

2° Le GROUPE VI (*Génie civil. Moyens de transports*) qui occupe une partie du Palais Suffren, et la majeure partie de l'annexe de Vincennes.

3° Le GROUPE IX (*Forêts, chasses, etc.*) où, dans la classe 54, se trouve l'industrie du caoutchouc et de la gutta percha (que l'on rencontre encore dans la classe 98 du groupe XV); cette exposition est située dans le Palais édifié au bord de la Seine en aval du pont d'Iéna.

4° Le GROUPE XI (*Mines, métallurgie*) dont l'emplacement est dans le Palais La Bourdonnais, près de la Tour Eiffel.

5° Le GROUPE XII (*Décoration et mobilier des édifices publics et habitations*) où nous trouvons, dans un pavillon situé quai d'Orsay, les appareils de chauffage par l'électricité.

6° Le GROUPE XIV (*Arts chimiques et Pharmacie*) occupant la partie centrale du Palais Suffren, où la classification prévoit l'exposition de fours électriques et d'appareils électrolyse.

7° Le GROUPE XVIII (*Armées de Terre et de Mer*) installé dans un Palais édifié au quai d'Orsay et où sont exposées les applications de l'électricité à la guerre et à la marine.

TELEGRAPHONE PULSEN (1)

Le Télégraphone, que l'inventeur appelle aussi Magnéto-téléphonographe, permet, comme le phonographe, l'inscription et la reproduction de la parole, mais tandis que le phonographe ne peut enregistrer directement que les sons émis dans le voisinage immédiat de l'appareil et ne peut les transmettre en un autre endroit, le télégraphone peut être placé à une distance quelconque du lieu d'émission et du lieu de reproduction. Le télégraphone diffère d'ailleurs encore du phonographe par le principe de son fonctionnement, principe nouveau et original qui fait du télégraphone un des appareils les plus intéressants que nous ayons rencontré dans nos visites à l'Exposition et qui semble devoir assurer à cet appareil de nombreuses et importantes applications dans le domaine de la téléphonie et aussi celui de la télégraphie.

PRINCIPE DU TÉLEGRAPHONE. — Les paroles qu'il s'agit d'enregistrer sont prononcées devant un transmetteur téléphonique; les courants qui en résultent sont amenés par les fils de ligne à un petit électro-aimant entre les pôles duquel glisse un fil d'acier; le champ magnétique variable ainsi développé entre les pôles de l'électro-aimant produit une aimantation du fil variant avec le champ; chaque point du fil ou ruban possède donc après le passage entre les pôles une aimantation transversale dont l'intensité dépend de l'intensité du courant téléphonique qui lui a donné naissance; les paroles se trouvent alors inscrites sur le fil.

Si maintenant on relie l'électro-aimant à un récepteur téléphonique, puis qu'on fasse de nouveau glisser le fil dans le même sens et avec la même vitesse que pendant l'inscription, les noyaux de l'électro-aimant subiront une série de variations dans leur aimantation, des courants induits prendront naissance dans les bobines et la membrane du récepteur téléphonique entrera en vibration, reproduisant les paroles prononcées devant l'appareil transmetteur.

L'inscription et la reproduction des sons s'effectuent donc au moyen d'actions magnétiques. Celles-ci s'exerçant à distance, les bruits parasites auxquels donne lieu le

(1) Exposé par la société anonyme « Telegrafonen Patent Poulsen », de Copenhague, dans la section néerlandaise, partie centrale du rez-de-chaussée du Palais de l'Électricité.

phonographe et qui sont dus aux frottements mécaniques des pièces de cet appareil, ne peuvent se produire dans le télégraphe. La reproduction de la parole doit donc être, et est en effet, extrêmement nette et complètement dépourvue de ce timbre métallique si désagréable que donne le phonographe. De plus il est à prévoir que le nombre des reproductions doit être en quelque sorte illimité, aucune altération mécanique de l'inscription ne pouvant se produire ; c'est ce qu'a vérifié M. Poulsen qui n'a pu constater d'affaiblissement notable dans l'intensité sonore après 1200 reproductions.

Ajoutons que pour « effacer » l'inscription magnétique, rien n'est plus simple. Il suffit d'envoyer dans l'électro-aimant un courant continu d'intensité convenable et de faire glisser le fil entre ces pôles : ce fil se trouve ainsi uniformément aimanté et il est alors prêt à recevoir une nouvelle inscription.

DESCRIPTION DU TÉLÉGRAPHE. — Dans l'appareil présenté à l'Exposition, le fil d'acier destiné à inscrire les courants téléphoniques a un diamètre de 1 mm et une longueur d'environ 120 m ; il est enroulé sur un tambour horizontal de 25 cm de longueur et de 10 cm de diamètre mis en mouvement avec une vitesse angulaire de 120 tours : minute par un petit moteur électrique. L'électro-aimant est fixé sur une monture coulissant le long d'une règle disposée parallèlement aux génératrices du tambour ; il est légèrement pressé contre le fil et cette pression suffit pour que l'électro-aimant se trouve entraîné par le fil le long de la règle. L'appareil est complété par un transmetteur et un récepteur téléphoniques placés dans une cabine et que l'on met successivement en communication avec l'électro-aimant suivant que l'on veut enregistrer ou reproduire la parole.

Cet appareil n'est d'ailleurs qu'un modèle de démonstration destiné principalement à faire saisir le principe de l'invention et faire pressentir les applications auxquelles il peut se prêter. Il nous paraît donc inutile d'en donner une description plus complète et nous préférons décrire en détail deux autres modèles récemment brevetés par l'inventeur ⁽¹⁾ et qui présentent plusieurs dispositions ingénieuses. L'un de ces modèles est destiné à l'inscription des messages téléphoniques dont la durée est d'au plus 1 ou 2 minutes, l'autre à l'inscription de messages de plus longue durée.

1^o Modèle pour inscriptions de courte durée. — Le modèle dont la figure 1 donne une élévation et dont les figures 2 à 6 montrent le détail de diverses parties, se compose : d'un socle creux *a* portant un étrier *b* ; d'un arbre *c* fixe portant un cylindre *d* également fixe, sur lequel est enroulé le fil d'acier *g* ; d'un tube creux *e* en forme de fer à cheval, tournant autour de l'axe *c* au moyen d'un mouvement d'horlogerie contenu dans le socle de l'appareil ; enfin d'un chariot *f* mobile le long d'une des branches du tube *e* et qui porte l'électro-aimant inscripteur.

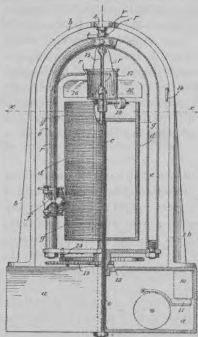


Fig. 1. — Modèle pour inscription de faible durée.

(1) Brevet anglais n° 8961, déposé le 28 avril 1899, accepté le 17 mars 1900.

La mise en marche du mouvement d'horlogerie est commandée par l'électro-aimant 10 (fig. 1) dont l'armature 11 fait frein sur une roue du mouvement tant que l'électro-aimant n'est pas excité. Le mouvement de rotation est transmis au cadre *e* par l'intermédiaire de la roue 13 et du pignon 12 calé sur un arbre creux entourant l'arbre fixe *c*.

Dès que l'appareil est mis en mouvement, les pôles de l'électro-aimant qui, au repos ne touchent pas le fil, sont mis automatiquement en contact avec celui-ci. Dans ce but, au chariot *f* (fig. 2) qui porte l'électro-aimant est articulée une tige filetée *o* munie d'une petite sphère *f* qui, sous l'effet de la force centrifuge, tend à s'éloigner de l'axe de rotation. Le chariot ne pouvant tourner autour de la monture *e*, une goupille fixée au chariot et pénétrant dans une rainure de la monture *e* s'opposant à ce mouvement, la tige *o* pivote et, par l'intermédiaire du ressort *m* et du levier *k*, applique les noyaux *i* de l'électro-aimant *h* sur le fil *g*.

Les extrémités de ces noyaux étant taillées de façon à bien embrasser le fil, l'électro-aimant se trouve guidé par ce fil et prend un mouvement hélicoïdal le long du fil en même temps que le chariot, primitivement à la partie inférieure du cadre mobile *e*, monte le long du cadre.

La constance de la vitesse angulaire du mouvement de rotation se trouve assurée de

diverses manières. D'une part quand la vitesse tend à augmenter, la force centrifuge agissant sur la boule *p* tend à presser plus fortement contre le fil les noyaux de l'électro-aimant et par conséquent à augmenter le frottement s'opposant au mouvement. D'autre part la monture mobile *e* entraîne, au moyen d'un accouplement élastique constitué par des fils flexibles 15 (fig. 4), un cylindre 17 reposant par une crapaudine sur la pointe de l'arbre fixe *c*; ce cylindre porte deux ailettes 16 (fig. 1) dont le frottement contre l'air ralentit son mouvement; il porte en outre, pivotés

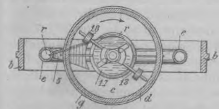


Fig. 4. — Dispositif de freinage. (Coupe suivant le plan *xx'* de la figure 1).

sur son fond inférieur, deux leviers munis de rondelles pesantes 18 (fig. 4) qui sous l'effet de la force centrifuge appliquent contre l'arbre fixe deux ressorts fixés aux leviers et donnent lieu ainsi à un frottement résistant d'autant plus grand que la vitesse de rotation est plus grande.

Pour arrêter l'appareil automatiquement quand toute la longueur du fil a été parcourue par l'électro-aimant, un taquet 14 (fig. 1) est disposé à la partie supérieure de la monture fixe *h*: lorsque le chariot *f* vient, par suite de son mouvement ascensionnel, rencontrer le taquet, celui-ci coupe, par un dispositif qui sera décrit plus loin, le circuit de l'électro-aimant 10 et l'armature 11 de cet électro arrête le mouvement d'horlogerie.

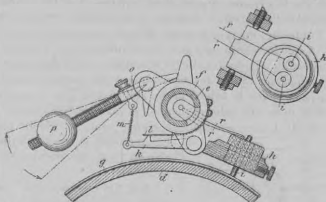


Fig. 2 et 3. — Détails du porte électro-aimant et de l'électro-aimant.

Dès que le mouvement de rotation a cessé, les pôles de l'électro-aimant sont éloignés du fil par l'effet du ressort *l* (fig. 2); par suite le chariot tend à descendre par son poids le long de la monture *e* et à revenir à sa position initiale. Sa descente est d'ailleurs régularisée par le cylindre *d* portant les ailettes 16 et les freins centrifuges 18. Pendant le mouvement de l'appareil ce cylindre tend en effet à tourner moins vite que le cadre mobile *e* qui l'entraîne, en raison même des dispositifs de freinage dont il est muni; par suite les fils 15 qui le relieut au cadre s'enroulent jusqu'à ce que le couple dû à cette torsion fasse équilibre au couple des efforts retardateurs et il en résulte un mouvement relatif du cylindre par rapport au cadre; les fils souples *r* qui relieut l'électro-aimant à la ligne téléphonique en passant dans le tube 5 et qui sont fixés à une de leurs extrémités sur le cylindre s'enroulent donc sur celui-ci pendant la marche de l'appareil. Au moment de l'arrêt, le chariot qui porte l'électro-aimant se trouve ainsi suspendu par ces fils et il ne peut descendre qu'en faisant tourner le cylindre; par conséquent la chute du chariot peut être régularisée par les dispositifs de freinage du cylindre.

Les fils conducteurs *r* dont il vient d'être question sont reliés par des fils *r* (fig. 1) à deux bornes isolées *q* portées par le cadre *e*, bornes reliées elles-mêmes à deux bagues *s* et *t* (fig. 6) contre lesquelles s'appuient deux balais *u* et *v* les faisant communiquer respectivement à deux autres bornes *q'* (fig. 5); à ces dernières bornes sont attachés les fils téléphoniques *r''*.

La figure 7 montre l'adaptation d'un télégraphe de ce modèle à un poste téléphonique, non dans le but d'enregistrer les messages envoyés à l'abonné de ce poste, le fil n'étant pas assez long pour cela, mais dans le but de transmettre au poste appelant une courte phrase telle que « je suis absent et ne rentrerai que vers 5 heures. » La figure 8 donne le schéma des connexions permettant à l'appareil de remplir ce but.

Des deux fils de ligne aboutissant au poste, l'un 35 est relié directement à l'appareil téléphonique par le fil 36, tandis que l'autre 40 est fixé à deux des plots d'un commutateur 19 à trois directions. Quand ce commutateur est dans la position indiquée par la figure 8 le fil 40 est mis en communication avec l'appareil téléphonique par les plots 39 et 38 et le fil 37, et le télégraphe est mis hors-circuit. Si l'on tourne le commutateur de manière à le placer dans sa position moyenne, on rompt le circuit de ligne et on met en circuit avec le microphone du poste téléphonique l'un des enroulements d'une bobine d'induction R dont l'autre enroulement (à gros fil) est relié au télégraphe; c'est la position qui convient lorsque l'abonné veut enregistrer sur le télégraphe de son poste la réponse qu'il se propose de faire aux correspondants qui l'appelleront ultérieurement. Enfin si l'on met le commutateur dans la troisième position, l'enroulement à fil fin de la bobine R se trouve mis en circuit avec la ligne tandis que le poste téléphonique se trouve mis hors-circuit; c'est la position que doit lui donner l'abonné du poste lorsqu'il s'absente.

Examinons successivement le fonctionnement du télégraphe quand le commutateur est dans la seconde et la troisième position.

Pour la seconde position le microphone du poste téléphonique est, avons-nous dit,

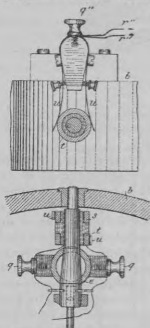


Fig. 5 et 6. — Attaches des fils.

isolé de la ligne et en circuit avec l'enroulement à fil fin de la bobine R. Par conséquent si l'abonné presse sur le bouton d'appel, le courant ne pourra actionner les appareils du bureau central mais traversera l'enroulement primaire de la bobine et développera dans l'enroulement secondaire un courant induit qui, par le circuit 20, 21, 22, 23, 24, 25 excitera l'électro-aimant 22; l'armature 27 sera attirée, le levier 41 s'abaissera et fermera en

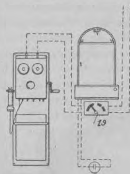


Fig. 7. — Poste téléphonique avec télégraphe.

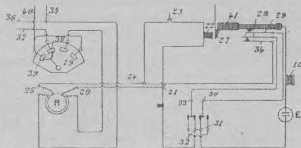


Fig. 8. — Schéma des connexions d'un poste.

28, 29 le circuit 28, 29, 30, 31, E, 10, contenant la pile E et l'électro-aimant 10 commandant la mise en marche de l'appareil; en même temps il fermera le circuit 20, 21, 32, 33, 34, 35 qui contient l'électro-aimant *i* du télégraphe. Par conséquent l'appareil se trouve ainsi mis en marche et les connexions se trouvent établies pour que lorsqu'on parle devant le microphone les sons soient enregistrés. Toutefois il faut encore, pour que les courants induits qui doivent exciter l'électro-aimant *i*, ne se dérivent pas dans le circuit 20, 21, 22, 23, 24, 25, que ce dernier circuit soit rompu; c'est ce qui a lieu par l'interrupteur 23 qui, comme on le voit sur la figure 1, est constitué par un bouton métallique réunissant deux fils circulaires tant qu'il est pressé par le chariot et qui par conséquent coupe le circuit dès que le chariot commence à monter. Lorsque ce chariot est arrivé au haut de sa course il rencontre, comme nous l'avons dit précédemment le taquet 14 et celui-ci relève alors au moyen d'une cordelette, le levier 41, que le ressort 17 maintient dans cette nouvelle position; le contact 28, 29 se trouvant ainsi rompu, l'électro-aimant de mise en marche 10 cesse d'être excité et son armature arrête le mouvement d'horlogerie; le chariot retombe et presse sur le bouton 23 qui reforme le circuit 20, 21, 22, 23, 24, 25, la forme circulaire donnée aux extrémités des fils 22, 23, et 23, 24 que ce bouton est chargé de réunir, assurant la fermeture que soit l'azimuth du cadre mobile au moment de son arrêt.

Quand le commutateur est placé dans la troisième position, le courant d'appel, lancé par un correspondant voulant entrer en conversation avec l'abonné du poste qui nous occupe, traverse l'enroulement primaire de la bobine R et par conséquent produit, comme il vient d'être expliqué, le mouvement du télégraphe. Les courants induits développés dans l'électro-aimant *i* circulent alors dans l'enroulement à gros fil de la bobine R et induisent à leur tour des courants qui vont actionner le récepteur du correspondant et reproduisent la phrase inscrite sur le télégraphe.

Une dernière opération est encore nécessaire : l'effaçage de l'inscription. Pour cela on amène au moyen d'une clef les fils 30 et 33 en communication avec les plots extrêmes du commutateur figuré au-dessous de ces fils, puis on met en marche le télégraphe en met-

tant le levier du commutateur 19 dans sa position médiane et pressant sur le bouton d'appel. Le courant de la pile E suit alors le circuit 10, 28, 29, 30, 33, 34, 24, 25, 20, 1, 32, 31 E; l'électro-aimant *i* se trouve ainsi traversé par un courant continu qui communique au fil une aimantation uniforme.

2^e Modèle pour inscriptions de longue durée. — Dans ce modèle le fil est remplacé par un ruban qui se déroule d'un tambour et s'enroule sur un second tambour en passant entre pôles de l'électro-aimant inscripteur qui est alors fixe; la longueur de fil dépend nécessairement de la longueur du message que l'on veut enregistrer.

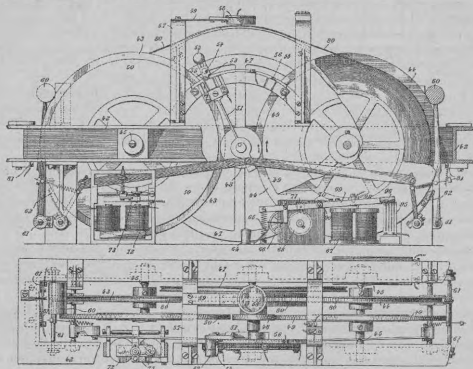


Fig. 9 et 10. — Modèle pour inscriptions de longue durée. — Élévation et vue en plan.

Les figures 9 et 10 donnent une élévation et une vue en plan de ce modèle; les figures 11 à 16 représentent plusieurs détails.

L'électro-aimant inscripteur 58 est porté par un ressort 59 fixé à un étrier 57 assujéti sur le bâti rectangulaire 42. Le ruban est enroulé sur les tambours 43 et 44 maintenus par les pivots 45. Le mouvement des tambours est obtenu au moyen d'un petit moteur électrique actionnant par une courroie la poulie à gorge 47 sur l'axe de laquelle est monté un galet entraînant par frottement l'une des roues 49 ou 50 montées sur les axes des tambours 44 et 43. Le contact du galet avec l'une ou l'autre de ces roues est obtenu en déplaçant légèrement l'axe de la poulie motrice au moyen d'un excentrique commandé par le levier 51 portant une manette 52 servant à le mouvoir, et une pièce 55 munie d'un doigt 53 servant à le fixer en face des encoches 55 ou 56. Mais comme pour l'enroulement du ruban sur l'un ou l'autre tambour, la roue 49 doit tourner dans le sens des aiguilles d'une montre tandis que la roue 50 doit tourner dans le sens opposé, le déplacement du galet 48 ne suffit pas pour

produire le mouvement voulu de ces roues ; il faut encore changer le sens de rotation de ce galet. Pour cela le levier 51 porte deux ressorts isolés reliés au moteur et appuyant sur des segments métalliques placés derrière le levier ; ces segments sont au nombre de trois et celui du milieu est relié à l'un des pôles de la source d'électricité alimentant le moteur tandis que les deux extrêmes sont reliés à l'autre pôle ; de la sorte quand on fait passer le levier 52 de la position représentée par la figure 9 à la position symétrique de celle-ci par rapport à la verticale, le courant se trouve renversé dans le moteur et le sens du mouvement du galet 48 se trouve par suite changé.

L'arrêt de l'appareil s'effectue automatiquement quand le ruban a presque entièrement passé devant l'électro-aimant. Dans ce but un cylindre 60, fixé à l'extrémité d'un levier pivoté en 61, est appliqué au moyen de ressorts contre chacun des tambours ; dès que les spires du ruban forment une épaisseur plus grande que la profondeur de la rainure où elles s'enroulent, le cylindre est repoussé, le levier qui le porte vient presser un ressort 81 placé derrière lui et le circuit d'alimentation du moteur se trouve ainsi rompu. Pour empêcher qu'au moment de l'arrêt du tambour meneur, le tambour mené continue à tourner par l'effet de la vitesse acquise, un frein 62, commandé par le levier de changement de marche 51, appuie constamment sur le tambour mené.



Fig. 12. —
Relais de
mise en
marche.

L'appareil comprend encore deux autres organes : un relais 72 (fig. 9, 10 et 12) et un conjoncteur électromagnétique 67, 96 avec mouvement d'horlogerie 68 (fig. 9, 13, 14 et 15). Ces deux organes ont pour but de permettre la mise en marche de l'appareil par un courant électrique envoyé d'un autre poste et de maintenir cette marche pendant un certain temps, par exemple trois minutes, durée ordinaire d'une conversation téléphonique. Pour cela le courant du poste téléphonique appelant traverse la bobine 72 de l'électro-aimant du relais et son armature forme un circuit local dans lequel est intercalé l'électro-aimant 67 du conjoncteur ; l'armature 69 de

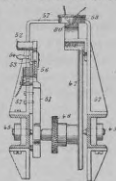


Fig. 11. — Détail.

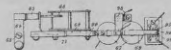


Fig. 13. — Conjoncteur électromagnétique; vue en plan.



Fig. 14 et 15. —
Détails du
conjoncteur.

cet électro-aimant, pivotée en 90, est alors attirée et cette attraction amène la pièce métallique 96 de cette armature entre les balais 95, fermant ainsi le circuit du moteur électrique qui commande l'appareil. Celui-ci se trouve alors mis en marche, mais comme le mouvement de l'armature 69 coupe le circuit de son électro-aimant 67 il faut qu'un dispositif mécanique maintienne l'armature dans sa nouvelle position malgré le ressort, visible sur la figure 9, qui tend à la ramener dans sa position primitive ; c'est ce que fait la roue dentée 68, montée sur le mouvement d'horlogerie et sur laquelle un ressort 70 appuie un cliquet 71 pivoté sur l'armature 69 ; tant que cette armature est éloignée du noyau de l'électro-aimant qui la commande le cliquet 71 appuie sur le fond d'un des encoches de la roue 68 (fig. 14) ; mais dès que l'armature est attirée, la roue, dégagée, se met à tourner et maintient l'armature dans sa nouvelle position (fig. 15) pendant tout le temps qu'une dent de la roue reste au-dessous du cliquet. Au bout de ce temps, l'armature s'éloigne de l'électro-aimant sous l'action du ressort dont il a été question et le circuit d'alimentation du moteur se trouve rompu. On peut d'ailleurs laisser ce circuit fermé aussi longtemps qu'on le veut en

arrêtant le mouvement d'horlogerie pendant que le cliquet 71 est maintenu par la roue 68 de ce mouvement; pour cela, il suffit de déplacer de droite à gauche le bouton du levier 64 (fig. 13), pivoté en 63 et portant une lame 65 qui arrête la roue d'échappement 66 du mouvement.

Voyons maintenant comment on utilise l'appareil dans un poste téléphonique pour enre-

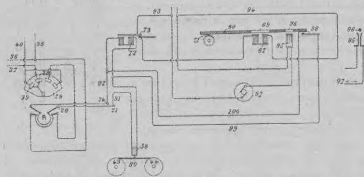


Fig. 16. — Schéma des connexions d'un poste téléphonique avec télégraphe.

registrer automatiquement les messages téléphoniques envoyés à ce poste. Le schéma des connexions représenté par la figure 16 montre que l'on a encore le commutateur à trois directions 19 et la bobine d'induction R dont il a été question à propos du modèle pour inscriptions de faible durée. Par conséquent quand ce commutateur est disposé de façon à réunir les deux plots extrêmes de droite

l'enroulement à fil fin de la bobine d'induction se trouve en circuit avec la ligne téléphonique 35, 40 et le courant d'appel envoyé au poste téléphonique considérée induira dans l'enroulement à gros fil des courants qui, par le circuit 20, 21, 91, 92, 24, 25 feront fonctionner le relais 72; une dérivation 93, 73, 67, 94 prise sur le circuit d'alimentation se trouvera fermée et l'armature 69, attirée par l'électro-aimant 67, fermera en 96, 95, le circuit du moteur 97, en même temps qu'elle supprimera, par un dispositif mécanique non figuré, le contact 73. L'appareil se mettra donc en marche et le ruban 80 pourra enregistrer les courants induits dans R par les courants téléphoniques et amenés à l'électro-aimant 58 par le circuit 21, 91, 58, 99, 98, 100, 92, 24 que l'armature 69 a fermé en 98 au moment de son attraction (1). Des connexions non figurées sur le diagramme mais faciles à imaginer permettent d'ailleurs de faire passer dans l'électro-aimant inscripteur un courant continu pour effacer l'inscription reçue (2).

APPLICATIONS DIVERSES DU TÉLÉGRAPHE. — Le télégraphe paraît se prêter, avouons dit en débutant, à de multiples applications dans le domaine de la téléphonie. Nous

(1) Contrairement à ce qui avait lieu avec le premier modèle, les courants qui traversent l'électro-aimant inscripteur peuvent passer dans la dérivation 91, 72, 92 contenant le relais commandant la mise en marche; il faut par suite donner aux bobines de ce relais une résistance considérable par rapport à celle des bobines de l'électro-aimant inscripteur pour que l'intensité de ces courants traversant ces dernières reste de l'ordre de grandeur des courants induits en R.

(2) Ajoutons que le modèle que nous venons de décrire peut être employé concurremment avec le premier modèle. Les deux appareils sont alors reliés aux bornes 21 et 24, et leur utilisation se fait de la manière suivante: avant de s'absenter, l'abonné du poste place la manette du commutateur 19 dans sa position médiane, met en mouvement le petit appareil et prononce devant son microphone une phrase, telle que celle-ci: « Je m'absente pendant quelque temps mais vous pouvez cependant me transmettre ce que vous avez à me dire, mon appareil enregistreur étant en circuit. » Cela fait, l'abonné n'a plus qu'à pousser le commutateur dans la position extrême de droite pour que les deux télégraphes soient mis en marche par l'appel d'un correspondant quelconque. Le télégraphe petit modèle transmettra alors à l'appelant la phrase qui y a été enregistrée, puis l'appelant, se conformant à cette réponse, transmettra son message qui sera enregistré par l'appareil grand modèle. Le petit appareil restant en repos, les courants ondulatoires résultant de cette transmission étant de trop faible intensité pour le mettre en marche.

venons d'en signaler quelques-unes à l'occasion de la description de l'appareil ; quelques autres non moins intéressantes nous sont indiquées par un rapport qu'écrivait il y a quelques semaines M. Marinovitch à son retour d'un voyage à Berlin fait spécialement en vue d'étudier le télégraphone Poulsen. Examinons-les successivement.

1° *Renforcement des sons téléphoniques.* — Les sons reproduits par le télégraphone ont une intensité de l'ordre de grandeur des sons donnés par les récepteurs téléphoniques. Pour certaines applications on peut désirer avoir des sons plus intenses. Trois dispositifs imaginés par M. Poulsen permettent d'obtenir ce résultat.

Le premier dispositif consiste à prendre une série de n fils parallèles (fig. 17) animés d'un mouvement de translation entre les pôles des électro-aimants $A, a, a', b, b', \dots, n, n'$ et $r_1, r_2, r_3, \dots, r_n$. L'électro-aimant A fait partie d'un circuit contenant le microphone devant lequel on parle ; les électro-aimants a, a', \dots, n, n' sont groupés en tension deux à deux :

les électro-aimants r_1, \dots, r_n , sont reliés en série avec un récepteur téléphonique R . L'impression magnétique produite en un point du fil 1 par l'électro-aimant A , passe successivement devant les électro-aimants a, b, c, \dots, n et induit dans leurs bobines des courants qui, par les électro-aimants correspondants a', b', \dots , produisent des impressions magnétiques sur les fils 2, 3, ..., n . Toutes ces impressions ou taches magnétiques arrivent en même temps devant les électro-aimants r_1, r_2, \dots, r_n et induisent dans leurs bobines des forces électromotrices qui s'ajoutent pour mettre en action le récepteur téléphonique. Le son se trouvera donc renforcé ⁽¹⁾.

Le second dispositif ne comporte que deux fils (fig. 18) glissant entre les pôles de l'électro-aimant inscripteur A et des électro-aimants $a, a', b, b', \dots, n, n'$ reliés deux à deux en série. Chaque tranche magnétique produite par A donne, en passant devant les électro-aimants a, b, \dots, n , des courants induits qui, par l'intermédiaire des électro-aimants correspondants a', b', \dots, n' , modifient l'aimantation d'une même tranche du second fil. L'aimantation de cette tranche subit ainsi une variation plus grande que la variation produite dans l'autre fil par A ; par conséquent lorsque le second fil passera devant les pôles de l'électro-aimant reproducteur il donnera un son plus intense que celui obtenu avec l'emploi d'un seul fil.

Quant au troisième dispositif il est basé sur un autre principe : augmentation de la force électromotrice des courants induits dans l'électro-aimant reproducteur en augmentant la vitesse de déplacement du fil. On peut obtenir ainsi un renforcement considérable ; ainsi en donnant au fil une vitesse linéaire de 30 m : sec environ un son émis à voix basse devant le transmetteur microphonique est reproduit par le récepteur téléphonique avec une intensité si grande qu'il est alors désagréable de tenir le récepteur collé à l'oreille.

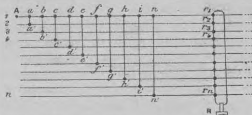


Fig. 17. — Premier dispositif de renforcement des sons.

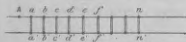


Fig. 18. — Second dispositif de renforcement des sons.

(1) Si l'on admet qu'un son d'intensité 1 émis devant le microphone donne, par reproduction avec un télégraphone à un seul fil, à un son d'intensité $\frac{1}{k}$, il est évident qu'il suffira d'un nombre de fils égal à k^2 pour que le son soit donné par le récepteur R ait la même intensité que le son transmis.

2° Relais et multiplicateur téléphonique. — Ce procédé de renforcement des sons donne immédiatement la solution d'un problème des plus importants et cherché depuis longtemps : la construction d'un relais téléphonique.

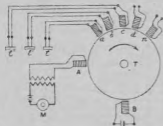


Fig. 19. — Relais et multiplicateurs téléphoniques.

Comme on peut mettre plusieurs électro-aimants reproducteurs et relier à chacun d'eux plusieurs récepteurs téléphoniques, l'appareil constitue en même temps un multiplicateur téléphonique.

3° Téléphonie multiple. — Une autre application non moins importante résulte de la possibilité de transmettre simultanément deux ou un plus grand nombre de conversations sur un même fil, c'est-à-dire de réaliser la téléphonie multiple.

Pour en faire comprendre le principe supposons que deux rubans d'acier A et A' (fig. 20) se déplacent avec la même vitesse entre les pôles de deux électro-aimants en série avec le transmetteur microphonique devant lequel on parle. Si les électro-aimants sont identiques les variations d'aimantation produites dans les tranches correspondantes des deux rubans seront égales et, si l'on suppose que ces deux rubans étaient également et uniformément aimantés, leur aimantation en chaque point après leur passage entre les pôles des électro-aimants pourra être représentée par deux courbes identiques $a b, a' b'$ (fig. 21). En reliant les électro-aimants à un récepteur téléphonique et en faisant passer devant

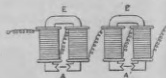


Fig. 20.



Fig. 21.

eux les bandes aimantées, on obtiendra la reproduction des paroles prononcées devant le microphone, les orces électromotrices induites dans chacun des électro-aimants s'ajoutant. Mais on voit immédiatement qu'en changeant les connexions des deux électro-aimants EE' , les forces électromotrices se compenseront et le téléphone récepteur restera muet.

Laissons les connexions des électro-aimants dans le nouvel état, relierons ceux-ci au microphone transmetteur et parlons devant ce microphone. Les deux électro-aimants produiront maintenant dans les rubans des variations d'aimantation de sens contraires et si ces rubans étaient uniformément aimantés avant leur passage devant les électro-aimants, leur aimantation après le passage serait représentée par la courbe cd pour l'un et par la

courbe symétrique cd pour l'autre. Dans ces conditions si l'on relie aux électro-aimants un téléphone récepteur, le téléphone reproduira les paroles prononcées devant le transmetteur tant que les connexions des électro-aimants restent ce qu'elles étaient au moment de l'inscription, mais ce téléphone reste muet si l'on change ces connexions car les forces électromotrices induites se compensent alors.

Nous avons supposé que les deux inscriptions précédentes se faisaient sur des bandes uniformément aimantées. Supposons maintenant que l'on superpose les deux inscriptions. Alors l'état magnétique de chaque ruban sera la résultante des états magnétiques dus à chaque inscripteur séparément; pour l'un des rubans il sera représenté par ef , pour l'autre par $e'f'$. Si l'on fait passer les rubans ainsi aimantés devant les électro-aimants connectés comme ils l'étaient lors de la première inscription les forces électromotrices développées, proportionnelles aux ordonnées de ef et de $e'f'$, s'ajouteront et donneront une force électromotrice résultante proportionnelle à la somme des ordonnées de ef et de $e'f'$, c'est-à-dire au double des ordonnées de ab ; le téléphone récepteur reproduira donc les paroles prononcées en premier lieu. Pour des raisons semblables ce téléphone reproduira les paroles prononcées en second lieu si l'on connecte les électro-aimants comme ils l'étaient au moment de la seconde inscription.

On a donc ainsi un moyen de reproduire à volonté l'une ou l'autre des deux inscriptions superposées. Pratiquement il n'est même pas nécessaire de prendre deux rubans; un seul suffit et les deux électro-aimants sont placés l'un devant l'autre. Un même point du fil reçoit alors, pour chaque enregistrement, deux impressions correspondant à deux sons prononcés à un intervalle de temps égal à celui qui met ce point pour passer d'un électro-aimant à l'autre; la superposition de deux enregistrements donne donc lieu à la superposition de quatre impressions magnétiques. La reproduction de l'un ou l'autre enregistrement devient alors plus difficile à expliquer qu'avec la disposition théorique envisagée, mais on en conçoit néanmoins la possibilité.

Le procédé n'est d'ailleurs pas limité au cas de deux enregistrements. On peut en effet enregistrer sur une même bande un nombre quelconque n de conversations à conditions de trouver n groupements d'électro-aimants tels que chaque groupement soit insensible aux impressions magnétiques lancées par les $n-1$ autres groupements⁽¹⁾.

La figure 22 montre schématiquement le dispositif imaginé par M. Poulsen pour réaliser la téléphonie duplex en partant de ces principes. Deux disques S, garnis à leur circonférence de bagues en acier, tournent dans le sens des flèches à des vitesses sensiblement égales mais sans qu'il soit besoin de réaliser le synchronisme des mouvements. Au poste P deux groupes d'électro-aimants A et B sont placés en regard de la bande d'acier.

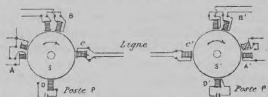


Fig. 22. — Transmission téléphonique duplex.

(1) Il est évident que les combinaisons deviendront d'autant plus compliquées que le nombre d'enregistrements visé sera plus grand.

Pour trois enregistrements, la chose est encore assez simple et s'obtient au moyen de trois groupes de quatre électroaimants disposés comme il suit :

1^{er} gr. : D.D.D.D.

2^e gr. : S.S.D.D.

3^e gr. : D.S.D.S.

en désignant par D l'enroulement dextrorsum et par S l'enroulement sinistrorsum.

Chacun de ces groupes se compose de deux électro-aimants dont les enroulements sont combinés de façon à produire les effets de totalisation ou de différenciation exposés plus haut. Au poste P' les mêmes dispositions se trouvent reproduites en A' et B'. L'installation est complétée par des électro-aimants effaceurs D et D' et par les électro-aimants C et C' reliés aux fils de ligne.

On voit combien sont importantes les applications que peut recevoir le télégraphe Poulсен rien que dans le domaine de la téléphonie.

N'ayant pas pu nous rendre compte jusqu'ici de leur possibilité, nous ne saurions nous prononcer à cet égard, mais M. Marinovitch qui, à Berlin, a pu suivre quelques-uns des essais de M. Poulсен, n'hésite pas à émettre l'opinion suivante :

« Après avoir assisté aux expériences que nous venons de décrire et avoir examiné les brevets de M. Poulсен, notre opinion est que l'on se trouve en présence d'une des plus belles inventions dans le domaine de la transmission de la parole. Qu'il s'agisse d'applications similaires à celles des phonographes, ou d'applications purement téléphoniques, l'invention de M. Poulсен, que les spécialistes allemands les plus éminents n'ont pas craint de qualifier de géniale, ouvre un champ nouveau et très étendu. »

J. BLONDIN.

LES COURANTS DE CAPACITÉ

DANS LES LIGNES POLYPHASÉES SYMÉTRIQUES ET LEUR REPRÉSENTATION GRAPHIQUE

Les phénomènes de capacité, dont les lignes aériennes ou souterraines sont le siège, prennent une importance toujours plus appréciable à mesure que l'on emploie des voltages plus élevés ou en d'autres mots à mesure que l'on transmet l'énergie électrique à de plus grandes distances.

On sait en effet que le courant de charge d'un condensateur soumis à une tension sinusoïdale est, toutes conditions égales, proportionnel à la tension, à la capacité et à la fréquence, son expression étant :

$$I_c = 2\pi nVC$$

Jusqu'à présent, ces phénomènes de capacité ont pu être totalement négligés dans le calcul des lignes aériennes, parce que les voltages et les distances de transmission n'étaient pas suffisantes pour leur donner une importance appréciable. Mais les expériences exécutées en Amérique ces dernières années, ont montré que l'énergie électrique pouvait être transmise industriellement par lignes aériennes à la tension de 40 000 volts, et d'importants essais semblent indiquer que cette limite pourra, sans grandes difficultés, être reculée jusqu'à 50 000 et 60 000 volts, ce qui permettrait d'augmenter ainsi considérablement la distance à laquelle l'énergie électrique peut être avantageusement transportée.

Avec de tels voltages et de telles distances, les phénomènes de capacité peuvent devenir non seulement très appréciables, mais importants dans les transmissions de l'avenir, particulièrement aux heures où l'énergie transportée ne sera pas considérable.

Dans ce cas le courant de charge de la ligne peut devenir une fraction très notable du courant qui transmet la puissance.

Dans les canalisations souterraines, et particulièrement avec les câbles, ces phénomènes