. Supposons, pour fixer les idées, qu'une aiguille arrive à une certaine déviation dans une seconde, sous l'action d'un courant continu; toute l'électricité, qui traverse le conducteur

(1) Je suppose toutefois que cette minute soit partagée en 60' qui se succèdent à de certains intervalles, après lesquels l'aiguille aurait repris sa position d'équilibre; sans cela le problème devient plus compliqué, et il faudrait prendre en considération la nature de l'aiguille sur laquelle on opère. Ainsi il se peut fort bien, qu'une même déviation finale soit produite par une même quantité d'électricité, qu'elle passe dans une, dans deux secondes, ou dans un temps beaucoup plus court. Il suffit que l'aiguille fasse, par exemple, une oscillation dans une dizaine de secondes; alors elle pourra se trouver encore sensiblement parallèle au-dessous du fil conducteur, à la fin de la première seconde, et la quantité d'électricité, qui arrive pendant la deuxième seconde, peut agir dans les mêmes circonstances que celle, qui l'a précédée. Du reste la solution de ce problème curieux est du ressort de la mécanique.

dans la deuxième seconde et dans les suivantes, ne servira qu'à retenir l'aiguille dans cette position d'équilibre. Mais si le courant n'avait duré qu'un millième de seconde par exemple, il est évident qu'il n'aurait pu produire la même déviation. Cependant son *intensité* n'aurait pas changé, mais sa *durée* serait devenue trop courte pour qu'une *quantité* suffisante d'électricité eût pu traverser le conducteur. Pour obtenir avec un courant la même déviation dans un millième de seconde, il aurait fallu lui donner une intensité mille fois plus grande.

C'est par-là, qu'on explique les phénomènes, que présente l'électricité, accumulée sur les armatures de nos bouteilles de Leyde. Celle-ci, en se déchargeant même à travers des corps peu conducteurs, possède une *intensité* beaucoup plus grande que celle qu'on peut produire avec les plus énormes appareils voltaïques construits jusqu'ici; mais en revanche la *quantité* qui s'y trouve accumulée est infiniment moindre que celle qu'on peut développer avec un élément voltaïque, quelque minime qu'il soit, dans une seconde par exemple, (voyez surtout FARADAY *Phil. Transact* 1833 n° 371 sqq.). S'il y avait moyen de faire passer ainsi des décharges d'une bouteille de Leyde continuellement et sans interruption à travers un fil métallique, seulement pendant 1", on obtiendrait des effets, dont il est difficile de se former une idée. Car admettant qu'une bouteille de Leyde se décharge à travers un fil métallique dans un millième de seconde, il y aurait dans une seconde mille de ces décharges l'une après l'autre, dont une seule suffit pour le faire

fondre en globules. — Mais c'est précisément à cause de sa courte durée, que le courant d'une bouteille de Leyde ne produit que difficilement des effets chimiques et magnétiques; ici *l'intensité* seule du courant ne suffit pas; il lui faut une certaine *durée*; il y a une *quantité* de fluide, nécessaire pour faire dévier une aiguille et opérer la séparation des élémens d'un corps. Cependant cette même électricité produit des effets physiologiques très-intenses; ici *l'intensité* fait tout; pour qu'il se produise une sensation dans les nerfs, il suffit qu'une certaine quantité d'électricité les traverse dans un intervalle donné; la *durée* de cet intervalle n'y est pour rien. Ainsi *la quantité d'électricité, qui produit un effet physiologique très-énergique est infiniment moindre que celle, qui est nécessaire pour produire une déviation dans une aiguille, même très-sensible.* C'est sur ce principe, que repose la supériorité des effets physiologiques, comme moyen de télégraphie. Ici on n'a pas besoin de recourir aux courans *continus*; même avec les courans *instantanés* ces effets se produisent, et conséquemment il en résulte une grande économie sur les moyens dont on se sert pour développer le fluide électrique.

Les courans qui remplissent éminemment le but, que nous nous proposons, sont les courans magnéto-électriques et surtout les courans produits par l'induction galvanique et électro-magnétique.

Avec une machine magnéto-électrique de CLARKE, munie de son armure d'intensité, autour de laquelle se trouve enroulé un fil de 1500 mètres de longueur, je puis donner une secousse très-sensible à travers une

chaîne de quatre personnes qui se touchent par les mains sèches. Supposons que ces personnes se tiennent aussi étroitement que si elles avaient les mains entièrement plongées dans des bains de mercure, (ce qui n'est guère ainsi, surtout au moment où elles reçoivent la commotion) il est évident, qu'avec cet appareil je pourrais donner une commotion sensible à une personne, qui se trouverait dans un circuit de 33 lieues, soit à la distance de 16 lieues. M. STEINHEIL obtiendrait des effets bien plus remarquables avec son fil de *trente six mille* pieds... Cependant il est bon de remarquer qu'on ne peut pas augmenter indéfiniment l'intensité du courant en augmentant le nombre des révolutions du fil. Il y a ici une limite variable suivant la longueur des fils conducteurs qui doivent être traversés par le courant; ainsi on doit déterminer, dans chaque cas particulier, les dimensions qu'il convient de donner aux hélices, suivant l'effet qu'il s'agit de produire, d'après le beau travail de LENZ. (*Poggendorff Annalen* 1835, XXXIV p. 385 sqq.) Lorsqu'il n'y avait qu'une seule personne dans le circuit le galvanomètre très-sensible que j'y avais intercalé, n'éprouvait pas le plus léger mouvement.

Mais on obtient des effets bien plus énergiques, en se servant des courans *secondaires*. J'ai fait quelques expériences sur ce sujet avec un appareil, construit par CLARKE, qui fait partie de la riche collection de M. NAIRAC, amateur zélé des sciences physiques à Arnhem. C'est tout simplement un cylindre de bois, autour duquel sont enroulées deux hélices bien distinctes. La première est for-

mée d'un fil de cuivre de 90 pîeds (Anglais) de longueur sur $\frac{1}{25}$ pouce de diamètre ; celle-ci sert comme conducteur du courant primitif. Au-dessus de celle-ci se trouve la deuxième hélice , qui consiste en un fil de cuivre de 1500 pîeds de longueur et de $\frac{1}{50}$ pouce de diamètre ; c'est dans celui que se développe le courant d'induction. On fait passer le courant d'un élément voltaïque dans la première hélice ; les extrémités de la seconde sont en communication avec le corps , et à l'instant , où l'on rompt ou rétablit le contact , il se produit une secousse vraiment insupportable , tandis que le galvanomètre ne bouge pas , même quand le circuit est tout métallique. Les effets deviennent de plus en plus énergiques lorsqu'on introduit dans le cylindre de bois une pièce solide de fer , un cylindre creux de fer blanc et surtout un faisceau de fils de fer étroitement liés ensemble. Avec cette dernière disposition et un élément voltaïque d'un pied carré de surface , j'ai donné une commotion très-sensible à travers une chaîne de quinze personnes. Donc avec ce simple appareil , qui ne coûte guère plus de 30 florins (60 francs) et dans la supposition que la résistance de chaque personne ne soit que de 11 lieues , on peut produire une commotion sensible à une distance d'au moins 77 lieues , et je ne doute nullement qu'avec des appareils de ce genre , l'on ne parvienne à porter la commotion de Paris à St. Petersbourg.

Je crois avoir suffisamment prouvé l'avantage des effets physiologiques comme moyen de télégraphie sur toute autre disposition imaginée jusqu'ici. Il est temps de passer à la description du télégraphe , que j'ai

fait construire d'après ce principe. L'appareil est tellement simple, que peu de mots suffiront pour en faire comprendre le mécanisme.

Pour les raisons données plus haut j'emploie dix fils ; il en résulte une augmentation dans les frais de construction, mais qui, dans le système physiologique, sont d'autant moindres, qu'on peut employer des fils d'une moindre grosseur. Les extrémités de ces dix fils sont unies de part et d'autre à dix touches parfaitement semblables, et qui n'ont entr'elles aucune communication métallique ; il serait même avantageux de les isoler de la manière ordinaire. Les appareils, qui servent à donner et à recevoir les signes, sont absolument semblables ; ainsi il suffit d'en décrire un seul. Chaque touche est double, de sorte qu'il y a comme deux claviers, l'un au-dessus de l'autre. Les deux touches supérieure et inférieure sont métalliquement unies ; mais on peut baisser l'une ou l'autre à volonté, et alors chacune entre dans une capsule séparée de mercure. Ainsi les touches de la rangée supérieure peuvent plonger dans les vases P et N' ; celles de la rangée inférieure dans P' et N, les capsules N, N' et P, P' étant métalliquement réunies. Chaque touche est couverte d'une plaque de cuivre recourbée à angle droit vers l'extrémité pour pouvoir plonger dans les vases. On a pratiqué des apertures dans les touches de la rangée inférieure, afin que les extrémités recourbées des touches supérieures puissent y passer pour entrer dans les bassins P et N', lesquels sont en communication avec les deux pôles de l'appareil électrique. A l'autre extrémité du télégraphe se trouve un

observateur, qui pose les dix doigts sur les dix touches de la rangée, soit supérieure soit inférieure.

On voit qu'avec cette disposition on peut donner la commotion à deux doigts quelconques, ce qui donne

pour les dix doigts $\frac{10 \times 9}{2} = 45$ combinaisons, qui

peuvent représenter autant de signes. Les commotions, qui ont lieu lorsqu'on fait passer le courant à travers un doigt de la main gauche et un autre doigt de la main droite sont au nombre de 25; elles servent à représenter les lettres de l'alphabet. On les produit en baissant une des touches vers la gauche de I—V et une autre vers la droite de VI—X, pourvu qu'on les prenne dans la même rangée, soit supérieure soit inférieure, et que l'on produise au même instant dans le circuit un courant secondaire. Alors la commotion est sentie par les deux doigts posés sur les touches correspondantes à celles qui ont été baissées au lieu, où l'on donne les signes. Pour baisser ces touches on se sert de petits morceaux de bois, ou bien l'on met simplement des gants de soie ou de laine; sans cela on ressentirait soi-même une commotion, qui diminuerait l'effet qu'on veut produire à l'autre extrémité du circuit. Les commotions dans les deux doigts ne sont pas de la même énergie; la plus forte a lieu dans celui des doigts, qui est traversé par le courant dans le sens de la ramification des nerfs, c'est-à-dire, par lequel sort le courant. Le fait est connu et M. MARIANINI en a donné une théorie très-plausible. (*Annales de Chimie* XL p. 225 *Bibl. Univ.*

1829. XLIII. p. 287.) Ainsi il arrive que la commotion soit très-distincte dans l'un des doigts, tandis que dans l'autre elle est à peine sensible. Mais voici le moyen très-simple pour réparer cet inconvénient. Après avoir baissé les deux touches on établit le contact; et, laissant les touches baissées, on le rompt immédiatement après. Les deux courans qui se produisent, vont dans une direction contraire, et il ne reste plus aucun doute sur les doigts, traversés par le fluide électrique. En faisant passer le courant par deux doigts de la même main, de celle par exemple, dont les doigts sont

5 × 4

posés sur les touches I—V, on obtient encore $\frac{\quad}{2}$

= 10 combinaisons, dont je me sers pour représenter les chiffres. On produit ces commotions en baissant deux touches, l'une dans la rangée supérieure, l'autre dans la rangée inférieure d'un même clavier. Après cela il nous reste encore 10 signes, qu'on peut donner en baissant une touche dans chaque clavier de VI—X. On peut donner à ces signes telle signification que l'on jugera convenable. Ils serviront, par exemple, à noter la fin d'un mot ou d'une période; à faire savoir si la nouvelle télégraphique est destinée à la station à laquelle on la reçoit, ou s'il faut instantanément la transmettre à une station suivante; à indiquer qu'on a reçu le signe, ou à toute autre signification qu'on jugera à propos de leur donner. On peut écrire sur les touches mêmes aux deux extrémités du circuit, les lettres et les chiffres, qu'elles sont destinées à transmettre comme on le voit

dans la fig. 2. Ainsi, par ex, en baissant les touches III et VIII dans une même rangée, c'est la lettre *n* qu'on transmet; pour transmettre le chiffre 3 on baisse en même temps la touche supérieure I et l'inférieure V, ou ce qui revient au même, la touche inférieure I et la supérieure V. On comprend d'après cela tout le mécanisme de l'appareil. Quand l'observateur en B a reçu la nouvelle et qu'il veuille y répondre, il lui suffit de mettre des gants, tandis que l'observateur en A pose les doigts sur les dix touches. Ainsi sans rien changer à l'appareil, une autre nouvelle est transmise en sens contraire; mais le même appareil peut encore servir à porter une nouvelle à une troisième station C, qui se trouve dans une autre direction. Pour cet effet les touches, qui sont elles-mêmes de bois bien sec, ou de verre ou d'une substance isolante quelconque, se trouvent couvertes dans les parties inférieure ou latérales d'autres lames métalliques réunies aux fils, qui s'en vont à la station C et n'ayant aucune communication métallique avec les lames dans la partie supérieure. En baissant les touches, ces lames sont mises en communication avec des bassins de mercure, différens de ceux qui servent à la correspondance entre A et B; ces bassins sont réunis avec les pôles de l'appareil électromoteur. Ainsi au même instant où l'on reçoit la commotion dans les deux doigts, on n'a qu'à baisser les touches qui y correspondent et à mettre l'appareil en action, ce qui se fait par ex., par un mouvement du pied, au moyen d'un mécanisme facile à imaginer. Alors la même nouvelle est *instantanément* transmise à la station suivante C

et on la reçoit ainsi aux stations B et C absolument au même instant. Lorsque la nouvelle est destinée pour C et qu'il n'importe pas de la connaître en B, il suffit de réunir les deux espèces de lames supérieure et inférieure, dont nous venons de parler, pourvu qu'on emploie un appareil assez puissant pour transmettre la commotion depuis A jusqu'à C.

J'ai fait exécuter cet appareil par M. HOLTGREVE, constructeur d'orgues à Deventer, mécanicien plein de zèle et de talent, et dans la séance de notre Société de Physique du 31 Janvier 1839, plusieurs membres ont eu l'occasion de faire eux-mêmes les expériences et de s'assurer de l'extrême facilité avec laquelle on peut transmettre les signes. Je puis dire qu'à l'aide de quelque exercice on parvient à les donner et à les entendre avec une grande rapidité et bien supérieure à tout ce qu'on peut espérer d'un télégraphe magnétique. La vitesse est pour le moins aussi grande que celle, avec laquelle les caractères s'écrivent. Toutes les personnes ne sont pas également sensibles à la commotion, mais en variant la grandeur des appareils électromoteurs, dont il faut en avoir quelques-uns dans les bureaux télégraphiques, on produit des secousses proportionnées à la sensibilité de celui qui a posé les doigts sur les touches.

Il me faut encore parler du moyen par lequel on peut avertir l'observateur qu'il est temps de se mettre à l'appareil; car il est évident qu'il ne saurait rester une journée entière les doigts posés sur un clavier. Pour cet effet, lorsque le télégraphe n'est pas en action, je réunis métalliquement les cinq touches de chaque

clavier et j'y attache deux fils d'une longueur convenable à l'extrémité desquels se trouvent deux cylindres ou deux plaques de métal. Il suffit de tenir ces cylindres par les mains, ou d'attacher ces plaques à une partie quelconque du corps; avec cette précaution on peut se mettre au lit, on peut dormir, et quand il est temps de s'éveiller, une secousse vous en avertira, qui sera plus que suffisante pour chasser le sommeil, parce que l'électricité passera alors par tous les cinq fils à la fois. Un simple anneau qu'on mettrait au doigt et dont les deux moitiés seraient isolées entr'elles, suffirait pour remplir le but désiré.

Maintenant, qu'il me soit permis de résumer les avantages du nouveau système télégraphique sur toute autre disposition imaginée jusqu'ici.

1. Le télégraphe physiologique est *le seul*, qui puisse être employé à de *très-grandes distances*.

2. *A des distances* comparativement *petites*, il faut encore s'en servir de préférence au télégraphe magnétique, puisque les fils conducteurs peuvent avoir, dans ce cas, une grosseur beaucoup moindre; ce qui diminue considérablement les frais de construction.

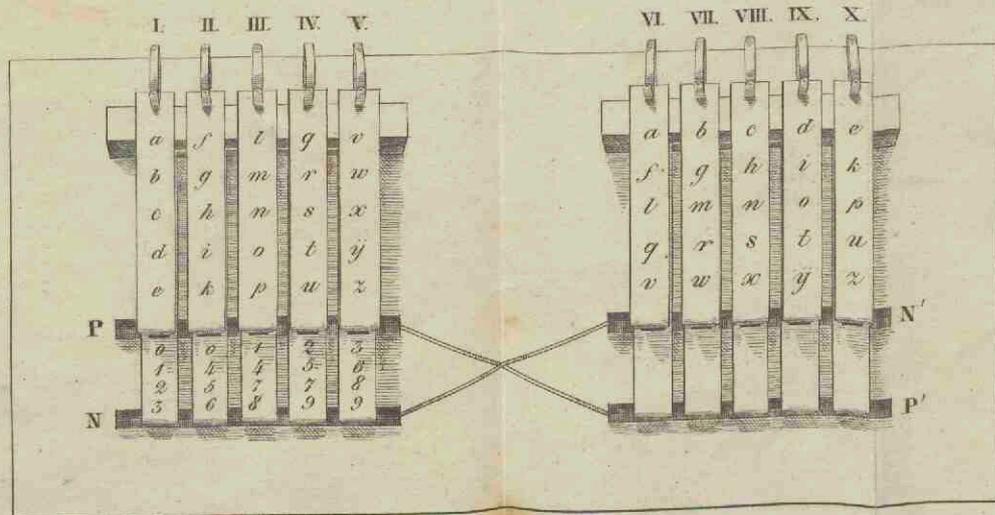
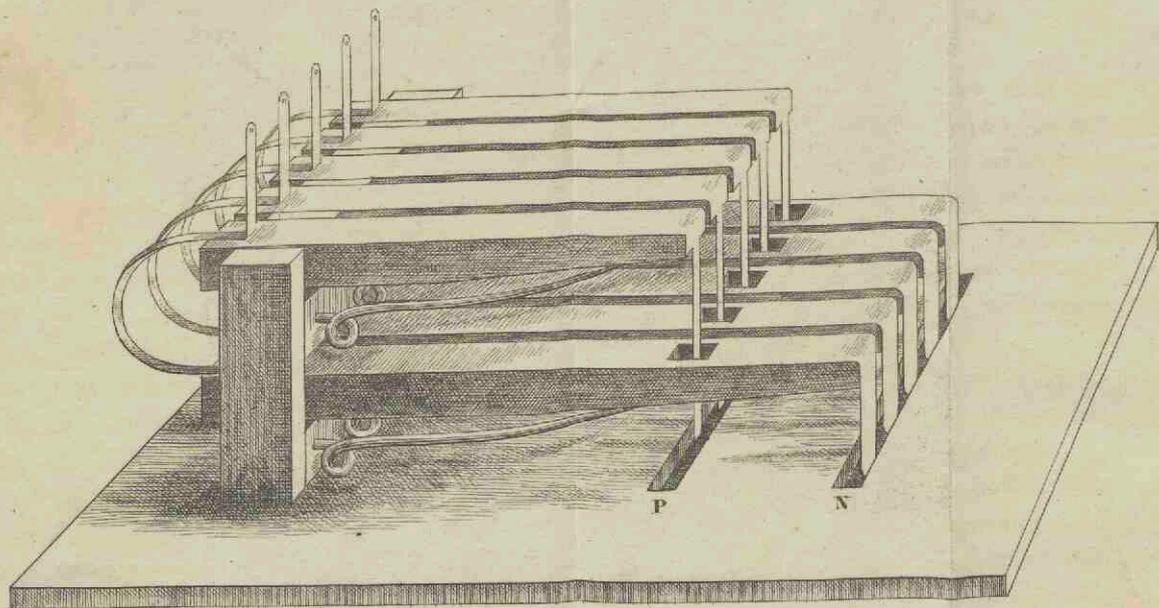
3. Les appareils télégraphiques sont beaucoup plus simples et s'obtiennent à des prix très-modiques: M. MORSE évalue les frais de sa machine, qu'il faudrait établir à chaque station, à 1500 francs. (*Comptes rendus* 10 Sept. 1838 p. 595) Or pour une centaine de florins je m'engage à fournir un bureau télégraphique de tout son appareil nécessaire.

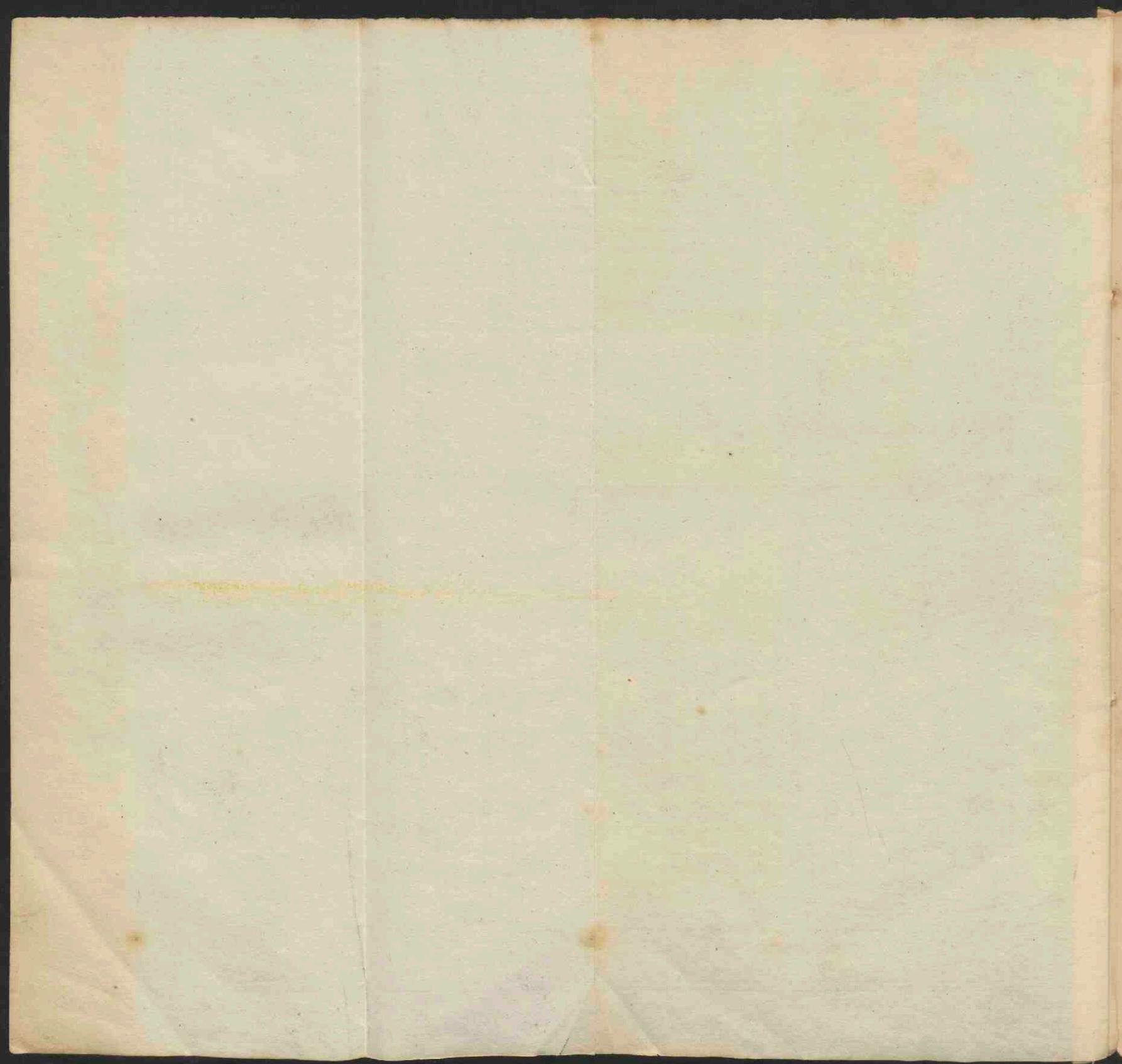
4. Les frais, requis pour mettre le télégraphe en activité, sont incomparablement moindres que dans le

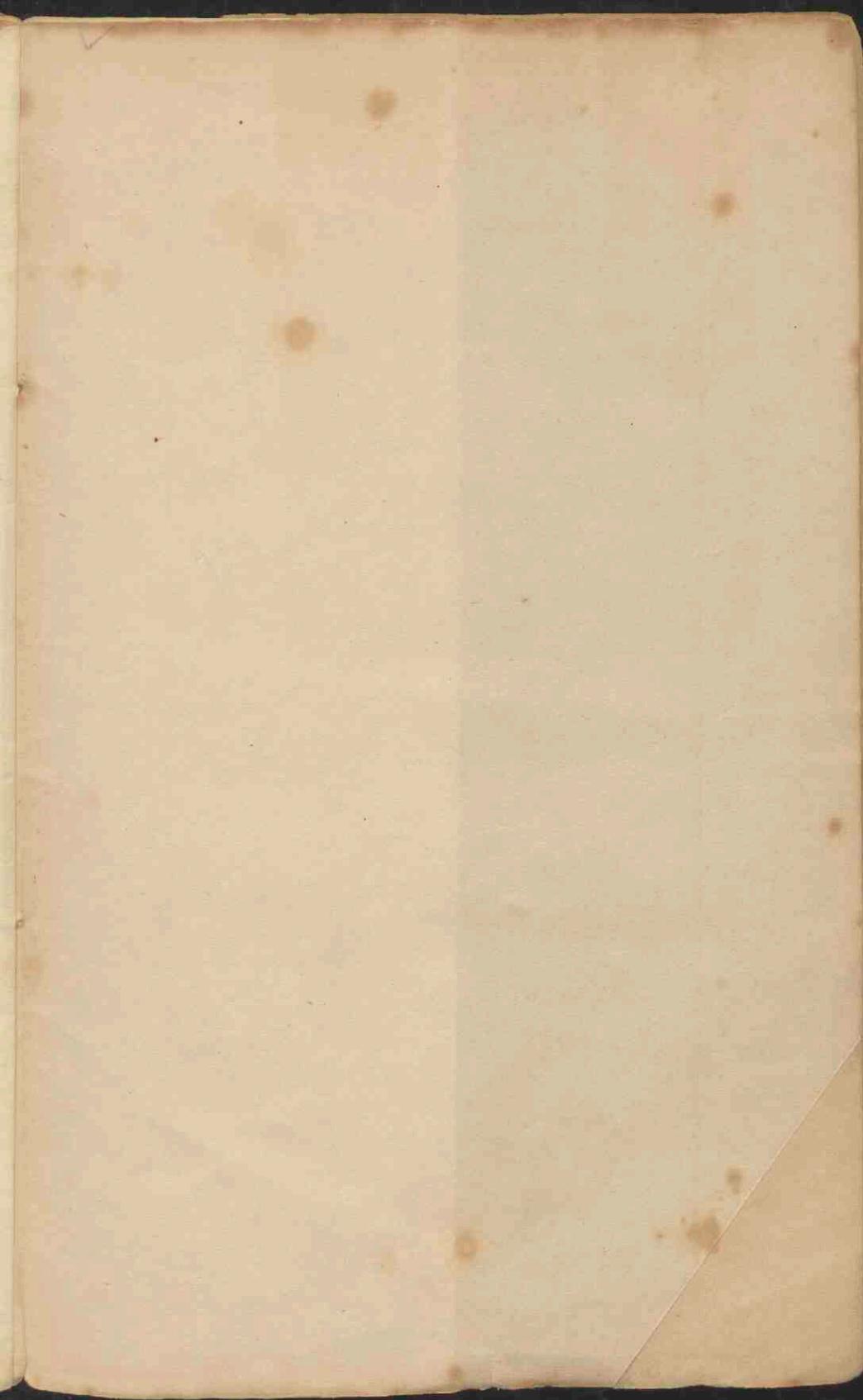
système magnétique. Cela s'entend vu la faible *quantité* d'électricité qu'on emploie ; ce qui doit causer une grande économie sur les moyens de la produire.

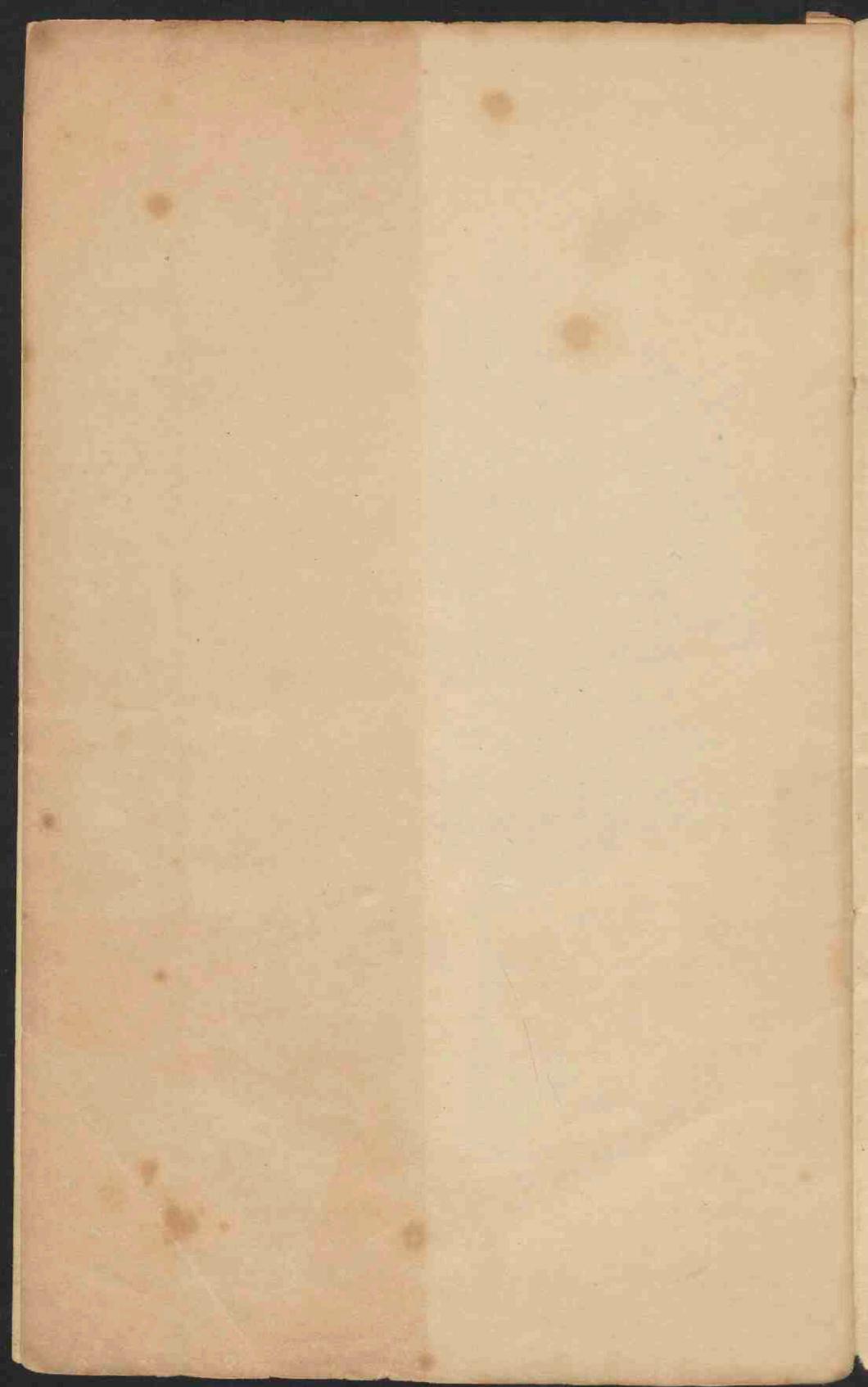
J'aime à croire que le gouvernement Hollandais ne tardera pas à faire un essai en grand de ce genre de communication. Lorsque sous la direction du Gouvernement, le télégraphe sera ouvert à l'usage des particuliers, comme une poste à lettres, l'Etat pourra trouver des revenus assez considérables dans ce nouveau moyen de correspondance. Si l'on évalue le prix d'une nouvelle télégraphique depuis Amsterdam par Utrecht à Arnhem, seulement à 4 florins et qu'il n'y en eût sur toute la ligne, qu'une douzaine par jour, on pourrait fournir aux frais des employés, payer les intérêts et rembourser le capital dans quelques années. — Du reste les détails de ce calcul financier n'entrent pas dans le plan de cette communication, dont le but est exclusivement scientifique.

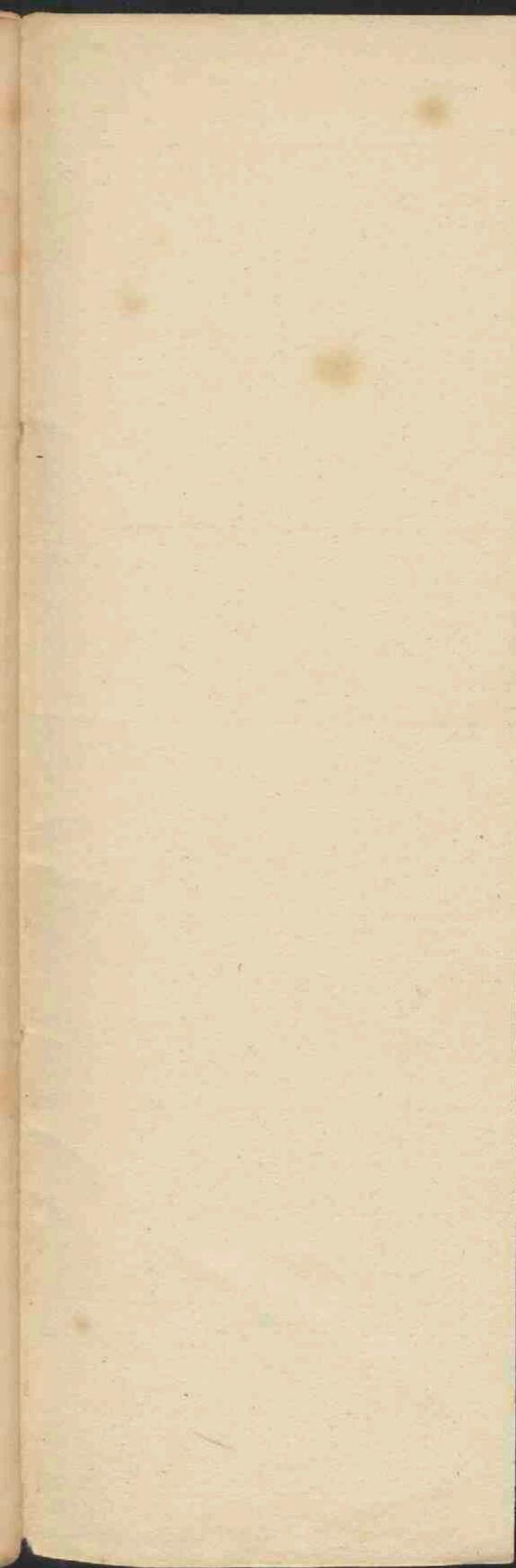
DEVENTER 4 fevrier 1839.

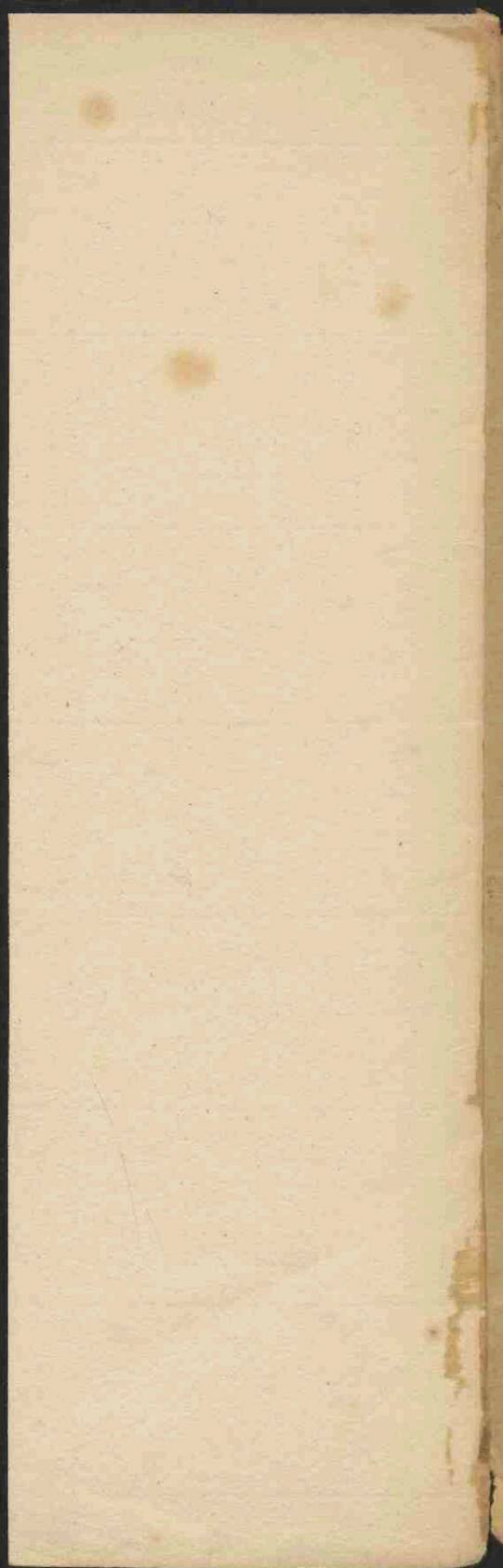


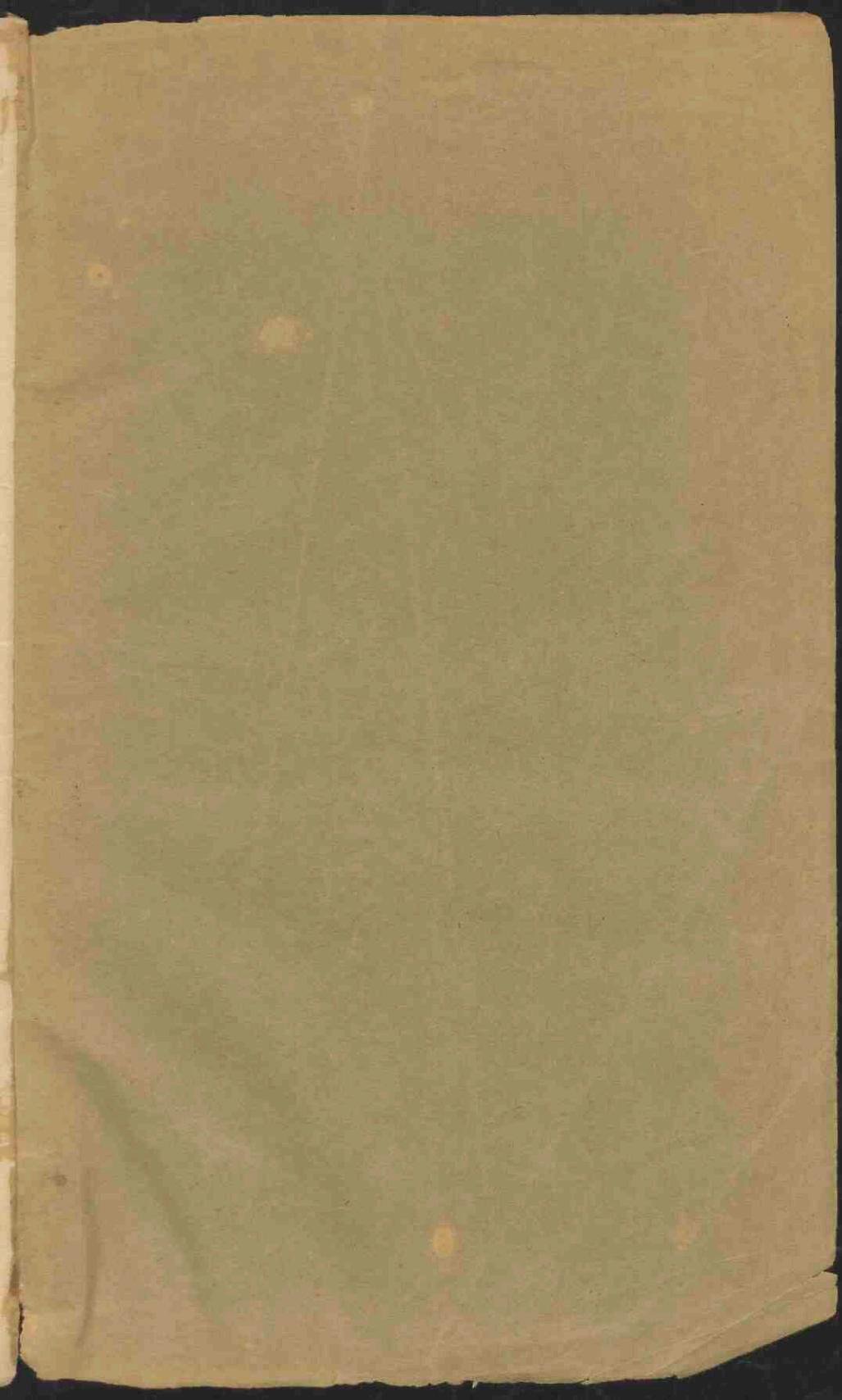












UT
UNIV
M
No.