

NOTICE

SUR LES

APPAREILS MAGNÉTO - ÉLECTRIQUES

BREVETÉS

DE

BREGUET

ET SUR LEUR APPLICATION

A L'EXPLOSION DES TORPILLES

ET DES MINES EN GÉNÉRAL



PARIS

ALBERT PARPALET, LIBRAIRE-ÉDITEUR,

1, RUE LARREY, 1

1869



A-VII-67-

# NOTICE

SUR LES

## APPAREILS MAGNÉTO-ÉLECTRIQUES

BREVETÉS

DE

### BREGUET

ET SUR LEUR APPLICATION

## A L'EXPLOSION DES TORPILLES

## ET DES MINES EN GÉNÉRAL



PARIS

ALBERT PARPALET, LIBRAIRE-ÉDITEUR,  
1, RUE LARREY.

1869

R.32377



# NOTICE

SUR LES

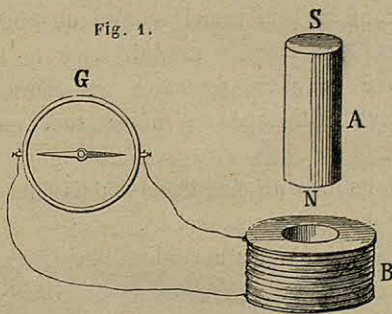
## APPAREILS MAGNÉTO-ÉLECTRIQUES

### PREMIÈRE PARTIE

#### COURANTS MAGNÉTO-ÉLECTRIQUES.

EXPÉRIENCE DE FARADAY.

Arago avait montré, en 1823, qu'un courant électrique peut produire un aimant; il était réservé à Faraday de faire l'inverse et d'obtenir des courants électriques au moyen des aimants.



Soit (*fig. 1*) B, une bobine formée d'un fil métallique recouvert de soie et faisant un grand nombre de circonvolutions; G, un galvanomètre auquel viennent aboutir les deux extrémités du fil de la bobine; A, un aimant dont les pôles sont désignés par les lettres N et S.

Si on approche brusquement le pôle N de la bobine, et qu'on le maintienne dans une position fixe, on voit l'aiguille dévier et revenir ensuite à sa position de repos; si ensuite on éloigne l'aimant, on voit l'aiguille dévier en sens contraire et revenir encore à sa position de repos.



Si, au lieu de présenter le pôle N de l'aimant à la bobine, on présente le pôle S, les phénomènes subsistent, mais les courants sont de sens inverses.

Il est important de remarquer que les courants obtenus dans ces circonstances sont instantanés : c'est là un des caractères les plus saillants des courants induits; on a noté également dans les expériences précédentes l'existence corrélatrice de deux courants de sens contraire : c'est là un second point d'importance capitale; on n'a pas encore pu se soustraire à cette double condition des courants *magnéto-électriques* de se produire alternativement avec des sens contraires et d'être instantanés.

On comprend aisément la raison d'être du nom que nous avons donné à ces courants; on les appelle *magnéto-électriques* pour expliquer que l'électricité est produite par les aimants; de même qu'on a depuis longtemps appelé *électro-magnétisme* la partie de la physique qui traite de l'action de l'électricité sur les aimants.

#### COURANTS D'INDUCTION.

On désigne aussi ces courants par le nom de *courants d'induction* ou de *courants induits*; cette dénomination est plus générale et comprend également les courants induits par l'action d'autres courants.

Pour obtenir ces courants induits dans un conducteur (qu'on appelle alors circuit induit), il suffit de l'approcher ou de l'éloigner d'un autre fil conducteur dans lequel circule un courant (qui prend le nom de courant inducteur). L'approchement des deux circuits produit dans le fil induit un courant induit instantané de sens contraire au courant inducteur; l'éloignement, un courant instantané de même sens que l'inducteur.

On obtient encore des courants induits dans un circuit, en établissant ou en interrompant le courant inducteur dans un circuit voisin.

Ces préliminaires posés, nous allons expliquer comment l'expérience capitale de Faraday peut être variée.

Si, au lieu de l'aimant A, on emploie un électro-aimant, chaque fois qu'il sera excité par le passage d'un courant, il produira un courant d'induction instantané dans la bobine B; en outre, au moment où l'électro-aimant perdra son magnétisme, un second courant d'induction se produira dans la bobine B, qui sera de sens opposé au premier.



Dans cette expérience nous voyons un courant excitateur ou inducteur produire deux courants d'induction successifs et de sens contraire; ces deux courants induits sont tous deux instantanés et correspondent, l'un à l'établissement, l'autre à la rupture du courant inducteur. Cette expérience, l'une des plus importantes de la physique moderne, est le germe des appareils connus sous le nom de bobines d'induction, dont la première a été construite par MM. Masson et Breguet, en 1844 (voir *Annales de chimie et de physique*, 3<sup>e</sup> série, t. IV, p. 429). Cet utile instrument a reçu d'importants perfectionnements de MM. Delarive, Fizeau, Foucault, Poggendorff, et a été construit par M. Ruhmkorff avec un soin et une habileté tels qu'il est devenu tout à fait usuel. Nous ne le mentionnons ici que pour mémoire, car il ne rentre pas dans le cadre que nous nous sommes tracé.

L'expérience de Faraday peut être encore faite de la manière suivante : On place sur les branches d'un aimant en fer à cheval des bobines de fil isolé; une armature est appliquée sur les pôles; au moment où on arrache cette armature, un premier courant d'induction est produit; quand ensuite on ramène l'armature au contact de la surface polaire de l'aimant, on obtient un second courant de sens contraire au premier. Cette expérience se fait avec l'appareil que nous appelons *exploseur électro-magnétique* et que nous avons fait connaître pendant l'Exposition universelle de 1867.

#### EXPLOSEUR MAGNÉTO-ÉLECTRIQUE.

Cet instrument est représenté par la figure 2; l'armature A A est toujours au contact des pôles de l'aimant N O S; elle est portée par une pièce de laiton B a M qui pivote autour de l'axe horizontal a; cette pièce présente une sorte de manche B a et un bouton ou tampon B sur lequel on frappe du poing pour produire l'arrachement de l'armature. Ainsi que nous l'avons dit, au moment de l'arrachement, un premier courant d'induction se produit, courant instantané comme le mouvement qui en est la cause, dans le fil enroulé sur les extrémités de l'aimant.

Aussi longtemps qu'on maintient l'armature éloignée de l'aimant l'appareil est inerte; mais dès qu'on cesse d'appuyer sur le bouton B, l'armature, poussée par un ressort qui agit sur le levier a B, attirée d'ailleurs par l'aimant, retourne vivement au contact des pôles N S; un second courant se produit, de sens contraire au premier, mais d'égale intensité, comme on le constate facilement avec un galvanomètre.



Il importe de noter que l'intensité des courants produits est plus grande quand la course de l'armature est plus étendue (du moins jusqu'à une certaine limite); c'est ce que le galvanomètre indique encore.

On peut cependant à volonté faire paraître plus intense l'un ou l'autre

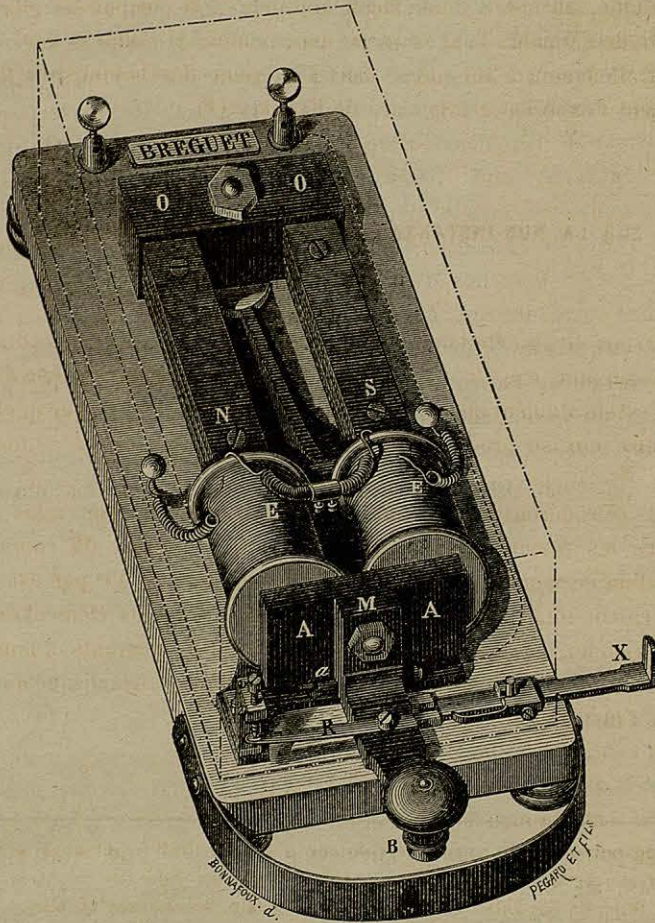


Fig. 2.

des deux courants, en faisant mouvoir l'armature plus rapidement dans un sens ou dans l'autre; par conséquent, on doit donner le mouvement le plus rapide possible à cette pièce pour obtenir de l'appareil tout ce qu'il peut donner.

Pour montrer la liaison de cette expérience avec la première de Faraday, il nous reste à expliquer la production des courants dans l'exploseur.



Quand l'armature est au contact des surfaces polaires de l'aimant, les pôles de l'aimant sont assez éloignés de l'armature ; quand l'armature est écartée, les pôles se rapprochent des extrémités de l'aimant ; c'est ce qu'on peut constater en présentant sur le côté de l'aimant une aiguille aimantée dont la direction change quand on déplace l'armature et dont la pointe indique, au moins d'une façon approchée, la position du pôle dans l'intérieur de l'aimant. Tout se passe donc comme si l'aimant était transporté parallèlement à lui-même dans l'intérieur des bobines, ce qui est précisément l'expérience originaire de Faraday (1).

### SUR LA NON-INSTANTANÉITÉ DES COURANTS INDUITS

Nous avons dit au début que l'un des caractères les plus saillants des courants d'induction, c'est leur instantanéité. Mais aucun phénomène dans la nature n'est absolument instantané ; et on peut dire seulement que quelques-uns d'entre eux se produisent dans un temps fort court et difficile à mesurer.

Si nous considérons les courants produits dans l'exploseur, nous pourrions faire les remarques suivantes : l'armature partant du contact est capable d'un certain mouvement autour de son axe, de 45° par exemple ; ce mouvement total peut être décomposé en mouvements élémentaires de 1 degré chacun, auxquels correspondent autant de courants d'induction élémentaires dont la réunion forme le courant magnéto-électrique que peut produire l'instrument.

---

(1) L'appareil que nous appelons exploseur a été construit avant nous, par différentes personnes ; mais on n'avait pas réussi à l'appliquer dans des conditions pratiques ; M. Dujardin (de Lille) l'avait employé pour faire fonctionner un télégraphe qui présentait des inconvénients graves, quoique la combinaison en fût fort ingénieuse dans sa simplicité.

M. Henley, après avoir essayé cette disposition, l'abandonna pour une autre qu'il trouva plus avantageuse.

Nous croyons avoir réussi à faire de cet instrument une machine très-commode ; nous l'avons d'ailleurs perfectionné par une addition qu'on trouvera indiquée plus loin.

On avait fait des instruments d'une très-grande dimension, dans lesquels on employait des aimants fort grands et fort coûteux. Nous avons diminué l'aimant et augmenté le nombre des spires du fil induit.



Suivant que le mouvement complet de l'armature sera plus ou moins rapide, les effets obtenus devront être très-différents, et l'expérience (facile à faire et à varier) montre qu'ils le sont en effet.

Si, par exemple, on donne à l'armature un mouvement très-lent, l'action sur un galvanomètre pourra être encore sensible, tandis que l'action sur les nerfs aura cessé d'être appréciable.

Si ensuite on rend le mouvement et l'armature de plus en plus rapides dans une série d'essais distincts, on verra l'action sur le galvanomètre devenir plus énergique en perdant de la durée et on verra aussi l'action sur les nerfs augmenter. On pourra remplacer le galvanomètre par un électro-aimant et faire des observations semblables; l'action sera plus énergique quand elle sera moins prolongée.

Avec un galvanomètre sensible on verra que l'appareil donne encore un courant quand l'armature, déjà éloignée de l'aimant, s'en éloigne encore davantage. On voit donc que le courant magnéto-électrique n'est pas absolument instantané et qu'il dure autant que le mouvement de l'armature, c'est-à-dire pendant un temps très-appréciable, lors même qu'on fait tous les efforts pour en réduire la durée.

On peut reprendre à ce point de vue toutes les expériences dont nous avons parlé et dans lesquelles se produisent des courants d'induction; on peut faire, par exemple, l'expérience fondamentale de Faraday, rapportée page 3, et montrer des courants d'induction qui ne sont plus instantanés même en apparence, mais dont la durée est prolongée pendant plusieurs secondes.

#### FORCE RELATIVE DES DIVERS COURANTS D'INDUCTION ÉLÉMENTAIRES.

Il est presque inutile de dire que le courant obtenu par un mouvement de 1 degré de l'armature à partir du contact ou dans son voisinage, est plus énergique que celui obtenu par un mouvement angulaire égal en partant de 15°, de 20° ou de 40°; il est évident que l'action de l'armature est moindre à mesure que sa distance est plus grande.

Mais la première action, celle qui résulte de la rupture du contact, est de beaucoup la plus énergique; aussi est-ce une condition importante à remplir dans la construction de l'exploseur que d'établir un contact absolument parfait entre l'armature et les surfaces polaires de l'aimant.



### APPLICATION DE L'EXPLOSEUR A L'EXPLOSION DES MINES.

Le courant d'induction développé par cet instrument suffit à mettre le feu à des amorces du système combiné par le colonel Ebner, du génie autrichien (*fig. 3*). Ces amorces présentent deux fils de cuivre auxquels aboutissent les conducteurs venant de l'exploseur; ces deux fils sont isolés l'un de l'autre et maintenus par une masse de soufre et de verre fondus ensemble; entre leurs extrémités intérieures on place une poudre fulminante composée de chlorate de potasse, de sulfure d'antimoine et de charbon; l'amorce est fermée par un simple bouchon de liège.



Fig. 3.

La poudre fulminante est quelque peu conductrice et on admet que l'inflammation a lieu par suite de l'échauffement de la matière à raison de la résistance considérable qu'elle oppose au passage du courant.

L'exploseur de petite dimension, aimant de 15 centimètres de long, ne peut enflammer qu'une seule amorce; mais on verra que l'appareil pourvu d'une addition fort simple devient capable d'enflammer jusqu'à 4 ou 5 amorces disposées en chapelet.

### APPLICATION DE L'APPAREIL A LA TÉLÉGRAPHIE ORDINAIRE ET MILITAIRE (Syst. Morse).

L'appareil que nous venons de décrire sous le nom d'exploseur est susceptible d'être employé comme manipulateur Morse d'induction.

Le récepteur Morse doit être à la vérité d'une construction particulière; on peut employer celui qu'a imaginé M. Siemens pour fonctionner avec un manipulateur analogue.

On peut également employer celui que nous avons disposé et que nous nous bornons à décrire ici d'une manière sommaire.

Le courant produit par le manipulateur au moment de l'arrachement détermine un premier mouvement de l'armature qui quitte sa position de repos et amène la molette encreur au contact du papier mobile.

Aussi longtemps que l'armature reste éloignée de l'aimant, la molette



continue à appuyer sur le papier et à faire un trait; quand on ramène l'armature du manipulateur au contact de l'aimant, le second courant produit détermine un second mouvement de l'armature du récepteur et écarte la molette du papier.

De cette façon on a produit sur le papier un trait d'une longueur correspondante à la durée de l'écartement de l'armature du manipulateur, et pour faire un point il n'y a qu'à réduire beaucoup cette durée.

On voit donc que la manipulation est, avec cet appareil, précisément la même qu'avec les appareils Morse ordinaires, fonctionnant avec des piles.

Cette application n'est pas sans intérêt surtout pour la télégraphie militaire, car à la guerre il est fort important de réduire le poids des instruments et d'éviter l'emploi de tout objet fragile. Or la pile la plus réduite aura toujours un poids considérable par rapport à celui de l'appareil qu'elle doit faire fonctionner, et de plus, si l'un des vases qui la composent vient à casser, la fonction du télégraphe tout entière est compromise. Les piles nécessitent d'ailleurs un entretien dont on est tout à fait dispensé par l'emploi des appareils magnéto-électriques.

La description du manipulateur magnéto-électrique de Siemens, que nous avons cherché à remplacer, convaincra le lecteur de la plus grande simplicité du nôtre et de sa plus grande légèreté. On la trouvera dans le *Traité de télégraphie* de M. Du Moncel, 1864, ou mieux, dans la *Télégraphie électrique* de M. Sabine, ouvrage anglais.

#### EXTRA-COURANT.

On a de tout temps observé qu'au moment de la rupture du circuit d'une pile, une étincelle saute entre les deux parties qu'on sépare; tandis que, avant la fermeture du circuit, si près qu'on rapproche les deux électrodes, on n'observe jamais que l'électricité franchisse l'intervalle qui les sépare (1).

---

(1) L'affirmation faite ici a été contredite par la belle expérience de M. Gassiot, qui a obtenu des étincelles de 1 millimètre avec 4,000 éléments de Grove, pour l'isolement desquels il avait pris des soins tout spéciaux. Notre affirmation, déplacée s'il s'agissait de la théorie de l'électricité, représente le fait général ou habituel.



Ce phénomène est expliqué généralement en disant que l'étincelle à la rupture du circuit est due non pas au courant même de la pile, mais au courant qu'il induit dans son circuit au moment de la rupture.

Cette explication est rendue vraisemblable par le fait montré par M. Masson, que si on intercale dans le circuit de la pile un fil long et enroulé sur une bobine, chacune des spires agit par induction sur les autres, et l'étincelle de rupture devient plus brillante.

On la rend plus forte encore en mettant un barreau de fer doux dans la bobine; ce fer doux, au moment de la rupture du courant, se désaimante et agit aussi par induction sur les sphères de fil qui l'entourent.

On appelle *extra-courant* le courant produit dans un circuit, au moment de sa rupture, par l'induction du courant qui le traversait.

Ce courant est de même sens que le courant inducteur, on le démontre d'une façon fort élégante (1) pour les courants de pile; nous en donnerons une démonstration fort simple pour le cas spécial qui nous intéresse. (Voir page 12.)

Les courants de pile ne sont pas les seuls qui au moment de leur rupture donnent lieu à un autre courant; les courants d'induction en produisent également. Mais en général l'extra-courant est confondu avec le courant d'induction, à cause de leur instantanéité; nous verrons cependant tout à l'heure qu'on peut les distinguer.

#### TENSION RELATIVE CONSIDÉRABLE DE L'EXTRA-COURANT.

Ce qui distingue l'extra-courant, ce qui l'a fait apercevoir longtemps avant qu'on lui donnât un nom, c'est qu'il donne des étincelles d'une certaine longueur, tandis que le courant de pile n'en donne pas.

Cela revient à dire que sa tension est beaucoup plus grande que celle du courant qui lui a donné naissance.

On est donc conduit, dans les applications qui demandent de la tension plutôt que de la quantité, à employer l'extra-courant plutôt que le courant lui-même.

---

(1) Voir Gavaret, *Traité d'électricité*, t. II, p. 186.



## EMPLOI DE L'EXTRA-COURANT DANS L'EXPLOSEUR MAGNÉTO-ÉLECTRIQUE.

Nous avons montré, pages 7 et 8, que la production du courant dans l'exploseur dure autant que le mouvement de l'armature.

La figure 2 montre un ressort R porté par le manche de l'armature et appuyant sur l'extrémité de la vis *v*, portée par un pont. Pendant une partie du mouvement de l'armature, le ressort continue d'appuyer sur ladite vis, et ce n'est que vers la fin de son mouvement que la séparation a lieu.

Or, les deux extrémités du fil des bobines aboutissent l'une au ressort R, l'autre à la vis *v*; par conséquent, aussi longtemps que le contact de ces deux pièces dure, le circuit est fermé sur lui-même et aucune manifestation du courant ne peut avoir lieu.

Quand ce contact de court circuit est rompu, le courant est envoyé sur la ligne, et non pas seulement le courant qui se produit pendant le mouvement qui s'accomplit encore, mais l'extra-courant du courant d'induction qui s'est produit pendant la première partie du mouvement.

### MESURE DE L'EXTRA-COURANT.

Il suffit de placer les doigts sur les bornes terminales de l'instrument pour faire la comparaison du courant et de l'extra-courant; si on place un papier entre le ressort R et la vis *v*, on supprime l'extra-courant et on rend l'action de l'instrument à peine appréciable aux doigts mouillés; tandis que l'extra-courant donne une secousse assez vive même si les doigts sont secs.

Par contre, la déviation obtenue au galvanomètre est moindre avec l'extra-courant qu'avec le courant, parce que l'action a trop peu de durée et que l'inertie de l'aiguille n'a pas le temps d'être vaincue.

Mais la déviation étant toujours de même sens, on voit que le sens de l'extra-courant est le même que celui du courant magnéto-électrique.

### ACTION SUR LES AMORCES.

Tandis que l'appareil simple ne peut enflammer qu'une amorce d'Ebner, on réussit à en enflammer quatre ou cinq placées en chapelet dans le circuit quand on emploie l'extra-courant.



### MESURE-ÉTINCELLES.

Quand on fait travailler l'appareil à vide, c'est-à-dire sans que le circuit extérieur soit fermé, on voit une étincelle assez brillante sauter entre le ressort  $R$  et la vis  $v$ ; quand au contraire le circuit extérieur est fermé, soit par le galvanomètre, soit même par des amorces (dont la résistance est énorme) l'étincelle disparaît à la vis  $v$ , et le courant passe par la voie qui lui est ouverte.

Si, au lieu de fermer le circuit, on le remplace par un petit appareil à vis micrométrique destiné à mesurer les étincelles, on voit deux étincelles simultanément, l'une à la vis  $v$  et l'autre à l'appareil mesureur. Il est facile de comprendre que le partage du courant ne se fait pas également entre ces deux voies et que la plus grande partie passe à la vis  $v$ ; en effet, si petite que soit la distance  $D$  des pointes du mesure-étincelle, elle est notable et le courant n'y peut passer que quand la distance du ressort  $R$  à la vis  $v$  est devenue plus grande que  $D$ ; pendant le temps qui s'écoule entre la rupture du contact en  $R-v$ , jusqu'au moment où le partage commence à se faire, il est clair que la plus grande partie a passé entre  $R$  et  $v$ ; et on comprend même que c'est au début de cette période que la décharge a été la plus considérable, puisque la distance à parcourir pour l'étincelle était moindre et qu'en même temps la tension électrique était plus grande.

On voit donc que l'étincelle mesurée avec le *mesure-étincelle* ne montre pas l'effet total de l'appareil; il est cependant intéressant de la mesurer, car on arrive par ce moyen à comparer les appareils entre eux d'une manière plus satisfaisante que par l'emploi du galvanomètre.

### DERNIÈRE FORME DE L'EXPLOSEUR.

Nous avons trouvé avantage à placer les bobines de l'exploseur non pas sur les branches de l'aimant, mais sur des cylindres de fer doux vissés dans l'aimant. Nous avons constaté que dans cette disposition le mouvement du pôle dans les bobines est plus considérable.

Cette disposition nous a permis d'ailleurs de supprimer la partie centrale des bobines; les joues (en bois) sont vissées sur le fer doux et par suite le



fil est enroulé sur le fer sans interposition d'une pièce qui augmente la distance entre le fer inducteur et les spires induites.

Notons en passant qu'il est important que les bobines soient faites en bois et non pas en métal, parce que les courants d'induction y prendraient naissance au détriment de l'effet utile de l'instrument.

On remarquera enfin un verrou X qui peut se glisser sous le manche de l'armature. Cette addition nous a été demandée par les officiers du génie militaire anglais ; elle a pour objet d'éviter les accidents qui pourraient résulter d'un coup donné par inadvertance à l'appareil quand il est lié à des amorces placées dans une masse de poudre ou dans des canons.

Tant que le verrou est poussé, rien n'est à craindre ; l'appareil ne peut agir que quand on a tiré le verrou.

#### AVANTAGES DE L'EXPLOSEUR.

L'appareil que nous venons de décrire est très-portatif ; le modèle courant, qui fait partir cinq amorces bien choisies, ne pèse que 7 kilog. 1/2.

Il présente une poignée en cuir qui en rend le transport commode.

L'exploseur est l'appareil magnéto-électrique le plus simple qu'on puisse imaginer ; car il faut dans tout appareil de ce genre un aimant, un fer doux et du fil enroulé, et il faut que l'un de ces trois organes soit mobile. Dans notre appareil la pièce mobile est la plus petite des trois. Il paraît peu susceptible de dérangement, à raison de sa simplicité.

L'addition pour avoir l'extra-courant est, à la vérité, une légère complication, mais les organes qu'elle comporte sont très-solidement fixés et ne paraissent pas devoir se déplacer.

L'appareil, d'ailleurs, peut et doit être toujours fermé ; il n'y a aucune raison pour enlever la boîte qui le recouvre.

Cet instrument est enfin beaucoup meilleur marché que tous ceux qui ont été construits pour le même objet.

Comme tous les appareils magnéto-électriques, il est toujours prêt à fonctionner et ne demande aucun entretien ; de plus, l'armature est en contact permanent avec l'aimant, et par suite l'idée d'un affaiblissement avec le temps est écartée. Ce sont là des avantages qui le feront préférer dans bien des cas à la bobine d'induction, quoiqu'elle donne des effets beaucoup plus considérables (à prix égal) ; l'embaras que donne l'emploi des piles de Bunsen ou de Grove est fort sérieux en dehors des cabinets de phy-



sique, et inadmissible pour les applications du génie militaire, où il faut nécessairement des appareils portatifs, toujours prêts à agir instantanément.

#### PORTÉE DE L'APPAREIL.

L'exploseur a une résistance de 200 kilomètres environ, soit de 2,000 ohms ou de 2,000 unités Siemens; on peut donc penser que ses effets seront peu affaiblis par l'addition d'un circuit assez long.

Les amorces ont au minimum 8,000 kilomètres de résistance (80,000 ohms); si donc on en fait partir cinq à la fois, on voit que chacune d'elles peut faire explosion dans un circuit de 32,000 kilomètres de fil de fer 4 millimètres.

Nous avons eu l'occasion, en 1868, de faire sauter des amorces de Paris à Rouen (ligne télégraphique de 120 kilomètres environ de fil de 4 millimètres ou n° 8 anglais, avec retour par la terre).

Au commencement de l'année 1869, M. R. Francisque Michel en a fait sauter de Paris à Bordeaux (585 kilomètres).

#### ÉPREUVE DES AMORCES.

Avant d'employer les amorces, il est prudent de les vérifier; cette épreuve se fait en les plaçant dans le circuit d'un courant de quelques éléments Daniell (la dimension de ces éléments peut varier beaucoup sans inconvénient, mais celle adoptée pour la télégraphie en France est très-convenable) et en appréciant ce courant au moyen d'un galvanomètre. Celui que nous recommandons a 1,000 tours de fil et une seule aiguille d'acier de 80 millimètres de longueur; les indications sont lues sur un cadran parcouru par une aiguille de cuivre mise en croix avec l'aiguille aimantée.

L'aiguille est suspendue par un fil de cocon, et nous avons disposé au-dessous un plateau de cuivre commandé par une vis, au moyen de laquelle on soulève le plateau et on appuie l'aiguille contre la partie supérieure du cadre, ce qui a l'avantage de permettre le transport du galvanomètre, sans danger de casser le fil suspenseur.

Les amorces n'ont pas toutes la même conductibilité; celles qui en ont



trop et celles qui en ont trop peu sont les moins bonnes; il est difficile de fixer des règles absolues sur ce point; mais il est utile de remarquer que, si on veut faire partir plusieurs amorces dans un même circuit, il faut les choisir entre deux limites afin que le circuit total n'ait pas une résistance exagérée qui ferait manquer les amorces les plus conductrices et ne permettrait de sauter qu'aux plus résistantes.

Il y a également avantage à employer dans un même circuit des amorces d'une résistance sensiblement égale.

Il va sans dire d'ailleurs qu'il est inutile de mesurer exactement ces résistances, en unités (kilomètre, ou Association britannique, ou toute autre); il suffit de comparer les résistances des différentes amorces entre elles par l'angle qu'elles donnent au galvanomètre.

Il faut prendre quelques précautions quand on fait ces expériences, car il arrive parfois que le courant de la pile fait sauter les amorces; ces explosions n'offrent d'ailleurs de danger que si l'on met les yeux juste au-dessus de l'amorce.

#### AMORCES D'ABEL.

M. Abel, professeur à l'école du génie de Woolwich, a imaginé une disposition très-avantageuse pour les amorces, et celles qui se fabriquent sous son inspiration sont d'une très-grande sensibilité. La poudre dont il fait usage est un mélange de chlorate de potasse, de sous-phosphure et de sous-sulfure de cuivre, délayés dans de l'eau gommée (1).

La forme la plus simple et la plus perfectionnée de ces amorces est la suivante: deux fils de cuivre d'un demi-millimètre de diamètre sont placés à

---

(1) On peut consulter avec profit sur la question des amorces un mémoire de M. Klein, lieutenant du génie, publié dans le *Mémorial de l'officier du génie*, n° 17, 1864.

Voir les proportions du mélange qui constitue la poudre employée par M. Abel, telles que nous les trouvons dans la *Revue maritime et coloniale*.

Sous-sulfure de cuivre. . . . .	64	} 100 parties.
Chlorate de potasse. . . . .	22	
Sous-phosphure de cuivre. . . . .	14	



un millimètre de distance environ l'un de l'autre dans un fil de gutta-percha de 4 millimètres de diamètre; ils se trouvent donc parfaitement isolés l'un de l'autre et maintenus à une distance convenable; à l'une des extrémités, les deux fils de cuivre sont dégagés sur un demi-millimètre de longueur environ et entre ces deux pointes on place la poudre fulminante dont nous avons parlé plus haut, qu'on maintient dans une petite capsule cylindrique d'étain.

A l'extrémité opposée, les fils sont dégagés également de la gutta-percha et peuvent être attachés aux conducteurs aboutissant à l'exploseur.

Ces amorces rudimentaires servent aux expériences de cabinet; pour l'inflammation des mines on les met dans un petit moule de bois qui contient de la poudre ordinaire et qui est fermé avec un bouchon; pour mettre le feu aux canons enfin on ajoute encore un petit tuyau de plume qui entre dans la lumière et qui contient du pulvérin.

Les amorces d'Abel sont les plus sensibles de toutes celles qu'on a essayées jusqu'à ce jour: elles sont moins résistantes que celles que nous avons faites sur le type du colonel Ebner.



## DEUXIÈME PARTIE

### DES TORPILLES.

On donne ce nom à des engins sous-marins qui ne sont que de simples récipients qu'on charge de poudre et qui doivent, par leur explosion, détruire les navires qui passent ou au contact ou dans leur voisinage.

Ces engins ont reçu le nom de torpilles (1) parce qu'on détermine généralement leur explosion par l'emploi de l'électricité; il y a cependant des appareils de ce genre qui agissent sans l'intervention d'appareils électriques.

Les torpilles se classent en *automatiques* ou *de choc* et en *dormantes* ou *de fond*. Les premières sautent au moment où un navire les choque; elles peuvent être électriques ou chimiques. Les autres sont dites *dormantes* parce qu'elles sont immobiles sur le fond ou à un niveau invariable.

Les torpilles *dormantes* ne font explosion qu'au commandement des officiers chargés de ce service; elles sont nécessairement électriques, car il faut toujours les enflammer à grande distance. En général, pour avoir la certitude que le moment opportun est arrivé pour faire feu, il faut avoir deux observatoires communiquant par un système télégraphique et dont les lignes de visée, déterminées à l'avance, se croisent sur les points défendus.

### EXPLOSION D'UNE TORPILLE.

L'explosion d'une mine sous-marine présente un tableau extrêmement frappant et qui offre sans doute une grande variété.

Il y a cependant certains traits généraux que nous pouvons tracer d'après

---

(1) Ce nom est celui d'un poisson qu'on trouve surtout en Amérique, et qui a la faculté de donner de fortes décharges électriques.



les souvenirs très-vifs que nous ont laissés les expériences auxquelles nous avons concouru (1).

L'eau est soulevée à une grande hauteur, qui dans certains cas peut aller jusqu'à 60 mètres. La projection se fait sur une très-petite étendue, de telle sorte qu'à une faible distance de l'explosion on ne court aucun danger.

On comprend d'ailleurs que le rayon d'action d'une torpille, et sa puissance destructive dépendent de diverses circonstances; ils varient :

1<sup>o</sup> Avec la quantité de poudre qu'elle contient et la nature de cette poudre;

2<sup>o</sup> Suivant que la torpille est remplie ou non de la poudre; il y a grand avantage à ce qu'il y ait un espace vide dans la torpille;

3<sup>o</sup> Suivant la profondeur à laquelle la torpille est placée et suivant qu'elle repose sur le fond ou qu'elle est placée entre deux eaux;

4<sup>o</sup> Probablement aussi avec la nature du fond;

5<sup>o</sup> Enfin avec la forme de la torpille et la résistance des différentes parties de sa surface.

Il est probable que d'autres circonstances qui nous échappent ont aussi une influence sur le résultat de l'explosion.

Un phénomène extrêmement curieux est la production d'une seconde projection d'eau, un instant après la première, mais cependant avant que la première eau projetée soit arrivée au point culminant de sa course. On peut même démêler une troisième projection, qui suit de très-près la seconde, mais qui soulève l'eau à une hauteur beaucoup moindre.

La première projection mène l'eau plus haut, la seconde nous a paru en soulever une plus grande quantité. Dans les expériences auxquelles nous avons assisté, les deux départs d'eau étaient faciles à distinguer, parce que

---

(1) Ces expériences ont été faites dans la grande pièce d'eau, sorte de petit lac, du parc de Villeneuve-l'Étang, au mois de juin 1866.

Elles furent faites une première fois à titre d'essai, puis répétées quelques jours après devant l'Empereur. Elles étaient dirigées par le capitaine Maury, de la marine américaine, connu par ses admirables travaux d'hydrographie, et qui avait été chargé, pendant la guerre civile des États-Unis, de défendre les rivières du Sud contre les flottes du Nord. Ces expériences, qu'on avait voulu d'abord tenir secrètes, ont été vues par un grand nombre d'officiers, d'ingénieurs de la marine, et même de curieux; elles ont été l'objet d'articles nombreux dans les journaux; on en a même publié des illustrations. Nous ne publions rien qui ne soit su de tous ceux qui ont voulu se tenir au courant de la question; nous ne faisons même pas connaître le procédé fort ingénieux proposé par le capitaine Maury, quoiqu'il ait été exposé dans la *Revue maritime et coloniale*, par la raison qu'il ne semble pas destiné à être employé.



le fond était vaseux; la première eau soulevée était limpide, la seconde était vaseuse. Cette division du soulèvement total en deux ou plusieurs parties est, croyons-nous, facile à expliquer. Au premier moment de l'explosion, l'eau qui est placée directement au-dessus de la torpille est soulevée verticalement, parce que la verticale est la direction de moindre résistance; voilà la première projection. Mais en même temps l'eau qui entoure la torpille dans toutes les autres directions est repoussée, et, aussitôt l'explosion terminée, cette eau revient de toutes parts vers le point d'où le choc est parti; cet afflux considérable d'eau sur un même point, dans des directions opposées produit un second choc, d'où résulte dans la direction de moindre résistance, c'est-à-dire dans la verticale, un second soulèvement de l'eau, et voilà la seconde projection. Ce second soulèvement de l'eau n'est pas le seul résultat du brusque retour de l'eau sur le point qu'occupait la torpille; il se fait en même temps dans le sens horizontal un second mouvement de recul, une sorte de rebondissement, suivi d'un second retour qui produit la troisième projection. Cette troisième projection n'est certainement pas la dernière, elle est suivie d'autres soulèvements de l'eau qui vont toujours en diminuant d'importance et qui sont d'ailleurs dissimulés par la chute des masses d'eau soulevées les premières; ce sont de vrais mouvements oscillatoire.

En examinant de près cette explication, on trouvera, pensons-nous, qu'elle rend compte de la plus grande hauteur à laquelle l'eau est soulevée dans la première projection et de la plus grande masse soulevée dans la seconde projection.

#### TORPILLES MÉCANIQUES (1).

Il faut remonter jusqu'au siège d'Anvers par le duc de Parme en 1583 pour trouver les premières explosions de charges de poudre à canon placées sous l'eau.

En 1628, devant la Rochelle, les Anglais employèrent des torpilles automatiques ou de choc contre les vaisseaux français.

---

(1) Cette note est traduite de l'anglais. Elle est tirée d'une brochure de M. Abel, professeur à Woolwich. — On some applications of electricity to naval and military purposes. — Leçon faite le 12 mars 1869, à l'Institution royale.



Depuis cette époque jusqu'en 1854, des combinaisons plus ou moins ingénieuses et plus ou moins pratiques ont été proposées, de temps à autre, pour l'explosion des torpilles, soit, à un moment déterminé, au moyen d'un mouvement d'horlogerie, soit par le choc des navires.

Les Russes furent les premiers qui appliquèrent avec quelque chance de succès les torpilles automatiques à combinaison mécanique; et il est probable que si celles employées à la défense de la Baltique avaient eu de plus grandes dimensions (elles ne contenaient que de 4 à 5 kilogrammes de poudre), elles auraient causé de grands dommages aux navires anglais qui les ont heurtées et qui les ont fait sauter.

Un grand nombre de combinaisons mécaniques ont été essayées par les Américains pendant la dernière guerre pour produire l'explosion des torpilles par leur collision avec un navire, et quelques-unes d'entre elles se sont trouvées très-efficaces. A la vérité, au point de vue de la simplicité et de l'économie, l'emploi des torpilles mécaniques présente des avantages évidents sur tout agencement dans la combinaison duquel entre l'électricité; mais elles présentent de très-grands dangers pour ceux qui en font l'application, et elles peuvent dans bien des circonstances devenir aussi meurtrières pour les navires nationaux que pour ceux de l'ennemi. Et d'abord c'est une opération fort périlleuse que celle de mouiller et d'amarrer des torpilles, dont l'explosion dépend du choc du premier navire qui viendra à passer. On peut, il est vrai, écarter ce danger par l'emploi de quelque mécanisme propre à rendre l'explosion inefficace avant le moment où la torpille est placée; mais l'application d'un préservateur de cette espèce augmente beaucoup l'incertitude de la réussite, définitive.

Il est d'ailleurs évident que, une fois ces torpilles en place, elles exposent aux mêmes dangers les navires nationaux et ennemis, et par conséquent leur emploi à la défense d'un passage maritime le ferme complètement jusqu'à ce que les torpilles aient été détruites ou enlevées; en outre, leur enlèvement est un des services les plus dangereux auxquels on puisse employer les hommes.

Ajoutons enfin qu'il y a eu en Amérique, depuis la fin de la guerre, plusieurs navires détruits par des torpilles mécaniques oubliées dans les eaux qu'elles avaient défendues et dont on les croyait entièrement débarassées.

On a fait dans ces derniers temps quelques perfectionnements dans les combinaisons mécaniques et chimiques appliquées aux torpilles automatiques; le placement pourrait être fait sans aucun danger, et les torpilles ne seraient rendues actives qu'au moment voulu par une opération simple.



Mais l'exclusion complète des navires amis et les difficultés qui accompagneront toujours l'enlèvement des torpilles devenues inutilisables, constituent encore deux objections formidables contre l'emploi des torpilles mécaniques, excepté pour la défense de passages qui ne servent pas habituellement à la navigation, mais qui peuvent être choisis en temps de guerre par des navires d'un faible tirant d'eau.

#### TORPILLES ÉLECTRIQUES (1).

La possibilité d'appliquer l'étincelle électrique à l'inflammation de la poudre fut démontrée par Franklin en 1751 et par Priestley en 1767; mais ce ne fut que quelques années après la découverte de la pile par Volta que des essais sérieux furent faits sur l'application de l'électricité à l'art militaire et à la navigation. La première application pratique de ce genre de la pile de Volta fut faite, il y a un peu plus de trente ans, par le génie français; quelques années plus tard on en fit en Angleterre d'heureux emplois à des opérations de destruction, comme à celle du *Round Down Cliff*, à Douvres, et à celle de la carcasse du *Royal-George* coulé depuis longues années à Spithead. La méthode adoptée dès lors a été suivie jusqu'à ces derniers temps par le génie militaire anglais, et est même employée encore quelquefois quoiqu'elle ait été généralement abandonnée pour d'autres procédés qui présentent d'importants avantages. Elle consiste à placer dans une amorce chargée de poudre une petite spire de fil très-fin et de métal peu conducteur (platine ou fer) aux deux extrémités de laquelle aboutissent des fils conducteurs qui viennent de la pile. Dans ces conditions, le fil de l'amorce s'échauffe et peut être porté au rouge ou même fondu; d'où résulte la possibilité d'enflammer la charge de poudre au moment voulu en fermant le circuit. Un certain nombre de ces amorces peuvent être enflammées simultanément dans un même circuit.

L'emploi de ces dispositions, c'est-à-dire d'un courant voltaïque de faible tension, réalisait un progrès énorme sur les anciens procédés d'inflammation des mines au moyen de traînées de poudre ou de fusées à combustion lente. Mais leur application à l'art militaire présente quelque

---

(1) Traduit de l'anglais; M. Abel, ouvrage cité.



difficulté et quelque incertitude résultant des causes suivantes ; les piles sont irrégulières dans leur action, ou en d'autres termes elles ne sont pas constantes ; leur transport et leur entretien donnent des embarras ; le succès de l'opération dépend du soin et de l'habileté des agents au montage ; et enfin il faut augmenter considérablement leur énergie quand un certain nombre de charges doivent être enflammées simultanément et quand cette inflammation doit se faire à grande distance.

#### VÉRIFICATION DES TORPILLES.

Il est fort important de vérifier de temps à autre l'état des fils qui aboutissent aux torpilles, sans les relever.

Pour cela il suffit d'étudier le circuit au moyen d'un galvanomètre et d'une pile extrêmement faible.

M. Abel dit : « En fait on peut transmettre des signaux de l'une à l'autre des stations en passant par les amorces d'une torpille immergée et prête à sauter à la volonté des officiers placés dans ces stations. » Mais, cependant, nous avons l'expérience qu'il ne faut employer ce moyen qu'avec une grande prudence ; il faut faire usage d'un galvanomètre très-sensible et d'un très-faible courant.

De cette façon on peut s'assurer à tout instant du bon état des engins pris dans leur ensemble, et si, à la veille d'une attaque, on s'aperçoit que une ou plusieurs torpilles sont douteuses, on est sur ses gardes et on modifie ses plans de défense en conséquence.

Ce qui précède ne s'applique bien entendu qu'aux torpilles électriques ; nous ne croyons pas qu'il y ait aucun moyen de vérifier à distance les torpilles mécaniques ou chimiques, qui sont cependant, comme toute machine marine, exposées à des causes d'avarie et de destruction.

#### ACTION DESTRUCTIVE DES TORPILLES.

Nous extrayons de diverses publications, et notamment du *Treatise on Coast Defence* de M. Von Scheliba, les renseignements suivants sur les effets des torpilles.

Les torpilles automatiques, qui font explosion par le choc des navires,



peuvent ne contenir que 25 à 30 kilogrammes de poudre, pourvu que la poudre soit renfermée dans des enveloppes d'une force suffisante, par exemple dans des caisses de fonte de fer de 12 millimètres d'épaisseur ou dans des barils de chêne dont les douves aient 2 centimètres 1/2 d'épaisseur et soient liées par des bandes de fer de 7 millimètres.

L'effet d'une torpille est plus grand sur le fond d'un navire que sur ses flancs.

Quand une torpille ne fait pas explosion au contact même du navire, son effet paraît décroître comme le cube de la distance.

Pour que les torpilles soient aussi efficaces que possible, il faut les mettre sur plusieurs rangs et en échelon; il faut surtout ne pas les placer trop près de la surface de l'eau, ni leur donner une forme qui occasionne des remous, indice certain pour l'ennemi de la présence d'un danger à éviter. Il convient en outre de mettre des bouées çà et là pour induire l'ennemi en erreur.

Il faut d'ailleurs reconnaître que des navires décidés à passer pourront toujours forcer une ligne de torpilles; en effet, ils se rangeront en file; un, deux, trois, etc., pourront sauter, les autres passeront; c'est dans ces conditions que l'amiral Farragut est entré à Mobile. Le cas serait différent si le chenal était étroit et peu profond, car alors le premier navire coulé forme obstacle pour ceux qui suivent.

Les torpilles peuvent être placées dans toute espèce de chenal ou entrée de port, avec facilité et promptitude, au premier moment du danger et avant qu'on ait eu le temps de construire toute autre défense; à terre, sur les glacis des fortifications, sur les points par lesquels l'ennemi est supposé devoir attaquer et enfin au pied des brèches, afin de rendre l'assaut impraticable.

#### GUERRE D'AMÉRIQUE.

Pendant la guerre civile d'Amérique, vingt-cinq vaisseaux fédéraux furent détruits et neuf avariés par des torpilles; les Confédérés perdirent trois vaisseaux qui furent accidentellement coulés par leurs propres torpilles et un vaisseau coulé par une torpille des Fédéraux.

Cette inégalité des pertes répond bien au caractère de la guerre, qui fut, du moins sur mer, offensive de la part des flottes du Nord et défensive du côté des Confédérés.

Cette terrible expérience montre bien que les torpilles sont une arme



défensive; elle démontre en outre, croyons-nous, que cet engin est excessivement destructif, mais beaucoup moins meurtrier.

On voit, à la vérité, que pendant l'attaque de Mobile le 5 août 1864, le monitor *Tecumseh*, de la flotte fédérale, « frappé par une torpille, « disparut presque instantanément dans les vagues, entraînant avec lui son « brave commandant et presque tout l'équipage. » Dans ce désastre, cent vingt hommes furent noyés, mais il ne semble pas qu'un seul périt au moment de l'explosion de la torpille. On est donc fondé à penser que le plus grand nombre aurait pu être sauvé si les autres navires de la flotte avaient porté secours.

Presque toutes les autres explosions de torpilles n'ont causé la mort que d'un petit nombre d'hommes.

Dans la rivière Yazoo, le 13 décembre 1862, le vaisseau cuirassé *Cairo* fut coulé par l'explosion de deux torpilles et disparut en douze minutes. Environ six hommes furent blessés, mais aucun ne fut tué.

Les 11 et 12 décembre 1864, dans la rivière Roanoke (Nouvelle-Caroline), deux navires fédéraux furent coulés au même endroit; « en « exécution de cet ordre, dit le Rapport, l'*Otsego* avait stoppé sa ma- « chine et allait jeter l'ancre quand une torpille éclata au-dessous de « ce navire, et un instant après, une autre fit explosion sous son canon à « pivot d'avant qui fut arraché du pont par le choc; le navire disparut « en quelques instants. Heureusement *personne ne fut tué* à bord de « l'*Otsego*, et à part quelques écorechures, personne ne fut blessé. L'*Otsego* « avait à son avant des poutres auxquelles était attaché un filet destiné « à saisir les torpilles; et on y en trouva effectivement deux après le « naufrage. Ce steamer s'était sans doute arrêté juste sur une rangée « de ces machines infernales...

« Le lendemain, quand le remorqueur *Baxley* s'approcha à quelques « mètres de l'*Otsego* (qui n'était qu'à quelques pieds au-dessous de « l'eau), une autre torpille éclata au-dessous de lui et il coula à côté de « l'*Otsego*.

« Par cette explosion, *deux hommes furent tués*, mais aucun des « officiers...

« Quand nous allons avancer, il sera nécessaire d'avoir un plus grand « nombre de vaisseaux; autrement nous ne pourrions pas surveiller la « rivière sur nos derrières, et les rebelles pourraient placer de nou- « velles torpilles et nous faire sauter au retour. »

Nous extrayons ce qui suit du rapport de l'amiral Dahlgren sur la perte du monitor *Patapsco*: « Il y eut un choc, le bruit d'une explosion, « un nuage de fumée à bâbord, et en moins d'une demi-minute le pont



« du *Palapasco* était sous l'eau... Cinq officiers et trente-huit hommes  
« furent sauvés; soixante-deux hommes ou officiers ont disparu. Les  
« survivants sont ceux qui se trouvaient sur le pont, sur la cabine du  
« pont... Aucun n'échappa d'en bas, que le mécanicien et les chauffeurs  
« de service. » Cette explosion est la plus meurtrière à notre  
« connaissance, car on ne peut nier que la mort de ces soixante-deux  
« hommes n'ait résulté directement de l'action de la torpille.

Nous terminons par le récit suivant qui nous a paru dramatique dans  
« sa simplicité : « Je saisis la première occasion de vous faire mon rapport  
« sur la perte du U. S. monitor *Milwaukie*, sous mon commandement,  
« dans l'après-midi du 28 mars 1863... J'étais revenu à moins de  
« 150 mètres du vaisseau cuirassé *Kickapoo* qui était à l'ancre, et je sup-  
« posais que le danger des torpilles était passé, car j'étais dans un point  
« que nos canots avaient balayé et exactement à l'endroit où le vais-  
« seau cuirassé *le Winnebago* avait tourné moins de dix minutes aupa-  
« ravant, quand je sentis un choc et je vis aussitôt qu'une torpille avait  
« fait explosion à bâbord, en arrière de la tourelle, et autant que j'en  
« pus juger alors, à 45 pieds de la poupe.

« Mon premier objet, après avoir reconnu l'impossibilité de sauver le  
« navire, fut de sauver l'équipage, et j'ai le bonheur d'annoncer que  
« nous n'avons pas eu à regretter la perte d'une seule personne.

« Il y eut naturellement quelque confusion au premier moment; les  
« écoutes étaient fermées, et trois seulement étaient pourvues de  
« leviers pour les ouvrir d'en bas; les hommes qui n'étaient pas sur le  
« pont dépendaient de ceux qui y étaient pour trouver d'autres moyens  
« de sortir; mais un seul commandement suffit à rétablir l'ordre, et  
« tout le monde arriva sur le pont tranquillement et en ordre. L'ar-  
« rière du navire coula en trois minutes autant que j'en pus juger,  
« mais l'avant ne s'emplit qu'environ une heure après, ce qui donna à  
« l'équipage le temps de sauver la plus grande partie de ses effets.

« J'ai l'honneur, etc. : J.-H. Gillis, lieutenant commandant U. S. N. »

Les Paraguayens ont défendu leur fleuve au moyen de torpilles et ont  
« coulé plusieurs navires brésiliens, notamment le vaisseau cuirassé *Rio-de-  
« Janeiro*.



### EMPLOI DE MINES ÉLECTRIQUES DANS LA CAMPAGNE DE CHINE.

La flotte française trouva, au mois d'août 1860, des chevaux de frise placés à l'entrée de la rivière du Pei Ho; il fut reconnu nécessaire au passage de faire disparaître l'un de ces obstacles. M. Trève, lieutenant de vaisseau (aujourd'hui capitaine de frégate), fut chargé de cette opération; il fit placer au-dessous de l'obstacle une charge de 20 kilogrammes de poudre et le fit sauter au moyen d'une bobine d'induction; le déchaussement fut ainsi obtenu, et l'enlèvement des poutres qui composaient le cheval de frise devint facile à l'aide de deux grands canots.

Le même officier, à quelques jours de là, fut chargé de faire sauter le grand fort de Pei Ho dont on s'était emparé, et qui était la clef des défenses accumulées par les Chinois à l'entrée de la rivière. Six fourneaux chargés de poudre enlevée aux Chinois furent employés à cette opération et furent enflammés simultanément par l'électricité d'induction.

### CONCLUSION.

En résumé, on voit que les torpilles, qui paraissent au premier abord un si terrible engin, sont essentiellement une arme défensive, et en outre qu'elles sont plus destructives que meurtrières, c'est-à-dire qu'elles ont plutôt pour effet de détruire les moyens d'attaque de l'ennemi que de tuer du monde.

On voit de plus qu'elles se présentent comme un procédé à l'usage des ingénieurs, et qu'elles peuvent en temps de paix rendre de grands services pour les travaux sous-marins.

---



### TROISIÈME PARTIE.

#### TÉLÉGRAPHE MAGNÉTO-ÉLECTRIQUE ALPHABÉTIQUE

De M. GUILLOT.

Nous avons dit qu'il n'était pas nécessaire que l'armature arrivât jusqu'au contact de l'aimant dans des instruments du genre de l'exploseur pour y développer des courants d'induction; il suffit que l'armature soit approchée, puis éloignée de l'aimant pour développer dans le fil des bobines, d'abord un courant d'induction qu'on peut appeler *d'approche*, puis un autre courant dit *d'arrachement*.

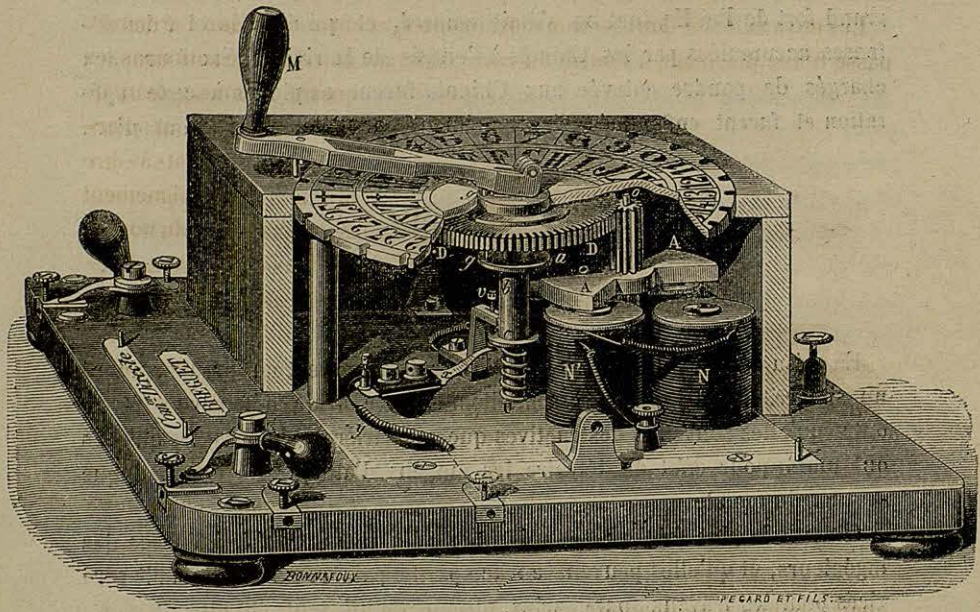


Fig. 4.

C'est sur ce principe qu'est fondé le manipulateur magnéto-électrique de M. Guillot.

#### MANIPULATEUR.

Le manipulateur représenté par la figure 4 diffère peu dans son aspect extérieur des appareils alphabétiques ordinaires; la manœuvre est la même



et consiste simplement à conduire la manivelle rapidement en s'arrêtant seulement sur les lettres qu'on veut transmettre; on verra cependant par la description de l'instrument qu'il est à peu près indispensable dans la manipulation de faire entrer la dent de la manivelle dans les crans du cadran à chaque lettre transmise.

La pièce principale de l'instrument est un aimant permanent représenté figure 5; on voit que chacun des faisceaux NN'P,SS'Q qui le composent est formé par la réunion de trois lames d'acier superposées, et que ces faisceaux sont tous deux fixés par des vis sur une semelle de fer doux P Q.

Sur les extrémités polaires de ces faisceaux sont montés quatre noyaux NN'SS' de fer doux qui portent des bobines chargées de fil isolé; on les place de telle sorte qu'ils soient aux quatre angles d'un carré parfait; une armature AA tourne autour de son centre de figure *o*, qui est en même temps celui du carré dont nous venons de parler.

Les noyaux de fer doux se trouvent aimantés, et chaque fois que l'armature passe d'une diagonale à l'autre du carré, il se produit des courants dans les

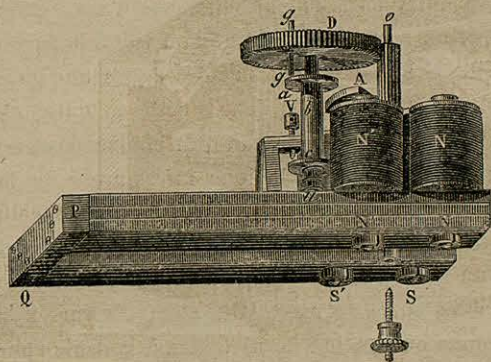


Fig. 5.

quatre bobines; deux de ces courants sont d'arrachement, c'est-à-dire produits par l'éloignement de l'armature et du noyau; les deux autres sont d'approchement; les premiers sont plus forts, les seconds plus faibles, mais la somme des quatre est toujours égale à elle-même; et cette somme est obtenue en réunissant convenablement les extrémités des fils des

quatre bobines de manière à ne former qu'un seul circuit.

Quand l'armature passe d'une position diagonale NS' à la suivante N'S, le courant produit est d'un certain sens; quand elle continue son mouvement et passe à la position SN', un second courant est produit de sens contraire au premier; en effet, le premier courant était d'arrachement dans les bobines N et S' et d'approchement dans les autres S et N', tandis que le second est d'approchement en S' et N et d'arrachement en N' et S, ou, en d'autres termes, parce que les deux arrachements d'un mouvement correspondent aux rapprochements de l'autre.



Le mouvement est donné à l'armature par un pignon de 20 dents porté sur son axe *o*, qui est conduit par une roue D de 130 sur l'axe de laquelle est montée la manivelle (*fig. 4*) entièrement semblable à celle des appareils alphabétiques ordinaires. Quand la manivelle fait  $1/26^{\text{me}}$  de tour (soit 5 dents de la roue), l'armature fait un quart de tour; ainsi quand la manivelle passe d'une lettre A à la suivante B, un courant est envoyé (positif par exemple); quand elle avance de B en C, un second courant est produit (négatif).

Nous n'avons pas besoin de le répéter ici, ces courants successifs et de sens contraire sont toujours instantanés; observons en outre que leur production a lieu au passage de chaque lettre à la suivante et seulement pendant le mouvement de la manivelle. Dans une révolution de la manivelle, il y a autant de courants que de lettres, c'est-à-dire 26, à savoir 13 courants dans un sens et 13 dans le sens opposé.

La disposition nouvelle adoptée pour la réception présente de grands avantages. La masse du manipulateur est en communication avec la ligne, comme dans tous les manipulateurs; on voit sur l'axe de la roue D une sorte de bobine *abc* qui est mobile, à frottement doux sur l'axe; cette pièce est sollicitée à monter par un ressort boudin U, qu'on voit à la partie inférieure; quand la manivelle M s'abaisse, elle fait descendre une goupille *gg* (*fig. 4 et 5*) qui est placée en avant de l'axe; cette goupille *gg* pousse la joue supérieure *a* de la bobine; par suite, la bobine descend malgré l'action contraire du ressort boudin; la joue inférieure *c* de la bobine vient alors appuyer sur le bout d'un ressort plat *x*, monté sur un bateau de caoutchouc durci qui permet d'en régler la position; ce ressort communique par le boudin *y* au bouton R du manipulateur, et par suite la communication se trouve établie entre la masse du manipulateur ou la ligne et le récepteur; on est donc en position de réception à la seule condition que la manivelle soit abaissée, et que la dent soit enfoncée dans les crans pratiqués à la circonférence du cadran du manipulateur. Il résulte de cette disposition, que la réception peut avoir lieu sur toutes les lettres, et non pas seulement de deux en deux, comme dans le manipulateur ordinaire à pile.

D'autre part, dès qu'on soulève la manivelle pour la faire tourner et transmettre une dépêche, la goupille *g* n'est plus maintenue vers le bas, et le ressort-boudin U soulève la bobine *abc* dont la joue inférieure vient alors appuyer contre la vis *v*, qui est en communication avec l'un des bouts du fil enroulé sur les bobines; tandis que l'autre bout *t* est en communication avec le bouton T et avec la terre. Par suite, aussi longtemps que la manivelle est soulevée, la communication est établie entre la ligne



et les bobines dans lesquelles se produit l'électricité, et tous les courants produits sont envoyés sur la ligne sans distribution, de telle sorte qu'on ne peut rien perdre de l'électricité produite.

Nous terminerons en disant que l'effort à faire, pour faire tourner l'armature devant les quatre pôles de l'aimant, est extrêmement petit, et que par suite la manipulation est extrêmement douce.

### RÉCEPTEUR.

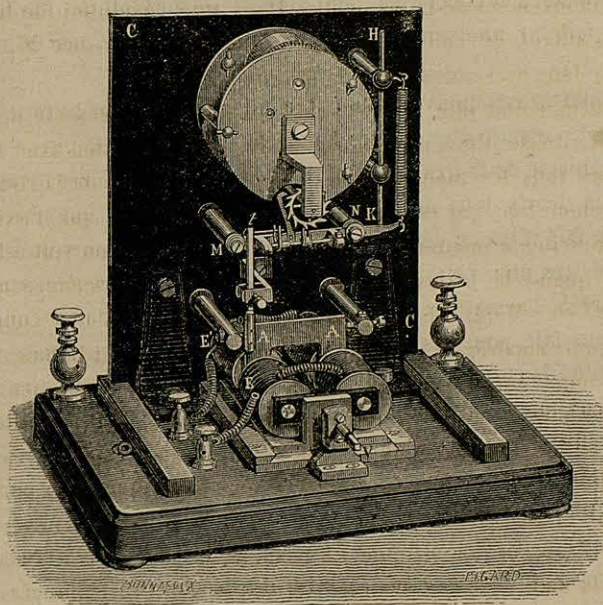


Fig. 6.

Pour fonctionner avec le manipulateur que nous venons de décrire, il faut un récepteur spécial, dit à *inversion*. La figure 6 représente cet instrument. Une armature d'acier aimantée AA, de la forme dite en fer à cheval, est placée entre deux électro-aimants E et E' qui sont parcourus simultanément par les courants envoyés à l'appareil. Ces électro-aimants sont disposés de telle sorte que les pôles opposés sont en regard; par suite, quand l'armature AA est attirée par l'un d'eux E, elle est repoussée par l'autre E'; si ensuite le sens du courant est renversé, les pôles changent de



nom, et celui qui repoussait l'armature dans le premier cas l'attire dans le second.

On comprend que chaque électro-aimant agit par ses deux pôles, dont chacun se trouve en regard d'un des pôles de l'armature.

On voit aussi que cette armature fait un mouvement à chaque envoi de courant, à la condition que les courants se succèdent en sens inverse, et enfin que cette armature, n'étant pas sollicitée par un ressort à revenir toujours à une position fixe, reste dans la position où la laisse le dernier courant transmis.

On comprend maintenant comment ce récepteur fonctionne avec le manipulateur à induction que nous avons décrit plus haut; chaque fois que la manivelle avance d'une lettre, un courant est produit, et l'armature du récepteur fait un mouvement, soit d'avant en arrière, soit d'arrière en avant.

Or, chacun de ces mouvements fait avancer d'une dent la roue d'échappement et par suite d'une lettre l'aiguille sur le cadran.

Le mécanisme de la remise à la croix d'un seul coup est le même que nous avons décrit dans notre *Manuel de Télégraphie*, quatrième édition (fig. 25 et 26). Chacun des électro-aimants est porté par un chariot et commandé par une vis; cette disposition permet de régler sa position, par rapport à l'armature, d'une manière très-parfaite; mais une fois ce réglage bien fait, pour des courants faibles ou affaiblis par une résistance considérable dans le circuit, tout réglage ultérieur devient inutile, parce que les deux mouvements contraires de l'armature sont produits par des courants renversés, mais d'une même intensité. C'est là un des principaux avantages de ces appareils sur ceux dans lesquels on emploie un courant et un ressort antagoniste; car, dans l'usage des appareils ordinaires, chaque fois que le courant transmis change d'intensité, il faut changer en conséquence la force du ressort, c'est-à-dire régler l'instrument, opération quelquefois longue entre les mains de gens inexpérimentés, et qui, en tous cas, entraîne une perte de temps.



# TABLE DES MATIÈRES

---

## PREMIÈRE PARTIE.

### APPAREILS.

Courants magnéto-électriques . . . . .	3
Courants d'induction . . . . .	4
Exploseur magnéto-électrique de Breguet . . . . .	5
Sur la non-instantanéité des courants induits . . . . .	7
Force relative des divers courants d'induction élémentaires . . . . .	8
Application de l'exploseur à l'inflammation des mines . . . . .	9
Amorces . . . . .	9
Application de l'exploseur à la télégraphie ordinaire et à la télégraphie militaire . . . . .	9
Extra-courant . . . . .	10
Tension relative considérable de l'extra-courant . . . . .	11
Emploi de l'extra-courant dans l'exploseur . . . . .	12
Mesure de l'extra-courant . . . . .	12
Action sur les amorces . . . . .	12
Mesure-étincelles . . . . .	13
Dernière forme de l'exploseur . . . . .	13
Avantages de l'exploseur . . . . .	14
Portée de l'appareil . . . . .	15
Épreuve des amorces . . . . .	15
Altération des amorces par le courant . . . . .	16
Amorces d'Abel . . . . .	16

---



## DEUXIÈME PARTIE.

### TORPILLES.

Préambule . . . . .	18
Explosion d'une torpille. . . . .	18
Torpilles mécaniques . . . . .	20
Torpilles électriques . . . . .	22
Vérification des torpilles. . . . .	23
Action destructive des torpilles . . . . .	23
Guerre d'Amérique . . . . .	24
Guerre du Paraguay . . . . .	26
Emploi de mines électriques dans la campagne de Chine. . . . .	27
Conclusion. . . . .	27

## TROISIÈME PARTIE.

### TÉLÉGRAPHES.

Télégraphe alphabétique magnéto-électrique de Guilloit. . . . .	28
Manipulateur. . . . .	28
Récepteur . . . . .	31





Escola Tècnica Superior  
d'Enginyers Industrials  
de Barcelona

BIBLIOTECA

Reg.<sup>e</sup> 32377

Sig.<sup>a</sup> 621.313.8

Bre

8e



