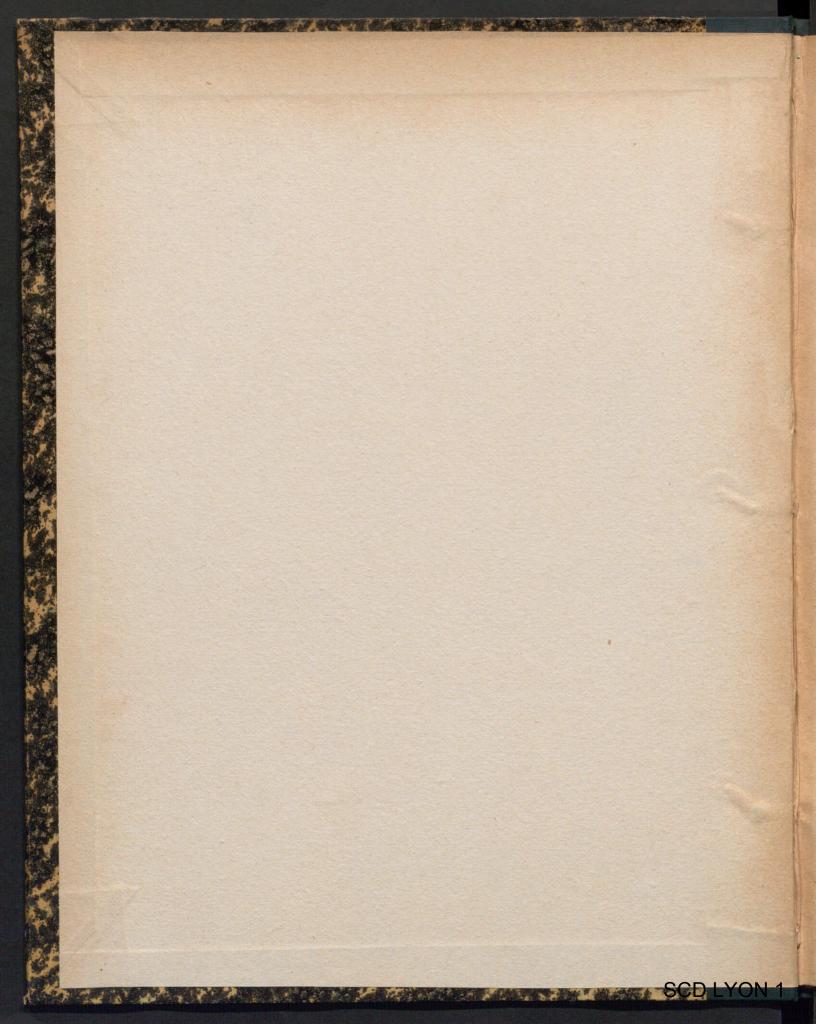
10 to CORPORATE CALLS (ANY NATIONAL PARTY AND NATIONAL PROPERTY.)







# THÈSES

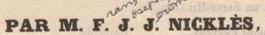
ACAPE

PRÉSENTÉES

## A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS,

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES PHYSIQUES,



LICENCIÉ ÈS SCIENCES PHYSIQUES.



THÈSE DE PHYSIQUE. Les Électro-aimants circulaires.

THÈSE DE CHIMIE. Recherches sur le Polymorphisme.

SOUTENUES LE 25 JUILLET 1853 DEVANT LA COMMISSION D'EXAMEN.

MM. DUMAS, Président.

DESPRETZ,

DELAFOSSE,

Examinateurs.



PARIS,

IMPRIMERIE DE MADAME VEUVE BOUCHARD-HUZARD,

RUE DE L'ÉPERON, 5.

1853

## ACADÉMIE DÉPARTEMENTALE DE LA SEINE.

### FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS.

LA FACULTE DES SCIENCES DE PARIS.

Doyen	MILNE-EDWARDS, professeur.	Zoologie, Anatomie, Physiologie.
Professeurs hono-	Le baron Thénard. Biot.	LE GRADE DE BOCTEUR
	Constant Prévost  Dumas  Despretz.  Sturm.  Delafosse  Balard  Lefébure de Fourcy	Géologie. Chimie. Physique. Mécanique. Minéralogie. Chimie. Calcul différentiel et intégral.
Professeurs.	CHASLES.  LE VERRIER.  DUHAMEL.  N.  GEOFFROY SAINT-HILAIRE.  LAMÉ.  DELAUNAY.  PAYER.  N.  N.	Géométrie supérieure. Astronomie physique. Algèbre supérieure, Physiologie végétale. Anatomie, Physiologie comparée, Zoologie. Calcul des probabilités, Physique, Mathématiq. Mécanique physique. Organographie végétale. Astronomie mathématique et Mécanique céleste. Physique.
Agrégés	Masson	Sciences physiques. Sciences mathématiques. Sciences naturelles
Secretaire.	E. P. REYNIER.	

MADEM 30 MADAME

### Les aimants permanents sont sujets à une défectuosité que l'un a bien soin d'eville dans la construction des électro a THESTE délectrosite réside dans en qu'on appelle les points conséquent TESTE L'almants circulaires en provoque. au contraire, les points conséquents, de telle sorte que ce qui est inconvénient chez les

# DE PHYSIQUE.

culaires par la forme, des rectilignes par le mode d'aimantation, et ménagoant, par

LES ÉLECTRO-AIMANTS CIRCULAIRES.

of the trasaux concernant les électro-aimants solent très-nombreux. la partie littéfalse de mes recherches a élé relativement peu considérable, puisque l'origine de Définitions. — Généralités.

uns peut devenir utilité chez les autres.

Par électro-aimants circulaires, j'entends un système d'aimants obéissant aux lois générales qui régissent les électro-aimants ordinaires, mais différant de ceux-ci par la forme d'abord, puis, en ce qu'ils peuvent se mouvoir avec ou sans l'hélice, en produisant un effet utile sur tous les points de leur circonférence sans éprouver d'inversion de fluide.

La condition de tourner autour de l'axe et dans l'intérieur de l'hélice sans éprouver d'inversion peut être, sans doute, réalisée avec les électro-aimants rectilignes; elle est irréalisable avec les électro-aimants bifurqués ou en fer à cheval.

Généralement, les premiers n'agissent que par un seul pôle sur l'armature; les autres sont disposés tout exprès pour agir simultanément avec les deux pôles.

Les uns et les autres exercent leur action suivant les sections normales à l'axe qui constituent les extrémités de ces aimants ; la résultante de ces actions est parallèle à l'axe de l'électro-aimant et perpendiculaire au plan de l'armature.

Dans les électro-aimants circulaires, la résultante des actions magnétiques est à la fois perpendiculaire à l'axe de l'aimant et au plan de l'armature.

Chez les premiers, les tours de spire de l'hélice sont parallèles au plan de l'armature; chez les électro-aimants circulaires, les spires sont perpendiculaires à ce plan.

Les aimants permanents sont sujets à une défectuosité que l'on a bien soin d'éviter dans la construction des électro-aimants ordinaires; cette défectuosité réside dans ce qu'on appelle les points conséquents. Dans les électro-aimants circulaires on provoque, au contraire, les points conséquents, de telle sorte que ce qui est inconvénient chez les uns peut devenir utilité chez les autres.

Tels sont, en général, les caractères par lesquels le système d'aimants que je me pro-

pose de faire connaître se distingue des aimants connus.

Quelque simples que paraîtront les principes sur lesquels les électro-aimants circulaires sont fondés, je dois dire que je n'ai pas trouvé ces appareils du premier coup. Avant d'y arriver, j'ai dû parcourir une succession logique d'idées et appliquer une série rationnelle de faits qui m'ont conduit d'abord à un genre d'aimants tenant des circulaires par la forme, des rectilignes par le mode d'aimantation, et ménageant, par suite, la transition entre ces deux ordres d'appareils.

Ces aimants intermédiaires pourraient donc être appelés électro-aimants para-cir-

culaires.

Ce qui suit justifiera, je l'espère, cette dénomination.

#### Introduction historique.

Je n'ai rien pu trouver, dans les auteurs, sur le point spécial que j'ai à exposer ici, et, quoique les travaux concernant les électro-aimants soient très-nombreux, la partie littéraire de mes recherches a été relativement peu considérable, puisque l'origine de l'électro-magnétisme remonte à peine à trente ans.

Les travaux que j'ai surtout mis à profit sont ceux de MM. Oersted, Ampère, Arago, Savary, Abria, Lenz et Jacoby, de Haldat, Poggendorff, Joule, Barral, Dub, de Feilitzsch, Tyndall et Muller, de Fribourg, sur l'aimantation; et ceux de MM. Fechner, Buff, Becquerel, Pouillet, Delarive et Despretz sur la pile et les courants.

Un livre qui m'a été spécialement utile est le rapport sur les progrès de la physique, publié par le professeur *Muller*, de Fribourg, et contenant un résumé succinct des découvertes dont l'électro-magnétisme s'est enrichi dans ces dernières années.

Dans cet ouvrage, M. Muller développe une question trop importante ici pour que je n'y insiste pas; c'est la loi du maximum magnétique, ainsi que les recherches qu'il a faites pour vérifier les lois de MM. Lenz et Jacoby sur l'aimantation, et d'après lesquelles le magnétisme développé dans le fer doux par un courant électrique serait proportionnel à ce courant.

Les expériences de M. Muller confirment cette loi en tant qu'on n'opère que sur des courants faibles agissant sur des barreaux cylindriques de dimensions relativement considérables; mais, pour peu qu'on augmente ces courants, on remarque que les poids portés n'augmentent pas dans la même proportion, et qu'on arrive asymptotiquement à une limite d'attraction qu'aucune intensité ne saurait faire dépasser.

Ce fait avait été signalé théoriquement par M. Thompson (1); tombé dans l'oubli, il

<sup>(1)</sup> Annals of electricity, vol. V., p. 470.

fut retrouvé par M. Joule (1), et après lui par M. de Haldat (2). Malgré les expériences que ces physiciens publièrent à l'appui, il retomba si bien dans l'oubli, que M. Feilitzsch crut découvrir, il y a cinq ans, un fait nouveau en remarquant que chaque parcelle de fer possède son point de saturation (5). M. Muller ignorait de même qu'il eût eu des devanciers.

M. Muller donne la loi de ce maximum magnétique, basé, cette fois, sur des expériences de longue haleine (4); il réunit tous ses résultats dans la formule

$$p = 220 \ d, \frac{3}{2} \text{ tang. } \frac{m}{0.00005d^2},$$

dans laquelle p signifie la puissance magnétisante obtenue en multipliant l'intensité du courant par le nombre de tours de spire qui composent l'hélice;

m, le magnétisme du barreau; and the state of d, le diamètre. In a state of the sta

De cette formule on déduit

1° pour 
$$p=\infty$$
, 
$$\frac{m}{0.00005d^2}=90^\circ$$
,

et, par conséquent, india notatament que

$$m=90.0,00005d^2$$

pour un courant infini : le magnétisme du barreau n'a donc pas moins une valeur finie.

Chaque barreau, chaque molécule de fer possède donc un maximum absolu de magnétisme, et ce maximum est proportionnel au carré des diamètres.

2º Pour arriver au maximum magnétique de différents barreaux, il faut donner pour tous même valeur à  $\frac{m}{0.00005d^2}$ ; les valeurs correspondantes de p seront alors comme d,  $\frac{3}{2}$ ,

$$d, \frac{3}{2}$$

c'est-à-dire que,

Pour développer dans des barreaux de fer de différentes sections la même partie aliquote de leur maximum magnétique, il faut employer des courants qui soient entre eux question, j'ens l'idre de recourre a l' comme les racines carrées du cube des rayons.

Si donc une intensité développe dans un barreau de section 1 une somme de magnétisme qui correspond à la moitié de son maximum, et qu'il s'agisse de développer la moitié du maximum d'un autre barreau de section 2, il faudra employer un courant  $=\sqrt{2^3}$ , c'est-à-dire 2,85 fois plus intense.

Tant que tang.  $\frac{m}{0.00005 d^2}$  n'aura qu'une valeur restreinte, il y aura à peu près pro-

<sup>(1)</sup> Philosophical magazine, 4° série, n° 11, p. 306.

<sup>(2)</sup> Annales de chimie et de physique, 3° série, t. XI, p. 464.

<sup>(3)</sup> Poggendorff's Annalen, t. LXXX, p. 321.

<sup>(4)</sup> Rapport sur les progrès de la physique, 1850, p. 497.

portionnalité entre p et m, et on pourra, sans erreur notable, poser

où a désigne une constante. Madler ignorait, Madler ignorait de saturation (5), M. Madler ignorait, passède son point de saturation (5), M. Madler ignorait, passède son point de saturation (5), M. Madler ignorait, passède son point de saturation (5), M. Madler ignorait, passède son point de saturation (5), M. Madler ignorait, passède son point de saturation (5), M. Madler ignorait, passède son point de saturation (5), M. Madler ignorait, passède son point de saturation (5), M. Madler ignorait, passède son point de saturation (5), M. Madler ignorait, passède son point de saturation (5), M. Madler ignorait, passède son point de saturation (5), M. Madler ignorait (6), M. M

De cette formule on déduit

$$m = \frac{p \cdot \sqrt{d}}{a \cdot 220} \; ;$$

If Muller donne la loi de ce maxi $\overline{b}$   $\sqrt{-q}$   $\underline{\underline{c}}$   $\underline{\underline{m}}$  (ique, basé, cette fois, sur des expériences de longue baleine (4) ; il réuniteurs de longue baleine (4) ; il réuniteurs de longue baleine (5) ; il réuniteurs de longue baleine (5) ; il réuniteurs de longue baleine (5) ; il réuniteurs de la complete de c'est-à-dire dans les limites dans lesquelles le magnétisme produit est proportionnel aux courants, le fluide développé par des intensités égales dans des barreaux variables est proportionnel à la racine carrée des diamètres.

Ces recherches ayant été exécutées antérieurement à la publication des travaux de M. Despretz sur la boussole des tangentes (1), il est évident que les tangentes des déviations de l'aiguille ont été considérées comme proportionnelles aux intensités des courants. Les corrections que la découverte de la non-proportionnalité des tangentes des déviations aux intensités rend nécessaires pourront amener une modification dans les conclusions qui précèdent; mais elles ne changeront évidemment rien au fait fondamental du maximum magnétique proportionnel au carré des diamètres.

Les autres travaux qui ont été publiés sur l'aimantation n'ont de rapport avec mon sujet qu'à un point de vue général; les exposer ici serait faire l'histoire complète de l'électro-magnétisme, ce qui dépasserait de beaucoup le cadre qui est tracé à une thèse. L'ouvrage de M. Muller les résume, d'ailleurs, mieux que je ne le saurais faire; mais, quelque complet qu'il soit, ce livre se tait sur une idée qui se lie intimement à la partie historique du sujet qui m'occupe, et qui n'est parvenue à ma connaissance qu'après que la publicité se fut emparée de mes recherches.

Le gouvernement d'Autriche venait de décréter un concours ayant pour objet la construction de locomotives douées de plus d'adhérence que les machines usitées, et capables, dès lors, d'équilibrer des charges plus considérables que ne le pourraient ces machines. Il s'agissait de desservir le chemin de fer établi dans le Semmering et offrant des rampes de 25 à 50 millimètres d'inclinaison.

Rendu attentif sur ce fait par un mécanicien de Paris, M. Amberger, et consulté par lui sur les auxiliaires que les sciences physiques pourraient fournir à la solution de cette question, j'eus l'idée de recourir à l'adhérence magnétique, et de substituer ainsi à l'attraction produite par les surcharges une attraction équivalente, essentiellement appliquée au point de contact des roues motrices, et agissant toujours normalement au plan des rails. Mais, pressé de donner une démonstration de cette idée et ne trouvant pas dans les faits acquis les moyens nécessaires pour aimanter une roue en mouvement, je pris provisoirement le parti de me servir d'un électro-aimant agissant à distance sur le rail et fixé sur un chariot marchant sur un chemin de fer.

Cet appareil, qui a été exécuté par M. Amberger, consistait en un châssis en fer F (fig. 1 de la planche) marchant sur quatre roues couplées auxquelles on transmettait un

<sup>(1)</sup> Comptes rendus de l'Académie des sciences, 4 octobre 1852.

mouvement de rotation, à l'aide d'un poids déterminé B, qui agissait sur les roues à la manière de la vapeur. Un autre poids A, fixé à l'extrémité du chariot au moyen d'une corde, représentait la résistance ou le train à entraîner.

Ce chariot était placé sur un chemin de fer C dont on pouvait faire varier la pente. Il portait, en M, un fer à cheval E placé à cheval sur la voie, de manière que ses pôles fussent séparés de toute la distance qui sépare les rails.

Cet électro-aimant, dont la fig. 1 ne représente qu'une branche, était formé d'une tige en fer de 1 centimètre de section recourbée en fer à cheval et garnie, à chacun de ses pôles, de fil de cuivre de 1 millimètre d'épaisseur formant environ deux cent cinquante tours de spire par branche. Les pôles de cet aimant étaient à 4 millimètres du rail sur lequel ils devaient agir.

La pile consistait en deux éléments Bunsen modifiés par M. Deleuil.

La première expérience fut faite sur une pente de 80 millimètres. Le chariot étant installé sur la rampe, et le poids moteur B étant abandonné à lui-même, ce poids, obéissant à la pesanteur, tomba rapidement, ce qui ne pouvait se faire qu'à la condition d'imprimer un mouvement de rotation aux roues sur les axes desquelles on avait enroulé le cordon qui soutenait B. Sous l'impulsion de ce poids, le chariot tendait à franchir la rampe, et il la franchissait en effet, toutes les fois qu'on supprimait la charge A, car, s'il avait assez d'adhérence pour transporter son poids, il n'en avait plus assez pour faire équilibre à la résistance exercée par A et représentant le convoi à entraîner.

L'adjonction de l'électro-aimant avait précisément pour but de donner aux roues motrices ce supplément d'adhérence, et en effet, quand on fermait le circuit galvanique, le chariot franchissait la rampe sans difficulté; il s'arrêtait, au contraire, quand on interrompait la communication, pour partir de nouveau dès qu'on venaît à rétablir le courant.

Le poids A remorqué dans cette expérience était de 2 kilogrammes.

Le poids moteur B valait 6 kilogrammes.

Le chariot en pesait 4. 2 solfo association sonor sel reducement à devues dup sociéed sel

La fig. 1 représente l'appareil au septième de grandeur d'exécution.

Toute modeste que fut cette expérience, elle donnait une démonstration encourageante pour moi, et qui parut pleine d'avenir aux yeux d'un ingénieur éminent, M. Bazaine, à qui nous en fîmes la confidence, et qui, par une générosité rare, nous mit à même de continuer nos recherches.

Le procédé eût été, certes, bien simple, si, pour réussir en grand, il n'eût réclamé qu'un électro-aimant placé de chaque côté des roues motrices; mais ce projet ne résistait pas même aux considérations les plus élémentaires. L'attraction magnétique décroît comme le carré de la distance, et de plus, l'adhérence produite dans ces conditions n'étant, en moyenne, que le dixième de la puissance déployée par les aimants à la distance de 4 millimètres, il fallait pouvoir compter sur des électro-aimants impossibles à réaliser, même avec le secours des batteries les plus considérables.

La première partie des recherches sur la loi du maximum magnétique venait, d'ailleurs, de paraître dans les *Annales* de Poggendorff, et les résultats de ces recherches ne permirent pas même d'espérer une solution utile de ce côté. Je ne rapporte donc cet essai que comme une expérience de cours, simple, intéressante, et établissant un rapport de plus entre l'attraction magnétique et celle dite de gravité.

Il n'y avait donc d'autre solution possible que l'aimantation du point de contact. Après bien des tâtonnements et bien des essais, nous nous arrêtâmes, M. Amberger et moi, à un procédé fort simple en lui-même et qui avait obtenu l'approbation de plusieurs hommes compétents. Si, comme toute œuvre humaine, ce procédé n'a pas satisfait du premier coup à toutes les exigences, il a eu du moins le mérite de donner en grand des résultats plus que suffisants pour démontrer la viabilité de l'idée en question.

Ce procédé consistait tout simplement à aimanter le bas des roues motrices à l'aide d'une hélice fixe H (fig. 2, 5 et 5 bis) dont la paroi intérieure embrasse la jante de la roue, sans toutefois la toucher; la roue pouvait donc se mouvoir, dans cette hélice, sans éprouver de frottement. Sous l'influence de l'action magnétique de l'hélice, elle prenait les deux fluides, l'un boréal, par exemple, comprenant toute la portion de la roue qui se trouvait au-dessus de l'hélice; l'autre austral, animant la portion inférieure de la roue; et, comme l'hélice était placée le plus près possible du point de contact, cette portion de la jante devait être plus fortement aimantée que la partie supérieure, le fluide austral étant concentré dans un plus petit espace.

L'appareil représenté par la fig. 5 bis permet de vérifier ces différents effets; le treuil T est destiné à recevoir la corde qui est enroulée sur l'essieu moteur E (fig. 5), et qui représente la force motrice.

On augmente la charge P jusqu'à ce que les roues soient amenées au patinage, puis, quand l'appareil ne démarre plus, on fait passer le courant; immédiatement, le chariot monte et entraîne la charge, il redescend si on rompt le circuit, remonte de nouveau dès qu'on rétablit la communication électrique, et continue ce jeu tant qu'il reste de la corde pour le mouvoir.

Les figures 2, 5 et 5 bis représentent le chariot sous ses divers aspects; H et H' sont les hélices qui servent à aimanter les roues motrices, elles se composent de boîtes en laiton contenant chacune 8 mètres de fil de cuivre de 0<sup>m</sup>,0011 de section distribué en 77 tours de spire, soit 16 mètres et 154 tours de spire pour les deux. F est un électro-aimant tenu en suspension à l'aide du ressort r. Cet appareil s'abaisse sur le raîl lors-qu'on le place dans le circuit, et ralentit la marche du véhicule ou l'interrompt complétement selon la puissance de cet aimant, qui remplit, dans ce cas, l'office de frein; il n'a, du reste, rien de commun avec les deux hélices des roues. La corde qui tient la charge P est fixée en N (fig. 5) et passe par-dessus la poulie X (fig. 5 bis). G représente un couple voltaïque; C, le chemin de fer, installé sur des pieds qui permettent de faire varier la pente.

L'expérience suivante établit à peu près les rapports qui existent entre les deux adhérences en jeu dans cet appareil et entre les pressions qui produisent ces adhérences.

Poids du chariot, 5 kilogrammes;

Pente, 190 millimètres par mètre; un élément de pile à charbon de cornue à gaz; Courant total : tangente, 35° 10';

Courant réduit par les bobines : tangente, 18° 25'.

Adhérence ordinaire. Adhérence magnétique.		somme des adhérences.	surcharge nécessaire pour remplacer l'adhérence magnétique.	
5 <sup>k</sup> ,500 2001	115k,100 101500	10k,600	3k,500 halif	

Les deux roues motrices du chariot étaient fixées contre les rails par une puissance magnétique de 5 kilog. 500 gr.; cette attraction a été mesurée à l'aide d'un dynamomètre, avec lequel on a détaché le chariot dans un sens perpendiculaire au plan de la voie ferrée.

Pour nous rapprocher de la grande pratique autant que le permettaient les conditions dans lesquelles nous étions placés, nous opérâmes ensuite sur des roues de waggon marchant sur des rails de chemins de fer. Les résultats obtenus dans cette circonstance étaient fort encourageants; ce sont ces résultats, ainsi que le procédé qui les avait fournis, que je fis connaître dans une note présentée à l'Académie des sciences en mon nom et en celui de mes associés.

C'est à la suite de la publication de cette note que j'appris que M. Weber avait depuis longtemps émis l'idée d'augmenter l'adhérence des locomotives à l'aide du magnétisme (1), et que M. Liebig avait mentionné cette idée dans une des nombreuses éditions de ses lettres (2); mais aucun des recueils qui revendiquent la priorité pour le savant physicien allemand ne dit si cette idée a été émise par M. Weber comme idée seulement, ou si elle a reçu de sa part un commencement d'exécution. Jusqu'ici je n'ai pu savoir à quelle occasion cette idée a été émise, ni dans quel recueil elle a été produite; j'ignore de même si M. Weber l'a restreinte à l'adhérence sur les chemins de fer, ou s'il l'a généralisée comme on le fait ici, et appliquée à la transmission du mouvement.

Quoi qu'il en soit, les deux expériences qui viennent d'être rapportées fournissent clairement la démonstration de cette idée; seulement, et je ne me le dissimulai pas, on pouvait leur reprocher d'être conçues dans des proportions trop minimes pour qu'il fût prudent d'admettre qu'il suffirait de les exécuter sur une grande échelle pour obtenir, du premier coup, avec un convoi entier, tous les effets que nous avions constatés avec le petit appareil. Ces expériences promettaient pour l'avenir; mais bien des personnes pouvaient douter qu'on disposât, pour le présent, d'une source magnétique assez énergique pour donner à des roues de locomotives un degré suffisant d'aimantation. Ce doute ne pouvait être levé dans le laboratoire; il exigeait évidemment une expérience en grand.

Le concours que l'administration des travaux publics m'accorda sur l'initiative généreuse de M. Sauvage m'a mis à même d'opérer sur un chemin de fer ; c'était la

<sup>(1)</sup> The litterary gazette, 28 juin 1851.

<sup>(2)</sup> Jahresbericht, par MM. Liebig, Kopp, Buff, Ettling, Knapp, Will..., etc., 1852, p. 239.

ligne de Lyon. La locomotive qu'on mit à ma disposition était une machine du poids de 28 à 30 tonnes, à quatre roues couplées; on voulait que j'opérasse sur ces quatre roues. Mais ce désir ne put être exécuté, attendu que par le seul fait du couplement des roues la machine avait plus d'adhérence que de puissance; l'application du magnétisme n'aurait donc rien prouvé, à peine aurait-on pu en reconnaître les effets : force me fut donc de découpler la machine et de n'opérer que sur deux roues.

Les conditions nouvelles dans lesquelles je me trouvais placé me suscitèrent des obstacles inattendus. La pratique impose, en effet, des limites que les recherches purement scientifiques ne connaissent pas. Tel procédé ou tel artifice est exécutable dans le laboratoire et devient impossible sur une machine roulante.

La nature de cette application posait, entre autres, des bornes

Aux dimensions des éléments de la pile,

A leur nombre,

Au développement du fil conducteur, and an annual annual australiant au sur le la conducteur au developpement du fil conducteur,

A sa section.

La bobine devait être placée à une certaine distance du rail; elle réclamait des parois très-résistantes, et, par suite, très-épaisses. La roue devait pouvoir y tourner sans frottement...., etc., etc.,

Les points essentiels et qui réclamaient toute mon attention étaient la batterie, et surtout les hélices; les hélices, puisqu'une fois construites elles devaient rester ce qu'elles étaient; tandis que par les différents modes de combinaison dont une batterie est susceptible on peut toujours proportionner plus ou moins la tension du fluide à la résistance à vaincre.

#### Hélices d'aimantation.

A ne considérer que les travaux publiés antérieurement sur l'aimantation, la question des hélices pouvait paraître aisée à résoudre. En effet, d'après Dal Negro, M. Fechner, MM. Lenz et Jacoby (1),

1º L'intensité magnétique développée est proportionnelle à l'intensité du courant.

La nature de l'application s'opposait, il est vrai, à un développement galvanique trop considérable, mais on pouvait y suppléer si, comme le pensent MM. Lenz et Jacoby,

- 2° L'attraction est proportionnelle à l'intensité du courant multipliée par le nombre des tours de spire ; et à plus forte raison si, comme le veut M. Dub (2),
- 5° L'attraction magnétique développée est proportionnelle au carré des courants, multiplié par le carré du nombre des tours de spire; loi que M. Joule (5) avait formulée, depuis dix ans, par madient de la carré du nombre des tours de spire; loi que M. Joule (5) avait formulée,

 $M = E^2 W^2$ .

dans laquelle formule M représente le magnétisme développé;

al IE, la quantité d'électricité en activité; audeu à sim a m suprassité. Il ob esparance

(2) Poggendorff's Annalen, t. LXXXI, p. 46.

<sup>(1)</sup> Poggendorff's Annalen, T. XLVII, p. 225.

<sup>(3)</sup> Philosophical mag., 4° série vII, p. 309, et Annals of electricity, vol. I, p. 470.

W, la longueur du conducteur. et noitutes and ainseine antennos us austrufenos

D'ailleurs, disent MM. Lenz et Jacoby, « la section du fil conducteur est sans influence sur la puissance magnétisante, pourvu que l'intensité galvanique ne varie pas, » et, comme la résistance opposée par les conducteurs est proportionnelle à leur longueur et en raison inverse de leur section, on peut construire une pile et une hélice telles que le nombre des tours de spire soit le plus grand possible. Heureusement j'avais eu occasion d'observer que la formule de M. Joule n'était pas exacte, ou du moins ne s'appliquait pas dans ce cas-ci; la loi du maximum magnétique de M. Muller s'y opposait d'un autre côté.

Ces doutes, ces contradictions, les nécessités de la pratique et les conditions précaires dans lesquelles j'étais placé compliquaient le problème d'une série de facteurs que je suis parvenu à faire accorder assez bien pour que la résistance de la pile fût équilibrée par celle du fil conducteur sans que cependant la pile ou l'hélice eussent réclamé un développement trop considérable. Le fil avait 4<sup>mm</sup>,5 de section, et offrait un développement total de 1,036 mètres; chaque hélice en reçut 518, formant 216 tours de spire.

La pile consistait en 64 éléments Bunsen dits façon Archereau : la surface du charbon de cornue dans chaque élément était de 0<sup>m</sup>,911; celle du zinc immergé, de 0<sup>m</sup>,9148. Ces 64 éléments étaient répartis dans huit caisses, tapissées en gutta-percha, ayant chacune huit compartiments; le tout fut logé derrière le tender.

Dans cette position la pile ne génait pas le service, et son volume disparaissait entièrement dans l'ensemble du convoi.

Disposée en tension ou accouplée en quantité par séries de 52 éléments à surface double, cette batterie produisit les mêmes résultats toutes les fois que l'on donnait au courant une direction équivalente. Ainsi, dans le cas de l'arrangement en tension, on produisait un courant unique; dans la disposition en quantité, le courant se divisait en arrivant sous la machine pour aller former un courant distinct dans chaque hélice; deux conducteurs en fil de cuivre suffisaient à cette opération, assez délicate, du reste, à cause de l'excessive conductibilité des matériaux qui entrent dans la construction d'une locomotive.

Ces conducteurs étaient logés dans des tubes en gutta-percha, qui étaient eux-mêmes entourés d'une peau chamoisée, imprégnée de vernis partout où ces tubes devaient directement appuyer sur le fer. Arrivés au point de jonction du tender avec la machine, ces conducteurs venaient s'adapter aux conducteurs fixés à la locomotive et se bifurquer avec eux, de manière à éviter les ruptures que les oscillations des véhicules en marche auraient pu produire. De là ils longeaient le côté gauche de la locomotive, pénétraient sous la machine entre le foyer et l'une des roues motrices, et se continuaient ensuite parallèlement à la machine jusqu'à moitié chemin des bobines.

Solidement fixés aux points d'attache qui se présentent en grand nombre sous la machine, ces conducteurs avaient été dénudés dans les parties qui devaient recevoir les extrémités des fils émanant des bobines. Ces dernières étaient suspendues aux boîtes à graisse au moyen de forts tirants et d'un cadre en fer.

Tout étant disposé, l'un des conducteurs est continu d'une extrémité à l'autre; l'autre

conducteur, au contraire, présente une solution de continuité produite par le commutateur. Arrivé près du coffre en fer qui se trouve sur le devant du tender et à hauteur d'appui, ce conducteur s'écarte de la ligne qu'il avait suivie jusque-là et vient s'adapter, par des rivures, à l'extrémité d'une plaque en cuivre platiné solidement fixée au coffre et soigneusement isolée. L'autre côté de la plaque de communication est destiné à recevoir l'extrémité du conducteur interrompu, qui touche à l'un des pôles de la pile.

Cette partie du conducteur a été suffisamment aplatie pour présenter une surface convenable; un ressort la tient écartée de la plaque, et dans cet état le circuit est ouvert; mais s'agit-il de fermer le circuit, il suffit de tourner une simple manivelle qui appuie sur le conducteur et l'abaisse sur la plaque de communication. On rouvre le circuit par un mouvement en sens contraire; le ressort se dégage, reprend sa tension et relève le conducteur.

La nature du pôle magnétique en contact avec le rail ne m'a pas paru influer sensiblement sur l'adhérence; du moins, les éléments d'appréciation dont je pouvais disposer ne me permirent pas de saisir de différence, quoique, dans les fers à cheval ordinaires, la polarité contraire des points de contact soit essentielle, même lorsque chaque pôle agit sur une armature spéciale.

Quand on introduisait les deux bobines dans le circuit, on pouvait remarquer un rayonnement magnétique qui se manifestait à une assez grande distance, si bien qu'à 5 mètres des roues et dans le plan des bobines on pouvait encore aimanter de petits morceaux de fer.

Le résultat des expériences qui ont été faites avec l'appareil que je viens de décrire a été consigné dans un rapport déposé au ministère des travaux publics, et dressé par une commission que le ministre avait spontanément instituée à cet effet. Les nombres qui suivent sont empruntés à ce document.

L'essai d'application a été fait sur une rampe de 10 millimètres par mètre.

Les éléments de la machine qui a servi dans ces expériences sont les suivants :

Diamètre des pistons.	illdir	0 <sup>m</sup> ,400
Course des pistons		0 <sup>m</sup> ,600
Diamètre des roues motrices.	eligo	1m,600
Surface de chauffe du foyer.	oisee	779 <sup>m</sup> ,600
Id. not id. not des tubes. of the second		

Poids de la machine chargée d'eau et de coke, 29 tonnes;

Charge sur les rails pour les roues motrices, 14 tonnes;

Timbre de la chaudière, 6 atmosphères. Sanol all all combonq un turisme edition

Le convoi entier était du poids de 119 tonnes environ. Jus publisme at auto facilité autonne de la convoi entier était du poids de 119 tonnes environ.

Avant de commencer l'expérience, on poussa la vapeur à 9 atmosphères, afin d'établir entre la résistance du convoi et la puissance de la chaudière un rapport tel, qu'au démarrage les roues patinassent franchement, même lorsqu'elles se trouvaient sous l'influence du courant.

Pour déterminer le surcroît d'adhérence que le fluide magnétique avait communiqué aux roues motrices, on eut recours au manomètre qui indiquait par quarts d'atmos-

phère la variation de la pression, celle-ci tombant rapidement de 8 ou de 9 atmosphères à 6, à mesure que la vapeur, accumulée dans la chaudière, se dépensait dans les cylindres; on observa ainsi la limite de pression à laquelle la locomotive, marchant à petite vitesse, cessait de patiner.

Les différences de pression absolue ont été de 7 atmosphères à 6,5, de 7,5 à 7, de 7,75 et 8,25 à 7,5.

En prenant, dit le rapport, les termes moyens de 7 atmosphères 5-7 — 7,05, et en comparant cette différence à la pression effective de 6 atmosphères, qui représente la puissance à la circonférence de la roue et la résistance qu'elle égalait au moment où le patinage avait lieu, on trouve que l'aimantation a produit une augmentation d'adhérence de 8,3 pour 400, ou un douzième; résultat très-satisfaisant, selon moi, pour un premier essai.

L'exposé qui précède ne serait pas complet, si je ne parlais, avec quelques détails, d'un fait très-curieux, que les grandes proportions de cet essai d'application ont permis de mettre complétement en évidence. Le procédé spécial qui a été suivi dans cette expérience ne comportait pas une aimantation bien constante du point de contact des roues; cette aimantation diminuait par la rotation. Le tableau suivant, emprunté au rapport, donne une idée de ce décroissement observé, sur une seule roue, depuis le repos jusqu'à la vitesse de 18 kilomètres à l'heure.

EN TOURS	en kilomètres à l'heure.	PRESSION DUE	RAPPORT  de la pression additionnelle à la pression ordinaire supportée par le rail.
et de fforde a change	n sorth to la bobine	639 kilog.	12,8 à 10, 6 0/0
raires d'aggantation.	gence. Ceg offets con	255 16 160	5,1 à 4. 3 »
n temps u 00°, si, com	pourralegt s'operer o	obluli ob 165 storni l	3,3 à 2. 7

Dans cette expérience, les roues ne posaient pas sur le rail comme elles le font dans les conditions ordinaires; au moyen de leurs boîtes à graisse renversées elles étaient fixées sur un cadre en charpente qui leur servait de support; deux poulies en bois étaient montées sur l'essieu moteur; ces poulies, en rapport avec l'arbre de transmission, étaient calculées de manière à fournir les deux vitesses de rotation qui sont consignées dans le tableau. Le rail placé au-dessous de chaque roue était mobile à l'une de ses extrémités autour d'un boulon d'articulation, et portait, à l'autre extrémité, une caisse en zinc destinée à recevoir la charge nécessaire pour détacher le rail de la roue, lorsqu'il s'y trouvait suspendu par l'effet de l'aimantation; un réservoir d'eau, divisé en litres, pouvait, au moyen d'un robinet et de deux rigoles inclinées, verser dans chaque caisse l'eau nécessaire pour déterminer la rupture.

Connaissant la longueur du rail, son poids, celui de la caisse en zinc et la quantité

d'eau débitée par le réservoir, on pouvait, par un simple calcul, déterminer la charge soutenue par le point de contact et, par suite, la pression due à l'aimantation.

Une série de déterminations ainsi faites ont montré que cette pression correspond à environ 650 kilogrammes par roue, soit 1,300 kilogrammes par paire de roues.

Avec l'installation qui vient d'être décrite, la commission a encore fait une autre expérience qui donne la clef du décroissement magnétique.

Le rail reposant, par son extrémité libre, sur un tasseau en bois et se trouvant séparé par un intervalle de 0<sup>m</sup>,017, on a promené une petite boussole de déclinaison, placée à 0<sup>m</sup>,75 environ du rail, le long de celui-ci, de manière à déterminer les points où sa direction était sensiblement perpendiculaire au plan de la roue.

Lorsque la roue était au repos, l'aiguille ne prenait la position normale aux rails que lorsqu'elle se trouvait dans le plan vertical passant par l'essieu, et par conséquent par le point de contact de la roue; lorsque la roue était, au contraire, en mouvement, il fallait déplacer l'aiguille, en la reportant vers l'arrière (par rapport au sens du mouvement de la roue), pour retrouver la direction normale aux rails. Ce déplacement a été de 0<sup>m</sup>,55 et de 0<sup>m</sup>,59 pour des vitesses correspondantes à une marche de 18 et de 36 kilomètres à l'heure.

Ces observations font voir que la résultante des actions magnétiques qui passe par le centre de gravité de la bobine, conséquemment par le point de contact de la roue, lorsque celle-ci est en repos, se déplace pendant le mouvement et cesse de se confondre avec le point de contact. Cette perturbation tient à deux causes distinctes. Au moment d'entrer dans la bobine, la portion de jante que l'on considère éprouve un premier effet d'aimantation tendant à lui imprimer une polarité conforme à cette partie de l'hélice qui regarde le point de contact. Arrivée en ce point, elle doit être à son maximum de puissance; mais, en présence du fluide contraire de la partie supérieure de l'hélice, son magnétisme faiblit à mesure qu'elle se relève pour sortir de la bobine, et ce fluide a changé de nom dès que la jante est arrivée à l'émergence. Ces effets contraires d'aimantation, de désaimantation, puis d'inversion de fluide, pourraient s'opérer en temps utile, si, contrairement à ce qui existe, la jante se composait de fer doux, c'est-à-dire de fer dénué de force coercitive.

A chaque révolution, la roue subit donc un double travail magnétique, travail inégal dont la conséquence doit être d'imprimer à la résultante des actions magnétiques une position d'équilibre différente de celle qu'elle a quand la roue est au repos.

Dans cette dernière condition, le repos, la roue ne diffère en rien d'un électro-aimant rectiligne; comme lui, elle est divisée par l'hélice en deux parties magnétiquement distinctes; les spires de son hélice sont parallèles au plan de l'armature, la résultante des actions magnétiques développées par l'hélice est perpendiculaire à ce plan, et cette résultante passe par le centre de gravité de la bobine.

La position du pôle est donc subordonnée à la position de l'hélice. Si le premier se déplace de 0<sup>m</sup>,55 en arrière, il suffit de relever l'hélice en avant d'une quantité correspondante pour remédier à ce déplacement polaire, qui serait peu redoutable, si le procédé qui nous occupe n'avait pas d'autres inconvénients.

Au nombre de ceux-ci, je citerai tout d'abord la dépense en électricité que ces réactions magnétiques entraînent, dépense qui, comme on sait, est nulle quand l'aimantation se produit toujours dans le même sens, puisque le fer introduit dans l'hélice ne réclame un supplément d'électricité qu'autant que son magnétisme doit éprouver des inversions (1). Un autre reproche qu'on peut faire à ce procédé, c'est qu'il ne permet pas de réunir les deux pôles magnétiques sur un même point du rail, et de profiter ainsi du surcroît de force attractive que l'on observe toutes les fois qu'un aimant agit à la fois par ses pôles contraires sur une même armature.

Telles sont les raisons qui m'ont engagé à sortir du mode d'aimantation qui vient d'être décrit, et qui a rempli son rôle malgré ses imperfections, puisqu'il a permis de démontrer, sur une grande échelle et dans les conditions de la pratique, qu'on peut augmenter l'adhérence des roues motrices de locomotives à l'aide de l'attraction magnétique.

Le principe dont la démonstration vient d'être donnée a été appliqué, par M. Amberger et moi, dès les premiers temps, à la transmission du mouvement. Les appareils, fig. 4, 5, 6 et 6 bis, sont sortis de cette collaboration. Dans tous ces appareils, les mêmes lettres désignent les mêmes objets. La figure 4 reproduit, en petit, l'expérience du chemin de fer, à cela près qu'au rail on a substitué une roue. Cette machine, qui peut fonctionner à raison de deux cent soixante tours par minute sans déplacement de pôle, offre néanmoins les défauts qui viennent d'être signalés. Une partie de ces défauts est éliminée dans le dispositif des fig. 5 et 6, dans lequel on fait agir concurremment les deux pôles. Les pôles secondaires, qui, dans le fer à cheval ordinaire, se rencontrent à l'extrémité opposée à celle des pôles effectifs, se trouvent, dans les aimants para-circulaires (fig. 5, 6 et 6 bis), au centre de la poulie, où on a soin de bien les neutraliser à l'aide d'un moyeu suffisamment fort m. Dans le présent appareil, le moyeu a pour rayon un peu moins de la moitié du rayon de la poulie, proportion de beaucoup supérieure aux nécessités d'une complète neutralisation.

A la faveur de cet étranglement, tout le fluide se trouve concentré au point de contact; la partie du cercle qui se trouve en dehors des bobines est complétement dénuée de magnétisme.

On remarque de plus dans cette figure, que les quatre cercles qui composent les deux roues, baignent deux à deux dans la même bobine H et H', conformément à ce fait bien constaté que deux cylindres s'attirent, et ne se comportent plus que comme un seul eylindre lorsque, marchant l'un vers l'autre dans le sens de leur axe, ils se rencontrent dans une hélice. S'est une manivelle qu'on peut, suivant les besoins, remplacer par une poulie; i, une poulie en bois destinée à recevoir une corde, une roue ou un frein Prony. Le tout est installé sur un support Z.

Les électro-aimants que je vais décrire constituent la seconde phase de mes expérimen-

<sup>(1)</sup> La boussole des tangentes aurait donc pu fournir un troisième élément d'appréciation plus exact peut-être que celui qu'on a obtenu avec la boussole de déclinaison, puisque l'action exercée sur celle-ci par le pôle de la roue se compliquait des effets produits par le rayonnement de l'hélice et par les grandes masses de fer en présence.

tations; ils répondent aux desiderata qui viennent d'être exposés, et que je résume en peu de mots, savoir :

- 1° Suppression du déplacement polaire;
- 2º Aimantation constante;
- 5° Réunion des deux pôles sur la même armature.

#### Électro-aimants circulaires.

Soit un barreau cylindrique en fer doux plongé dans une hélice électro-dynamique, le cylindre aura deux pôles, l'un à droite, l'autre à gauche; rapportons des cercles en fer sur ces pôles, les cercles seront aimantés à leur pourtour, conformément à ce fait bien connu et établi pour la première fois (1) par M. de Haldat, savoir que, dans l'aimantation du fer, le magnétisme se rend surtout à la superficie du métal.

Si on imprime un mouvement de rotation à cet électro-aimant et que, par une disposition convenable, on transmet à l'hélice le courant nécessaire, il n'y a pas de raison pour que l'aimantation cesse de se manifester, puisque l'hélice ne cesse pas d'agir.

Mais, dans les électro-aimants para-circulaires, la bobine est fixe, le noyau seul est en rotation, et le magnétisme s'y produit malgré les inversions qu'il subit; le développement magnétique doit, à plus forte raison, avoir lieu dans les électro-aimants purement circulaires, puisque l'aimantation s'y produira toujours dans le même sens. J'affole donc les hélices en les fixant au socle qui soutient la poulie aimantée, je ménage entre les deux pièces un espace suffisant pour éviter les frottements, et j'ai ainsi un électro-aimant capable de tourner dans une bobine fixe et d'agir à la fois par ses deux pôles. Si, au lieu de prendre une hélice toujours de même sens, on se sert d'une hélice à la fois dextrorsum et sinistrorsum, la partie de l'électro-aimant qui correspond au point de jonction des deux hélices aura un point conséquent.

Rapportons donc un troisième cercle sur ce point. Le fluide de ce point conséquent se rendra à la circonférence, et on aura un électro-aimant à trois pôles, dont deux de même nom aux extrémités et un de nom contraire au centre.

Voilà, dans toute leur simplicité, les principes sur lesquels sont fondées ces machines, qui justifient d'elles-mêmes le nom d'électro-aimants circulaires que je propose de leur donner. Un coup d'œil jeté sur les fig. 7, 8, 9 et 10 suffit pour les comprendre.

La fig. 10 n'a qu'une gorge. Les deux cercles sont fixés sur un moyeu m que je considère comme le principal réservoir du magnétisme, et dont le rayon est à peu près un tiers de celui de la poulie.

On comprend que, quand cette poulie est sous l'influence du courant, le magnétisme s'y distribue comme il le ferait dans un cylindre; il se porte aux extrémités. Si cette poulie ainsi aimantée est montée sur un axe en fer, un arbre de couche, par exemple, cet axe participe lui-même à l'induction qui est provoquée par l'hélice, et absorbe en pure perfe une portion du fluide magnétique qui a été produit.

Cette déperdition peut être en partie compensée par la disposition en point consé-

<sup>(1)</sup> Mémoires de l'Académie de Nancy, 1828.

quent adoptée dans la figure 7; comme le cercle central L est principalement en cause dans ce cas, et qu'il produit le maximum de puissance, je l'ai, à dessein, rendu plus épais.

Tout en ayant les inconvénients des aimants à points conséquents, cet électro-aimant peut offrir, comme on voit, l'avantage d'avoir à son milieu un point toujours fortement aimanté et protégé par les deux autres cercles contre la tendance du magnétisme à se porter en partie aux extrémités de l'axe.

Dans ce dernier cas, les deux cercles extrêmes N N' paraissent à peine aimantés quand on les examine isolément; toute la force paraît concentrée sur le pôle du milieu, qui possède du fluide opposé.

Le contraire a lieu quand le courant suit la même direction dans les deux hélices; le maximum de force se trouve concentré sur les cercles extrêmes.

Si on ne fait intervenir qu'une seule hélice, le fluide se répand à la fois sur les trois cercles; mais en présence d'une armature le circuit magnétique ne se forme qu'entre les deux cercles extrêmes ou entre les deux cercles qui contiennent la bobine.

Avec cet aimant, l'expérimentateur peut donc, à l'aide d'un commutateur, concentrer la puissance sur un cercle ou la répandre sur deux ou sur trois, la projeter sur le centre ou sur les extrémités.

Ces effets, si différents quand on examine les trois cercles isolément avec une armature, se confondent en une seule action quand on fait agir cette armature sur deux ou même sur les trois cercles; alors la polarité opposée du cercle inoffensif se déclare, le fluide de nom contraire, qui s'est développé dans l'armature sous l'influence du cercle actif, appelle à lui le fluide opposé du cercle inactif : l'armature devient aimant par rapport à ce dernier et y adhère avec une force proportionnelle à son fluide propre et au fluide de nom contaire du cercle actif.

L'attraction relative, produite au repos et à différentes intensités par les trois modes d'aimantation qui viennent d'être mentionnés, a été déterminée à l'aide d'un dynamomètre agissant normalement à la poulie. L'armature consistait en une pièce de fer plate, rectangulaire, longue de 0<sup>m</sup>,091, large de 0<sup>m</sup>,067, épaisse de 0<sup>m</sup>,02; elle pesait 1,030 gr. Par son côté le plus court, on la faisait agir sur un des cercles en la plaçant dans le plan de celui-ci; pour la faire porter sur deux cercles on plaçait l'armature perpendiculairement au plan de ces derniers, toujours par la tranche la plus courte. La longue tranche servait à relier les trois cercles polaires, ce que, dans une quatrième expérience, on réalisait encore d'une autre manière en présentant l'armature par sa grande surface à l'aimant. Cette surface était, comme on voit, triple de celle du grand côté. Un crochet terminé en vis pouvait se visser dans le côté opposé à la surface qui devait être mise en contact avec l'aimant; le pas de vis destiné à le recevoir était calculé de manière que son prolongement passât par le centre de gravité correspondant à la position spéciale qu'on voulait donner à l'armature. Dans les expériences que je vais rapporter cette armature figure sous le nº 3. Les deux autres armatures qui interviennent dans les tableaux ci-dessus n'ont agi que sur les trois cercles. L'une était le cylindre qui sert de poulie commandée dans la figure 7; sa longueur était de 0<sup>m</sup>,121, son diamètre de 0<sup>m</sup>,051,

son poids de 2<sup>k</sup>, 400. L'autre armature était une verge en fer doux, longue de 0<sup>m</sup>, 38, large de 0<sup>m</sup>, 02, épaisse de 0<sup>m</sup>, 04 et pesant 260 gr.; je la désigne par V.

Dans ces déterminations ainsi que dans toutes celles qui vont suivre, les tangentes des déviations sont des moyennes tirées de deux lectures, l'une de la déviation à droite, l'autre de la déviation à gauche. Mes expériences ayant spécialement porté sur les propriétés des électro-aimants, j'ai cru pouvoir me dispenser d'appliquer aux tangentes des déviations la formule de M. Despretz.

Chacune des hélices de cet électro-aimant circulaire se composait de 125 mètres de fil de cuivre de 1 millimètre de section réparti sur 464 tours de spire, en tout 250 mètres et 928 tours de spire.

Quand je ne plaçais qu'une seule hélice dans le circuit, je réduisais le courant à la déviation produite par les deux, afin d'avoir des résultats comparables. La pile consistait en deux éléments de la batterie qui avait servi dans la grande démonstration du chemin de fer de Lyon (page 9).

#### Electro-aimant circulaire à trois pôles (fig. 7).

Courant total: tangente, 56° 20'; Une seule bobine dans le circuit:

Tang., 3° 20.

ARMATURES.	UN POLE.	DEUX POLES CONTRAIRES.	TROIS POLES.
N° 3.	Pas d'effet appréciable.	y nomine avec une tale.	22 kilog.
Poulie.	Idem.	produite au regou et a rut d'être mentionnés	. Suraction 20 lative,

Tang., 6° 5'.

Poulie.	ir un des <del>es</del> reles en la	t, on in far att agir so	2000 and 30   1100 me as
ore perpe Virgilaire	cornel sic <del>u</del> als no esta	e porter s <del>er</del> deux cer	10 n 10 n in-infe s

Deux hélices contrariées. - Tang., 3° 20'.

Nº 3.	2-3 kilog.	17-18 kilog.	a Ship is 6100mg and
Poulie.	One was the same and the	Comme on vent	35 kilog.
V.	,	»	13

Deux hélices de même sens, même courant. — Tang., 5° 20'.

tennent . 6 °Ns los ta-	2 kilog.	12 kilog.	55 kilog.
Poulie.	ereles. I sao duit le	ogi que sus les trois c	denix ci-desots n'unit
diametr. Vic 07, 031.	nu était de 0°, 121, so	la figure 7", sa longue	nob od 15 mmo oi loo

Avec quatre éléments semblables et l'armature n° 5, les poids portés dans les différentes conditions ont été les suivants :

DISPOSITION NORMALE.		erde per le pôl	POSITION CONTRAR	est la ligain	
Un pôle.	Deux pôles.	Trois pôles.	Un pôle.	Deux pôles.	Trois pôles.
4-5 kilog,	110 kilog.	150 kilog.	3-4 kilog.	106 kilog.	125 kilog.

Dans la détermination des poids portés par les trois pôles, l'armature a été, cette fois, présentée par la grande surface. En disposant les quatre éléments voltaïques en quantité de deux couples, ou en me servant de l'une des hélices pour dériver un courant des quatre couples disposés en tension, de manière à doubler la section du fil des deux hélices et, par conséquent, à diminuer la résistance de moitié, j'ai obtenu avec la règle V, employée comme armature, les attractions qui suivent:

DISPOSITION NORMALE, trois pôles.

21 kilog.

DISPOSITION CONTRARIÉE, 3 pôles.

18-19 kilog.

Les nombres consignés dans la quatrième colonne des tableaux 1 et 2 offrent quelque incertitude, à cause de la disproportionnalité qui s'observe dans ces cas entre la puissance des deux cercles extrêmes; plus forte chez celui qui touchait immédiatement à la bobine que chez l'autre cercle extérieur, qui partageait son fluide avec le cercle central; aussi l'action que ces deux derniers exercent sur une armature est-elle fort inférieure à celle qui est produite par les deux cercles directement influencés par la bobine.

Il résulte de là qu'à égalité de masse les poulies à une seule gorge doivent être préférées à celles à n gorges toutes les fois qu'on ne se propose pas d'obtenir un électro-aimant circulaire à point conséquent.

Les résultats consignés dans les tableaux qui précèdent pourraient être multipliés à l'infini; mais j'ai hâte de prévenir une objection qui pourrait diminuer l'importance que j'accorde à l'intervention simultanée des deux fluides magnétiques. L'électro-aimant à deux gorges de la précédente expérience offre, de l'extrémité N à l'extrémité N', une étendue de 0<sup>m</sup>,064. L'épaisseur de L est de 0<sup>m</sup>,018; celle de N et N', de 0<sup>m</sup>,015 : la ligne tangentielle a donc 0<sup>m</sup>,035 de longueur quand on fait intervenir les deux pôles. Mais un seul pôle offrant tout au plus 0<sup>m</sup>,018 de contact, il y a entre les deux lignes tangentielles une différence de 0<sup>m</sup>,015. Cette différence devait être pour quelque chose dans le résultat final, et dans tous les cas il était nécessaire de la réduire à un minimum. C'est ce que j'ai cherché à réaliser en me servant d'une armature qui présentait même surface de contact dans les deux cas; cette armature consistait en une barre de fer longue de 0<sup>m</sup>,42, large de 0<sup>m</sup>,049 et épaisse de 0<sup>m</sup>,022. Son poids était de 4 kilogrammes. Placée sur le pôle N, elle agissait sur une ligne tangentielle de 0<sup>m</sup>,015; placée à cheval sur deux pôles, elle comprenait également une ligne de 0<sup>m</sup>,015 : car, si la surface polaire de cette arma-

ture avait 0<sup>m</sup>,049 de long, l'intervalle compris entre les deux pôles, la gorge, était de 0<sup>m</sup>,031, et, comme la distance de l'extrémité N à l'extrémité L est de 0<sup>m</sup>,064, l'armature ne pouvait entrer en jeu que pour une quantité 0<sup>m</sup>,064—0<sup>m</sup>,049 égale à 0<sup>m</sup>,015, qui est la ligne de contact fournie par le pôle N.

Voici les résultats obtenus dans ces conditions. Le poids de l'armature, 4 kilogrammes, a été retranché de chaque nombre.

and der TANG.,	6° 5'.	TANG., 12°.		
ntme a chi, cetta fois,	N et M.	N. des polds portés pa	N et M.	
6 kilog.	14 kilog.	9 kilog.	22 kilog.	

L'électro-aimant de la fig. 10 a donné des résultats analogues.

Un fait très-important et qui découle de la nature même des électro-aimants circulaires, c'est que les effets attractifs qui viennent d'être constatés se reproduisent en chaque point de la circonférence de l'aimant. Ces attractions, toutefois, ne sont pas égales à la somme des poids portés par chaque armature agissant seule; elles diminuent pour chacune avec la masse et le nombre de celles-ci. Mais, dans tous les cas, la somme des poids portés dans ces nouvelles conditions est de beaucoup supérieure au maximum d'attraction fournie par l'une quelconque des armatures employées, preuve certaine que l'attraction n'est pas seulement produite par le magnétisme qui est répandu à la circonférence de l'appareil, mais que toute la masse de l'électro-aimant contribue au travail. Les tableaux ci-après vont compléter ma pensée.

L'électro-aimant qui a servi dans ces expériences est celui de la fig. 10. Voici ses éléments :

Diamètre des cercles	0,120
du moyeu.	
Poids de l'aimant.	3k,500
Diamètre du fil.	0,0015
Nombre de tours de spire	108

conflict dans les deux ens cette nemature rensistait en une barre de for longue de D", 42,

Armatures employées.

NºS D'ORDRE.	LONGUEUR.	LARGEUR.	ÉPAISSEUR.	POIDS.	DIAMÈTRE.
Nº 1	0m,069	0 <sup>m</sup> ,067	0 <sup>m</sup> ,011	1b 9100936 gr.	Ce fait déce
Nº 2	0 ,090	0 ,067	0 ,020	1,007	outée, l'armi
Nº 3 (1)	0 ,091	0 ,067	0 ,020	1,030	
Nº 4	0 ,111	0 ,092	0 ,022	1,645	
Nos 5 et 6	0 ,256	»	0 ,015	380	0 <sup>m</sup> ,015
d, poulie identiq	ue à l'aimant		0 ,014	3,500	0 ,120
The state of the s		yeu		1,320	0,100

Après avoir déterminé les poids portés séparément par chacune de ces pièces jusqu'à la rupture, je remis l'une d'elles en communication avec l'aimant, et j'approchai une autre armature de l'un des points de la circonférence de l'aimant, afin de voir ce qui pourrait rester de fluide disponible. Le résultat de cette détermination se trouve inscrit dans la colonne intitulée traction; il a été obtenu avec un dynamomètre fixé à l'armature ajoutée.

La colonne 8 contient la somme des attractions réalisées par le concours simultané des deux armatures.

La pile était formée de l'un des grands éléments qui ont servi dans l'expérience précédente.

cédente.

Courant total : 
$$\frac{\tan g., 55^{\circ} \cdot 12'}{2}$$
,

Courant réduit :  $\frac{\tan g., 38^{\circ} \cdot 30'}{2}$ .

1	circulaire, on n	no de la compania de la compania de POIDS :				ARMATURE EN PLUS.				
-	N° D'ORDRE.	ARMATURES.	nécessaire pour amener la rupture.	Ajoutée.	Poids porte dans cette nouvelle condition.	Traction pour amener la séparation de la nouvelle armature.	La première armature tombe avec.	Somme des attractions.		
	servi de cinq d	Nº 1	15 kilog.	29 19170 d.	-kilog.	7 kilog.	11k,590	181,59		
Ì	2	Nº 2	16,05	d.	tonmabil	9	14 sel 11	23. 500		
l	3	Nº 3	17,50	d.	13	10	15	25		
ı	4	Nº 4	18,50	d.	13,500	10	15 ,400	25 ,400		
١	5	Nº 5	8,80	d.	6	13	True di	20 111		
1	6	d	14	Nº 4.	9,500	10	10 ,5	20,50		
	77	e	10,5	d.	5,500	12	6	18		
			100,35		, nos .g ,	17 mmalen, 1,1	79 <sup>k</sup> ,49	150k,49		

<sup>(1)</sup> C'est l'armature employée dans les précédentes expériences. (1) MAL and hoppog (8)

Il résulte de ce tableau qu'en faisant intervenir les armatures deux à deux la somme des poids portés dépasse de moitié celle qui a été obtenue par une de ces armatures agissant seule.

Ce fait découle encore du tableau suivant, dans lequel on fait varier l'armature ajoutée, l'armature principale restant invariable :

tang., 38° 30'.

071, 0	000,0	POIDS	ARMATURE EN PLUS.				
Nºº D'ORDRE.	ARMATURE.	nécessaire pour amener la rupture.	Ajoutée.	Poids portés dans cette nouvelle condition.	Traction pour amener la séparation de l'armature ajoutée.	La première armature tombe ayec.	Somme des attractions.
2	.) d.	15 <sup>k</sup> ,500	N° 1. N° 3. N° 4.	15 kilog.	12 kilog. 8	14,500	1 Harris
4 5			Nº 5.	14,500	5	15,500	20,500

On reconnaît également un autre fait dans ces tableaux, c'est l'influence exercée par la masse de l'armature et par sa forme. Cette influence a été examinée par MM. Pfaff (1), Barral (2), Dub (3) sur les électro-aimants rectilignes et bifurqués; elle est, en général, la même chez les circulaires. Cette question, du reste, est loin d'être approfondie; elle se complique de quelques autres influences, plus importantes peut-être pour les électro-aimants depuis longtemps connus: j'aurai à m'en occuper dans la suite.

Mais, en faisant agir à la fois deux armatures sur un électro-aimant circulaire, on n'a pas utilisé toute la puissance dont il peut disposer; une troisième et une quatrième armature sont encore attirées avec une intensité de moins en moins grande, il est vrai, mais dont la somme peut atteindre jusqu'au triple de la puissance obtenue avec une seule armature.

Dans les expériences dont je vais rapporter les résultats, je me suis servi de cinq des armatures mentionnées; j'y ai ajouté une sixième e', de même masse et de même forme que e: pour les placer, j'ai solidement amarré l'électro-aimant de la précédente expérience, de manière à pouvoir, autant que possible, disposer de son pourtour. J'y rangeai les différentes armatures, les plus lourdes en bas ou en haut, et avec le dynamomètre qui m'a déjà servi je procédai à l'arrachement normal de chacune d'elles, avec la précaution de la remettre en place quand l'effort à vaincre était bien constaté.

<sup>(1)</sup> Poggendorff's Annalen, LII, p. 306.

<sup>(2)</sup> Comptes rendus de l'Académie des sciences, XXV, p. 758.

<sup>(3)</sup> Poggend. Ann., LXXIV, p. 465, et LXXX, p. 502.

Le courant a été engendré par deux éléments pareils à celui qui a déjà servi dans les précédentes expériences; je l'ai réduit aux diverses intensités à l'aide d'un rhéostat.

Courant total:

tang., 52° 40';

Courant réduit :

tang., 11° 50'.

Nº5 D'ORDRE.	armatures employées.	erfort à vaincre.	armatures ajoutées.	ARMATURES arrachées.	à vaincre dans cette nouvelle condition.
	N° 1 N° 2	10 13	Toutes, moins no 4.	Nº 1.	5k
3	N° 3	12	id.	Nº 3.	) · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
i		14 4 4,5	id.	e	3

Le n° 4 se détachait assez facilement; il tombait au moindre ébranlement. Je n'ai pu obtenir de résultats bien nets avec cette armature en présence du courant employé. Je fis donc intervenir un courant plus intense, ce qui me conduisit aux résultats ci après :

Tang., 27° 55'.

Nos D'ORDRE.	employées.	a vaincre.	ajoutées.	arrachées.	dans cette nouvelle condition;
8 N	° 1 ° 2 ° 3	25 kilog. 27 28 28 10	N° 1 N° 2 N° 3 N° 4 e	Nº 1 Nº 2 Nº 3 Nº 4	14 <sup>k</sup> ,5 16 16 20 6

and some time apply a non-index of the Tang., 55° 40. It may be for the the a market of the

N°* D'ORDRE.	ARMATURES employées.	à vaincre.	armatures ajoutées.	armatures arrachées.	a vaincre dans cette nouvelle condition.
15 16	Nº 1 Nº 2 Nº 3 Nº 4 e	30 kilog. 32 32,5 35,5 14 14	Toutes.	1 2 3 4 4 6	18 kilog 20 24 26 11

On voit dans ces tableaux que la somme des attractions augmente avec le nombre des armatures en même temps qu'elle diminue pour chaque armature considérée à part. Tout en restant dans la limite des erreurs dont le procédé est susceptible, on peut admettre que la puissance maxima que l'aimant a donnée avec une seule armature, le n° 4, a été triplée par le concours des autres pièces. D'ailleurs ce nombre n'est pas une limite; il aurait pu être dépassé avec un plus grand nombre d'armatures.

Ces expériences sont loin d'être terminées; je les donne comme premiers résultats d'une série de recherches d'autant plus indispensables que la science se tait complétement sur la question de savoir quel est le rapport entre le magnétisme d'une surface aimantée et celui qui est concentré en un point quelconque de cette surface, alors qu'il se trouve sollicité en ce point par une armature.

Tout en maintenant l'exactitude relative des différents nombres qui précèdent et qui ont été obtenus à l'aide de la méthode des poids portés, la seule praticable dans ce cas, je dois avouer que j'ai été à même de reconnaître à chaque pas les défectuosités de cette méthode et qui ont préoccupé tous les physiciens qui se sont livrés à ce genre de recherches. Tant que nous ne saurons pas donner un poli parfait et une pureté chimique aux surfaces en présence, nous ne pourrons pas prétendre opérer dans des conditions identiques de contact. J'aurai à revenir sur ces questions. Sans se préoccuper des causes qui amènent les irrégularités qu'on observe parfois dans les résultats fournis par cette méthode, MM. Lenz et Jacoby lui en ont substitué une autre, la méthode par les courants d'induction, méthode inapplicable ici. J'en dirai autant du procédé que M. Tyndall a suivi dans ses recherches sur les lois de l'aimantation publiées dans les Annales de Poggendorff.

#### Electro-aimants circulaires en mouvement.

Jusqu'ici nous n'avons étudié les électro-aimants circulaires qu'au repos; il me reste à prouver par l'expérience qu'ils répondent au but que je me suis proposé en les construisant, but qui est d'obtenir une adhérence plus constante, aux différentes vitesses.

Cette plus grande constance me semble découler de la constitution même de l'appareil : on remarque, en effet,

- 1º Que l'aimantation s'y propage constamment dans le même sens;
- 2º Que chacun des pôles conserve son fluide sans éprouver d'inversion;
- 5° Que l'aimantation s'y trouve développée sur toute la circonférence et non plus en un point variable, comme dans les électro-aimants para-circulaires.

Si donc la diminution de force que ces derniers éprouvent par la rotation provient de ce déplacement polaire, les électro-aimants circulaires proprement dits doivent conserver sensiblement leur puissance d'adhésion aux différentes vitesses.

C'est, en effet, ce que l'expérience confirme. Un premier essai fut tenté avec un frein *Prony*, appliqué sur une poulie en fonte K, fig. 7, fixée sur l'axe de la poulie armature A; une poulie en bois i, placée à l'extrémité de l'électro-aimant et substituée à la manivelle S, recevait la corde destinée à communiquer le mouvement. Le volant avait deux diamètres, l'un de 1<sup>m</sup>,60, l'autre de 0<sup>m</sup>,90; il était mû à bras d'homme, de sorte qu'on ne pouvait obtenir la grande vitesse pendant une minute de durée. De plus, les coussinets étaient en bois de chêne et ne présentaient pas une résistance suffisante; enfin les trois cercles n'étaient pas parfaitement dressés, ce qui les empêchait de toucher toujours également bien la poulie commandée. Ces circonstances défavorables suffisent pour expliquer les oscillations consignées dans le tableau suivant.

ad roulement.	vitesse que par minute.	ADHÉRENCE au roulement.	VITESSE  par minute.
7 kilog. 7 5,500	60 tours. 615 1,810 1,992	10 kilog. 9 8	96 tours. 203 810 1,600

La construction vicieuse de l'appareil ressort clairement des résultats qui précèdent. Des coussinets en bois ne présentaient pas assez de résistance; car, à mesure que la vitesse augmentait, la surface de contact diminuait, et les deux poulies, se séparant de plus en plus du côté où le volant agissait, se regardaient sous un angle de plus en plus grand. Pendant que le cercle N' (fig. 7) mordait profondément dans la poulie-armature sous la pression que lui imprimait la corde, le cercle N ne touchait pas ou ne touchait qu'accidentellement. C'est peut être un contact fortuit de ce genre, qui a produit l'accroissement d'adhérence signalé dans la première colonne du tableau.

Si, au lieu de ne serrer le frein que d'une quantité suffisante pour être influencé par la poulie commandée, sans arrêter la marche de celle-ci, on lui donne un serrage tel, que la rotation de cette poulie soit entravée complétement, ainsi que je l'ai fait d'après le conseil de MM. Combes et de Sénarmont, on remarque une différence dans le degré d'aimantation que la poulie éprouve aux différentes vitesses; mais, comme tout en changeant le mode d'appréciation on n'a rien changé dans la construction vicieuse de l'appareil, les doutes signalés plus haut, au sujet du décroissement de la puissance magnétique sous l'influence de la rotation, subsistent tout entiers.

Pour échapper, autant que possible, aux causes d'erreur qui interviennent dans les précédentes expériences, et notamment pour réduire à un minimum les influences perturbatrices provenant de l'inégalité des diamètres de cet électro-aimant, j'ai cherché à opérer à distance. La barre de fer qui a servi plus haut (page 15) fut boulonnée, par une de ses extrémités, contre une poutre et abattue par la tranche sur la poulie paralpèlement à celle-ci, en laissant entre les deux surfaces un espace d'environ 2 millimètres, ménagé au moyen d'un support. Cette barre reçut à l'autre extrémité une corde montée sur deux poulies et munie d'un plateau. Le courant étant interrompu, on détermina d'abord le poids qu'il fallait mettre dans le plateau pour soulever la barre, puis on rétablit la communication, et on reconnut le poids nécessaire à la rupture du nouvel équilibre et qui était à peu près de 1 kilogramme.

Le poids total s'élevait, en moyenne, à 6,587, déduit de quatre pesées (6,586, 6,580, 6,600, 6,580); on plaça 6,587 grammes sur le plateau, et on fit passer le courant.

Autority and the	VOLANT.	AIMANT,	ARMATURE.
Nombre de tours par minute	50 852	312	825
Studio aq Jamelios of	70	437	1,155

La barre ne se dérangea pas pendant ce temps, et pourtant il suffisait d'un choc imprimé au plateau ou d'une forte vibration pour le détacher.

La corde fut donc mise sur le grand diamètre du volant, les poids furent de nouveau déterminés; il en résulta une nouvelle moyenne plus forte que la précédente, ce qui s'explique, le courant ayant été interrompu pendant les préparatifs. La nouvelle moyenne était de 6,602 (6,600, 6,598, 6,610, 6,606); quand on interrompait le circuit, la barre de fer se détachait instantanément sous la pression de 6,600 grammes. Le rayonnement magnétique la tenait en respect, mais elle se détachait au moindre poids additionnel qu'on mettait dans le plateau.

Voici les nouvelles vitesses observées :

rector A ne touchait pas on ne touchait	volant.	AIMANT.	HO ARMATURE.
Nombre de tours par minute	dans 60 month	720	1,890
of the sufficient poor city influence por	15 TO 15	900	2,363

Enfin j'ai répété avec cet appareil l'expérience qui a été faite sur la roue de locomotive au moyen de la boussole de déclinaison; la barre fut placée, cette fois, à 1 millimètre seulement de la poulie magnétique. À 4 décimètres de l'appareil, la boussole était encore fortement affectée; quand elle fut arrivée à la position d'équilibre, on fit tourner l'appareil. L'aiguille oscillait vivement sous l'influence de l'ébranlement produit par le mouvement des poulies, mais la résultante des oscillations passa toujours par le point que l'aiguille avait choisi au repos.

Les résultats fournis par ces deux dernières expériences excluent toute idée de décroissement magnétique causé par la rotation. Malgré leur parfaite concordance et en admettant même que la diminution dans les essais au contact ne provient que d'une construction vicieuse, je ne saurais m'empêcher d'avoir des doutes sur la constance parfaite de l'aimantation des électro-aimants circulaires aux différentes vitesses. Le raisonnement indique un décroissement, la théorie l'exige. Voilé à l'échelle où j'ai opéré, il doit se manifester dans des expériences conçues dans de plus larges proportions. Ce décroissement sera de beaucoup inférieur à celui qu'on observe chez les électro-aimants para-circulaires qui ont l'inversion du fluide en plus et l'aimantation de toute la circonférence en moins; mais il doit exister, puisque, indépendamment du magnétisme qui anime le point de contact, le fluide qui participe à l'adhérence se recrute dans toute l'étendue de l'électro-aimant, et que chaque molécule de fer qui constitue ce dernier fournit son contingent de puissance attractive.

Quoi qu'il en soit de ce décroissement, il doit être peu de chose aux vitesses habituelles des locomotives, puisqu'il n'a pas été bien sensible à une vitesse de deux mille tours par minute. Un autre fait résulte de ces expériences, fait qui a sa valeur au point de vue pratique, c'est qu'un électro-aimant circulaire peut être utilisé en plus d'un point de sa circonférence, de manière à commander plusieurs mouvements, à l'instar des beffrois, ou servir de poulie intermédiaire entre deux mouvements.

Ce qui se dit des poulies se dira de même des roues de locomotives aimantées d'après les principes que nous venons d'exposer.

Au nombre des applications dont les électro-aimants circulaires sont en ce moment l'objet, j'en citerai une qui est achevée et dans laquelle ces électro-aimants paraissent rendre de bons services, c'est l'anémographe électrique de M. Dumoncel, depuis quelque temps déjà, en activité à l'Observatoire de Paris.

#### Conclusion.

Les recherches qui précèdent font voir jusqu'à quel point j'ai atteint le but que je me suis proposé en appliquant l'attraction magnétique à la production de l'adhérence. Si incomplètes qu'elles soient, elles établissent ce point principal, qu'il est possible d'aimanter des masses de fer en rotation et de donner à ces masses de fer une aimantation assez constante.

Deux systèmes d'électro-aimants sont résultés de ces recherches : l'un, en collaboration avec M. Amberger, c'est le système des électro-aimants para-circulaires que j'ai

SCD LYON 1

été à même d'expérimenter sur une grande échelle; l'autre, le système des électro-aimants circulaires proprement dits, dans lesquels je corrige la défectuosité des premiers et qui sont, à mon avis, appelés à parcourir la voie que les électro-aimants para-circulaires ont frayée.

A l'aide de ces derniers, j'ai pu démontrer, à l'échelle normale et dans les conditions de la pratique, la possibilité d'augmenter l'adhérence des roues motrices par l'emploi de l'attraction magnétique. Sans les pertes que la rotation a causées dans cette circonstance, l'adhérence de roulement, l'effet utile, eût pu s'élever à 20 pour 100, puisqu'il a été de 8,3 pour 100 à la vitesse de 8 kilomètres à l'heure, alors que la pression magnétique n'était plus guère que de 200 kil. par roue.

Cette déperdition sera désormais évitée en appliquant le mode d'aimantation qui constitue les électro-aimants circulaires; mais il ne suffit pas d'éviter les pertes, encore faut-il augmenter la puissance. La disposition qui permet de faire intervenir les deux pôles résoudra cette difficulté. Les expériences consignées à la page 16 et suiv. en fournissent la preuve; tandis qu'un seul pôle de l'aimant (fig. 7) produit 2-3 kilogrammes avec un courant 582 (tangente, 5° 20'), les deux pôles réunis donnant 17 à 18 kilogrammes, sans que le courant ou l'armature aient changé.

On peut objecter que, si courant et armature sont restés les mêmes dans les expériences citées, la surface de contact a été augmentée dans l'un des cas, l'essai des deux pôles : les résultats consignés à la page 18 répondent à cette objection.

J'ai donné cette démonstration d'une manière tout aussi évidente avec l'électro-aimant trifurqué que je décris dans les Annales de chimie et de physique, et que j'avais déjà présenté à la Société philomathique (1). Dans cet aimant, l'armature trouve même surface de contact dans les deux cas, et pourtant la différence des poids portés est manifeste.

Ces faits, que je crois bien établis, prouvent donc qu'on peut augmenter l'attraction sans changer le courant ni l'armature.

Le principe sur lequel les électro-aimants circulaires sont fondés nous donnera donc la possibilité de réaliser des roues motrices douées d'une adhérence considérable et indépendante de la charge qui repose sur le point de contact; adhérence qui peut être augmentée ou diminuée suivant les circonstances, qui peut être anéantie sans peine lorsqu'elle est inutile, et que l'on peut faire réapparaître instantanément dès que le besoin l'exige.

La quantité de magnétisme utile que l'on pourra espérer, en passant d'une petite roue à la grande roue de locomotive de 1<sup>m</sup>,60, est indiquée par la loi de M. Muller; la base du calcul est fournie par les expériences rapportées à la page 18, expériences dans lesquelles je me suis servi d'une armature dont le poids, les dimensions sont au poids et aux dimensions du rail sensiblement dans le rapport des diamètres de l'électro-aimant fig. 7 et de la roue motrice. Cette armature a donné 20 kilog. d'attraction avec cet aimant, et certes cette quantité n'était pas maximum; mais, la con-

<sup>(1)</sup> L'Institut, novembre 1852.

sidérant comme telle, nous trouvons qu'une roue motrice construite suivant les données de cet électro-aimant, à deux gorges, pourra atteindre 2,800 kilogrammes, c'est-à-dire près de trois tonnes, d'attraction par ligne tangentielle, soit 5 1/2 tonnes par paire de roues.

Mais 250 kilog. d'attraction par roue, soit 500 kilog. par paire de roues, ont fourni, dans la grande expérience sur chemin de fer, 8,5 pour 100 d'effet utile; 5,500 kilog. en fourniront enze fois plus, 91 pour 100 d'adhérence sensiblement constante à toutes les vitesses usitées dans la locomotion. Le rapport de la commission officielle se contenterait provisoirement du quintuple de ce qui a été obtenu au chemin de fer de Lyon.

On m'accordera que je n'exagère pas mes résultats; dans les tableaux de la p. 16 on trouve encore d'autres nombres obtenus avec d'autres armatures. Cet électro-aimant a fourni 100, 110, 150 kilog. et plus d'attraction avec une seule armature. J'ai pris pour base de mes calculs le nombre 20, parce que ce nombre a été fourni par l'armature qui avait le plus d'analogie avec le rail, tant sous le rapport de la masse et de la longueur que sous le rapport du contact.

Le raisonnement que je viens de faire avec l'électro-aimant circulaire à 5 pôles de la fig. 7 s'applique entièrement à l'électro-aimant de la fig. 10, dont les dimensions n'ont, comme chez le précédent, aucun caractère absolu et dont la forme générale peut être appropriée aux diverses exigences de la pratique.

Tout en faisant la part de la diminution qui peut être amenée, dans le cas spécial du chemin de fer, par la disproportion qui existe entre la roue et le rail, par l'hétérogénéité des différentes pièces de fer et même par la rotation, il restera, comme on voit, une somme d'attraction peu usitée dans l'état actuel de la science. Vulgariser ces puissants effets, les rendre pratiques et, par conséquent, accessibles aux chercheurs, est une tâche à laquelle je me voue avec ardeur. De nouveaux points de vue jailliront de ces actions magnétiques réalisées sur une si grande échelle, avec des masses de fer en mouvement. A l'aide de ces actions, la physique générale découvrira de nombreux faits nouveaux, les théories moléculaires y rencontreront des auxiliaires inattendus, et ce ne sera pas une des études les moins curieuses que d'examiner l'attitude des substances diamagnétiques en présence des pôles de puissants aimants qui tournent à 5 ou 4,000 tours par minute et qui permettront, par conséquent, de placer la matière à la fois sous l'influence de la force centrifuge et de l'attraction magnétique.

Vu et approuvé par le recteur de l'Académie de la Seine,

le 4 mai 1853, CAYX. Vu et approuvé le 30 avril 1853, le doyen, MILNE-EDWARDS.

Paris. - Imprimerie de Mme Ve Bouchard-Huzard, rue de l'Éperon, 5.

sidérant comme telle, nous trouvons qu'une roue motrice construite suivant les données de cet électro-aimant, à deux gorges, pourra atteindre 2,800 kilogrammes, ciestà-dire près de trois tonnes, d'estruction par ligne tangentielle, soit à 112 tonnes par paire de rouce.

Hais 250 kilog. d'attraction par roue, soit 500 kilog, par paire de roues, ont fourni, dans la grande oxpérience sur dicemin de fer. S.5 pour 100 d'effet utilier 5, 500 kilogs on fontrairemt onze fois plus, 31 pour 100 d'adharence semiblement constante à toutes les vitesses usitées dans la locomotion. Le rapport de la commission officielle se controite seil provisoirement du quantiple de re qui a été obtenu au chemin de fer de Lyonzale.

On m'accordera que je n'exagere pas mes restritas, come as tantantes de la proventa fronte encore d'autres aombres obtants avec d'autres armatures. Let électro-almènt a lourni 100, 110, 150 kilos, et plus d'altitution sero une seule armature, d'al pris pour basé de mes calculs le nombre 20, parce que es nombre a été fourni par l'armature qui avait le plus d'analogie avec le rait, tent aous le rapport de la massa et de la konsugeur que sous le rapport du contact.

Le raisonnement que je viens de faire avec l'électrosaiment encutaire a 2 poiss de la fig. 7 s'applique enforcement n'é électro-aiment de le fig. 10, dont les dimensions n'ent, comme chez le précédent, aveus caractère absolu et dont la force générale peut eure appropriée aux diverses extrences de la pray que le comme des appropriée aux diverses extrences de la pray que le comme de la pray que la comme de la pray que le comme de la pray que le comme de la pray que la comme de la pray que la comme de la com

Tout en faisant la part de m diminution qui exche antre in mende, dans le cas archidi de nemicule for par la disproport pur qui exche antre la reme,et lo rail, que l'héférogénétic des différentes pieces de for el même par la retelieu, il restera, comme en xeil, une semme à atraction peu ualte dans l'état estée de la science. Faiganiser exaction en xeil, une flets, les rendre pratiques et par consciruent, accessibles aux chorcheux, est une frèbe à aquelle je me vone avec truesc. De nouveaux poiets de vies pailliront de ces actions magnétiques réalisées sur une si grande évicule, avec des masses de for ca mouvament l'aifie de ces actions, la physique genérale édecurrire de nombreu daits aquerurs, les théories moléculaires y rencentrevent des anxillaires instituciones de concessor pass une des chudes les mines curieuses que d'examiner i attuate des substançes dismagnétiques en qui permettrant, par conséquent, de placer la matière à la dates sons l'influence de la concessor de la dates des la dittaction magnétiques et qui permettrant, par conséquent, de placer la matière à la dates sons l'influence de la concessor de la dates des la lattaction magnétiques de particular de particular de matière à la date sons l'influence de la concessor en concessor de la concessor de la date sons l'influence de la concessor d

Vu et approuvé par le recteur de l'Académie de la Belle-

wise or impromise do Mas V Stephinaro-Hoxano, mo de PEporon, S.

