

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - http://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Auteur(s)	Estaunié, Édouard (1862-1942)
Titre	Traité pratique de télécommunication électrique : télégraphie, téléphonie
Adresse	Paris : Vve Ch. Dunod, éditeur, 1904
Collation	1 vol. (XX-670 p.) : ill. ; 25 cm
Nombre d'images	693
Cote	CNAM-BIB 8 Ca 292
Sujet(s)	Systemes de telecommunications Télégraphe Téléphone
Thématique(s)	Technologies de l'information et de la communication
Typologie	Ouvrage
Langue	Français
Date de mise en ligne	21/01/2021
Date de génération du PDF	20/01/2021
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?8CA292

RECONNUÉ

DE LA COMMUNICATION
PÉDAGOGIQUE ET FORMATIVE

UNIVERSITÉ DE BOURGOGNE
UNIVERSITY OF BOURGOGNE

TRAITÉ PRATIQUE
DE
TÉLÉCOMMUNICATION ÉLECTRIQUE

8^e Ca 292

TRAITÉ PRATIQUE

DE

TÉLÉCOMMUNICATION

ÉLECTRIQUE

(TÉLÉGRAPHIE - TÉLÉPHONIE)

PAR

ÉDOUARD ESTAUNIÉ

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE
INGÉNIEUR EN CHEF DES TÉLÉGRAPHES

*8^e Ca 292.
: 18.130
92 8^e 1903.*

PARIS (VI^e)

V^{ve} CH. DUNOD, ÉDITEUR

49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 49

1904

Tous droits réservés.

AVERTISSEMENT

En présentant au public cet ouvrage élémentaire, j'ai le devoir d'expliquer quelles raisons m'ont conduit à ajouter un traité nouveau à la liste déjà longue de ceux qui ont été publiés sur le même sujet.

Quelle que soit la science dont on s'occupe, on peut y appliquer deux méthodes d'exposition.

L'une est purement analytique et descriptive. Les divisions qui servent à l'éclairer sont le plus souvent d'origine historique. L'autre, moins soucieuse de détail, s'efforce de mettre en lumière cette unité fondamentale qui se retrouve en fin de compte à la racine de toutes les connaissances humaines. Il va de soi d'ailleurs qu'une telle synthèse n'est possible que si le catalogue de faits sur lequel elle s'exerce est lui-même considérable. Elle ne doit être tentée qu'à une heure déterminée, sous peine d'être vaine ou même dangereuse.

Jusqu'à ce jour tous les ouvrages qui ont traité de la télégraphie et de la téléphonie ont été conçus d'après la première de ces méthodes. S'ils fournissent au lecteur des renseignements précieux, ils lui laissent le soin d'effectuer les rapprochements nécessaires, et ces rapprochements ne sont pas toujours faits. On peut penser, par exemple, que la séparation profonde instituée entre la télégraphie et la téléphonie proprement dite est due pour une bonne part

à une origine pédagogique. Une différence de mots ou de livres est plus puissante à cet égard que tous les règlements du monde et l'on voit ainsi, dans la plupart des offices, le télégraphe abrité sous le même toit que le téléphone, tout en s'obstinant volontairement à ignorer les merveilleux progrès d'outillage réalisés par son voisin.

L'heure semble venue de fournir tout au moins un premier tracé d'un exposé synthétique des appareils employés dans la télégraphie et la téléphonie.

Je ne me dissimule pas les difficultés d'une pareille tâche. Encore moins puis-je penser que les classifications fondamentales lui servant de cadre seront respectées par l'avenir dans leur intégrité. L'essentiel était de prouver qu'une synthèse en cette matière est désormais réalisable. A défaut d'autres qualités et si imparfait que soit l'essai, il aura peut-être l'avantage de faciliter des efforts de mémoire souvent pénibles et de révéler des analogies commodes.

D'autre part, en raison du but de généralisation recherché, j'ai dû ajouter un mot nouveau à un glossaire déjà trop riche au gré de nombreux électriciens. J'espère qu'on voudra bien me le pardonner. Les mots naissent dans les sciences neuves, comme les plantes au printemps. Il faut s'y résigner, et il n'y a que demi-mal, puisque l'été qui doit suivre se chargera d'élaguer les mauvaises pousses.

Je ne saurais en terminant trop reconnaître ce que je dois aux savants ouvrages de MM. Thomas, Piérard, Montillot, I. F. Purves, Kempster, B. Miller, Nøbels, etc. Si le travail que j'ai tenté a été réalisable, c'est à eux qu'en revient l'honneur.

Je dois en outre des remerciements particuliers à M. l'Ingénieur Mambret qui a bien voulu mettre à ma disposition de nombreux et précieux renseignements sur la téléphonie.

É. E.

TABLE
DES
MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES

Objet et division de l'ouvrage.....	Pages. 1
-------------------------------------	-------------

NOTIONS PRÉLIMINAIRES

Généralités sur les courants

Expérience fondamentale de l'électrostatique et de l'électrodynamique.....	5
Cas de la liaison par un corps bon conducteur.....	6
Courant continu. Période variable.....	7
Courant alternatif.....	9
Cas de la liaison par un diélectrique.....	10
Différence entre les corps conducteurs et les diélectriques.....	11
Étude de la décharge.....	12
Étude sommaire d'une émission de courants continus.....	14
Induction.....	15
Production des ondes hertziennes.....	16
Nature des ondes hertziennes.....	18

PREMIÈRE PARTIE

ÉTUDE DES ORGANES CONSTITUTIFS D'UNE TÉLÉCOMMUNICATION ÉLECTRIQUE

CHAPITRE I

Production d'énergie électrique

1. — GÉNÉRATEURS DE COURANT CONTINU

§ 1. — Piles hydro-électriques

Principe.....	23
Groupement des éléments.....	24
Polarisation.....	25
Pile Callaud. Montage, entretien.....	26

	Pages.
Pile Leclanché. Montage, entretien.....	28
Pile Leclanché à aggloméré.....	30
Coût de l'énergie fournie par les piles.....	33
<i>§ 2. — Générateurs électrodynamiques</i>	
Principe.....	33
Montage des dynamos dans le service télégraphique.....	35
<i>B. — GÉNÉRATEURS A COURANTS ALTERNATIFS</i>	
Principe.....	39
Alternateurs à inducteur fixe et à induit mobile.....	40
Alternateurs à inducteur et induit fixes.....	42
Téléphone.....	43
Réversibilité du téléphone.....	46
Autres alternateurs à induit et inducteur fixes.....	46
<i>C. — PRODUCTION D'ONDES HERTZIENNES</i>	
Production d'ondes hertziennes.....	47
CHAPITRE II	
Transformation de l'énergie électrique	
<i>A. — TRANSFORMATEURS DIFFÉRÉS OU ACCUMULATEURS</i>	
Principe.....	48
Accumulateurs au plomb.....	49
Montage des accumulateurs dans le service télégraphique.....	50
<i>B. — TRANSFORMATEURS IMMÉDIATS</i>	
Principe.....	52
Usage des transformateurs immédiats dans les télécommunications.....	52
Rendement.....	53
<i>C. — TRANSFORMATION DE COURANTS CONTINUS EN COURANTS ALTERNATIFS</i>	
Principe.....	53
CHAPITRE III	
Transmetteurs	
<i>A. — MODE DE PRODUCTION DES SIGNAUX</i>	
Principe.....	56
Mode de production des signaux.....	58
1° Cas du courant continu.....	58
2° Cas des courants alternatifs.....	63
3° Cas des ondes hertziennes.....	64
Résumé de la classification précédente.....	65

B. — TRANSMETTEURS A COURANT CONTINU

§ 1. — *Transmetteurs avec émission de courant dans un seul sens*

	Pages.
Premier cas : e , valeurs approximatives ; l , valeurs approximatives.....	66
Deuxième cas : e , une seule valeur caractéristique ; l , valeurs approximatives.....	71
Troisième cas : e , une valeur caractéristique ; l , valeurs caractéristiques....	74
Remarque générale sur ce type de transmetteur.....	79
Synchronisation.....	85
1° Régulateurs mécaniques.....	85
2° Régulateurs électriques.....	88
3° Correction.....	89
Quatrième cas : e et l valeurs caractéristiques.....	90

§ 2. — *Transmetteurs avec émission de courant dans les deux sens*

Premier cas : e et e' valeurs approximatives ; l valeur nulle.....	94
Transmission automatique et à composition préalable.....	96
Perforateurs.....	101
Deuxième cas : e , une valeur approximative ; e' , une valeur approximative ; l valeurs approximatives.....	104
Troisième cas : e , e' , l , valeurs caractéristiques.....	106

C. — TRANSMETTEURS A COURANTS ALTERNATIFS

Premier cas : a et f constants ; e , valeurs approximatives ; l , valeurs approximatives.....	107
Deuxième cas : a et f constants ; e , valeurs caractéristiques ; l , valeurs caractéristiques.....	107
Troisième cas : a , f , e et l , valeurs caractéristiques.....	111
1° Etude de la voix.....	111
2° Plaque vibrante.....	114
3° Contact variable.....	114
Variation du courant produite par un microphone.....	119

D. — TRANSMETTEURS POUR ONDES HERTZIENNES

Principe.....	121
---------------	-----

CHAPITRE IV

Récepteurs

A. — RÉCEPTEURS POUR COURANTS CONTINUS

§ 1. — *Etude des électro-aimants*

Notions générales.....	124
Force magnéto-motrice.....	126
Réductance.....	126
Différences entre le circuit électrique et le circuit magnétique.....	128
Hystérésis.....	130
Electro-aimant à courant continu.....	130

	Pages.
Formes d'électro-aimants usitées dans les télécommunications.....	134
Noyaux.....	136
Bobinage.....	137
Actions de l'électro-aimant à courant continu.....	138
1° Effets de traction.....	138
2° Effets d'attraction.....	139
3° Effets de répulsion.....	141
4° Actions mécaniques sur les molécules matérielles. — Polarisation magnétique.....	144
Electro-aimant polarisé.....	142
Combinaisons d'électro-aimants polarisés et ordinaires.....	147
Electro-aimants à courant alternatif.....	148
 § 2. — Utilisation des électro-aimants comme récepteurs pour courant continu	
PRODUCTION DE SIGNAUX FUGITIFS :	
Production de signal visible.....	152
Production de signal audible.....	158
Production de signal lumineux.....	162
PRODUCTION DE SIGNAUX PERMANENTS CONVENTIONNELS :	
Principe.....	164
PRODUCTION DE SIGNAUX IMPRIMÉS :	
Principe.....	169
Etude du mécanisme d'impression.....	170
1° Traduction électrique.....	172
2° Traduction mécanique.....	177
Progression du papier.....	179
 § 3. — Utilisation de l'électrolyte comme récepteur pour courant continu	
Principe.....	180
 B. — RÉCEPTEURS POUR COURANTS ALTERNATIFS	
PRODUCTION DE SIGNAUX FUGITIFS :	
Sonnerie magnétique.....	182
Récepteur téléphonique.....	183
Autres récepteurs téléphoniques.....	185
PRODUCTION DE SIGNAUX PERMANENTS CONVENTIONNELS :	
Principe.....	186
PRODUCTION DE SIGNAUX PERMANENTS IMPRIMÉS :	
Principe.....	187
 C. — RÉCEPTEURS POUR ONDES HERTZIENNES	
Principe.....	188
Syntonisation.....	190
 D. — APPAREILS SERVANT A LA FOIS DE RÉCEPTEURS ET DE TRANSMETTEURS	
Relais pour courants continus d'un seul sens.....	191
Relais pour courants continus des deux sens.....	193

CHAPITRE V

Application des principes précédents à l'étude des appareils télégraphiques usuels

	Pages.
<i>A. — ÉTUDE DE L'APPAREIL MORSE</i>	
Formation des signaux.....	196
Transmetteur.....	196
Récepteur.....	197
Ensemble des communications.....	200
Réglage.....	200
Morse translateur.....	201
Examen critique.....	202
<i>B. — ÉTUDE DE L'APPAREIL HUGHES</i>	
Formation des signaux.....	202
Transmetteur.....	202
Récepteur.....	210
Rappel au blanc.....	218
Contrôle.....	222
Communications électriques de l'appareil.....	223
Moteur.....	226
Remontage.....	228
Remontage direct.....	229
Remontage automatique.....	229
Fonctionnement de l'appareil.....	233
Réglage.....	236
Examen critique.....	238
<i>C. — ÉTUDE D'UN SECTEUR BAUDOT</i>	
Formation des signaux.....	244
Transmetteur.....	244
Synchronisme.....	249
Principe du récepteur.....	251
Récepteur proprement dit.....	252
Traduction.....	258
Impression.....	261
Progression du papier.....	263
Synchronisme entre le distributeur et le combineur.....	264
Communications électriques de l'appareil.....	267
Fonctionnement de l'appareil.....	270
Moteur.....	271
Réglage.....	271
Baudot double.....	272
<i>D. — ÉTUDE DE L'APPAREIL WHEATSTONE</i>	
Formation des signaux.....	272
Transmetteur.....	273
Transmetteur Wheatstone à main.....	273
Transmetteur Wheatstone automatique et à composition préalable.....	273
Récepteur.....	286

	Pages.
Ondulateur Lauritzen.....	291
Ensemble des communications.....	293
Réglage.....	294
Perforateur.....	295
Perforateur pneumatique.....	299
Wheatstone translateur.....	300

E. — ÉTUDE DU SIPHON RECORDER

Formation des signaux.....	302
Transmetteur.....	302
Transmetteur à main.....	303
Transmetteur automatique et à composition préalable (système Belz et Brahic).....	304
Perforateur.....	307
Récepteur.....	307
Ensemble des communications.....	314

CHAPITRE VI

Rendement des appareils

A. — ÉTUDE DE LA FORMATION D'UN SIGNAL

§ 1. — Causes internes agissant sur cette formation

Cas d'un conducteur ne présentant qu'une résistance ohmique.....	316
Cas d'un conducteur quelconque.....	317
Formes diverses des courbes de courant sur une ligne donnée.....	319
Transmission d'un signal.....	320
Production d'un signal dans un récepteur à électro-aimant.....	321
Transmission d'une série de signaux.....	322
Moyens d'atténuer les effets de la période variable.....	324
Cas de la ligne mise directement à la terre.....	325
Étude de L.....	326
Étude de C.....	327
Étude de R.....	329
Cas de la ligne liée à un récepteur.....	329
Calcul pratique de la fonction $\frac{L}{CR^2}$	333

§ 2. — Causes externes agissant sur cette formation

Pertes.....	335
Induction due aux courants voisins.....	335
Courants telluriques.....	336
Courants dus à l'électricité atmosphérique.....	337

B. — RENDEMENT DES APPAREILS

Différentes sortes de rendement.....	338
Rendement en signaux.....	339
Rendement en lettres.....	342
Rapport du rendement en signaux au rendement en lettres.....	342
Moyen de passer du rendement en signaux au rendement en lettres.....	343
Rendement commercial.....	345
Rendement personnel.....	346
Données numériques sur le rendement des appareils courants.....	346

C. — MOYEN D'ACCROITRE LE RENDEMENT DES LIGNES

§ 1. — *Utilisation du fil pour des communications non simultanées*

MONTAGE DES POSTES EN EMBROCHAGE :	
Principe.....	347
Montage à courant continu.....	348
Systèmes d'appel.....	350
MONTAGE DES POSTES EN DÉRIVATION :	
Principe.....	353
Remarque sur les deux méthodes précédentes.....	356
EMPLOI DES APPAREILS MULTIPLES A DIVISION DE TEMPS :	
Principe.....	358
1° Méthode intercalaire.....	359
2° Méthode successive.....	361
Echelonnement.....	362

§ 2. — *Utilisation du fil pour des communications simultanées*

EMPLOI DE COURANTS DE MÊME NATURE :	
Principe du duplex.....	364
Montage du manipulateur pour duplex.....	364
Montage du récepteur pour duplex.....	366
Montage en différentiel.....	366
Ligne factice.....	369
Méthode du pont de Wheatstone. — Principe.....	370
Cas particuliers de montages du pont de Wheatstone.....	371
EMPLOI DE COURANTS DE NATURE DIFFÉRENTE :	
Principe.....	376
Etude de la combinaison 1.....	377
Etude de la combinaison 2.....	379
Etude de la combinaison 3.....	382
Etude des combinaisons 4 et 5.....	383

DEUXIÈME PARTIE

ORGANISATION DES BUREAUX

Fonctions diverses d'un bureau.....	388
Remarques générales sur le matériel de bureau.....	386

CHAPITRE I

Organes de protection

A. — PROTECTION CONTRE LA Foudre

§ 1. — *Paratonnerre*

Théorie ancienne des décharges atmosphériques.....	388
1° Paratonnerres à pointes.....	390

	Pages.
2° Paratonnerres à lame isolante.....	390
3° Paratonnerres à lame d'air.....	391
4° Paratonnerres à vide.....	392
5° Paratonnerres à fil fusible.....	392
Etudes récentes des décharges atmosphériques.....	394
<i>§ 2. — Mise à la terre</i>	
Dispositif de mise à la terre.....	398
<i>B. — PROTECTION CONTRE LES COURANTS INDUSTRIELS</i>	
Principe.....	400
Protecteurs contre les voltages élevés.....	401
Protecteurs contre le débit.....	402
Actions diverses nuisant au fonctionnement des coupe-circuits.....	405
CHAPITRE II	
Organes de permutation	
Exposé du problème.....	408
Classement des commutateurs.....	409
<i>A. — COMMUTATEURS POUR PERMUTATIONS LENTES</i>	
Commutateurs monocordes.....	410
Commutateurs dicordes.....	412
<i>B. — COMMUTATEURS POUR PERMUTATIONS RAPIDES</i>	
<i>§ 1. — Commutateurs rapides sans cordons</i>	
Commutateurs à levier.....	416
Commutateurs à fiches.....	419
<i>§ 2. — Commutateurs rapides avec cordons</i>	
Principe.....	424
Cordons.....	426
Attache du cordon à la planchette.....	429
Fiches.....	430
Attaches du cordon à la fiche.....	431
Jacks.....	432
Formes anciennes du jack.....	434
Mâchoires.....	436
Dispositifs monocordes et dicordes.....	438
CHAPITRE III	
Organes d'essai	
Différentes sortes de galvanomètres.....	440
Types de galvanomètres en usage dans les bureaux.....	441

CHAPITRE IV

Montage des bureaux téléphoniques

A. — CAS D'UN POSTE UNIQUE

	Pages.
Montage d'un poste téléphonique d'abonné.....	446
Particularités spéciales au montage de chacun des éléments.....	451
1° Organes de protection.....	451
2° Sonnerie.....	451
3° Appareil proprement dit.....	451
4° Pile de microphone.....	453
5° Pile d'appel.....	456

B. — PROBLÈME GÉNÉRAL DES POSTES CENTRAUX

Exposé du problème.....	461
Principe du montage en monocorde.....	462
Principe du montage en dicorde.....	464

C. — MONTAGE D'UN BUREAU TÉLÉPHONIQUE COMPRENANT MOINS DE 500 ABONNÉS

§ 1. — Bureau de moins de 10 abonnés

Arrivée des fils.....	467
Répartiteur.....	469
Commutateur.....	471
1° Dispositif d'appel de nuit.....	472
2° Service de lignes interurbaines.....	473
3° Lignes de service.....	479
4° Poste d'opérateur.....	479
5° Particularités de montage du tableau.....	483
Piles.....	485
Formes anciennes des commutateurs à 10 directions.....	486

§ 2. — Bureaux comprenant plus de 10 abonnés et moins de 500 abonnés

Arrivée des fils.....	488
Répartiteur.....	489
Liaison du répartiteur aux tableaux commutateurs.....	494
Tableaux commutateurs.....	496
Tableau à 25 directions.....	496
Tableau à 50 et à 100 directions.....	499
Intercommunication entre les unités.....	502
Piles.....	509
Remarques générales sur le service téléphonique dans les bureaux précités.....	509
Cas d'un réseau à communications urbaines actives.....	510
1° Partie urbaine.....	511
2° Partie interurbaine.....	512
Cas d'un réseau à communications urbaines peu actives.....	516

D. — MONTAGE D'UN BUREAU COMPRENANT PLUS DE 500 ABONNÉS
ET MOINS DE 10 000 ABONNÉS

§ 1. — Service urbain

Arrivée des fils.....	518
Répartiteur.....	518

	Pages.
Montage des organes de protection sur le répartiteur.....	521
Liaison du répartiteur au commutateur général.....	522
Commutateur multiple. — Principe.....	522
Dispositifs de rupture de l'annonciateur.....	526
Cas du montage en série.....	526
Cas du montage en dérivation.....	528
1° Circuit de relèvement indépendant du cordon.....	529
2° Circuit de relèvement comprenant le cordon.....	531
Électro-aimant de relèvement.....	532
Dispositifs de test. — Principe.....	533
1° Test avec intermédiaire spécial pour réception du toc.....	535
2° Test sans intermédiaire spécial pour réception du toc.....	539
3° Comparaison entre ces deux procédés.....	541
Dispositifs de relèvement.....	542
1° Relèvement mécanique.....	542
2° Relèvement électrique.....	543
Réduction de l'emplacement et du nombre des jacks généraux.....	545
Communications électriques d'un multiple.....	547
Particularités générales de construction.....	549
Répartiteur intermédiaire.....	552
Piles.....	554
Multiples à batterie centrale.....	556
Tables de surveillance.....	560
§ 2. — <i>Service interurbain</i>	
Arrivée des fils.....	561
Répartiteur interurbain.....	561
Liaison du répartiteur interurbain au commutateur.....	562
Installation des lignes interurbaines sur le multiple.....	562
Fonctions de l'aide.....	565
Installations des lignes interurbaines sur commutateurs spéciaux.....	566
1° Table interurbaine proprement dite.....	569
2° Table intermédiaire.....	572
3° Test.....	572
4° Correspondance des signaux.....	572
5° Tables annotatrices.....	576
Durée de communication.....	576
Piles.....	577
E. — RÉSEAUX COMPRENANT PLUS DE 100 000 ABONNÉS	
§ 1. — <i>Systèmes à bureau unique</i>	
Principe.....	578
§ 2. — <i>Systèmes à bureaux multiples</i>	
Principe.....	579
Jacks de départ.....	580
Table d'arrivée.....	581
Examen du système.....	581
§ 3. — <i>Multiples diviseurs</i>	
Principe.....	583

F. — DÉTAILS PRATIQUES SUR LES BATTERIES DESSERVANT LES MULTIPLES

§ 1. — *Calcul des batteries*

Batterie microphonique	585
Batterie d'appel.....	585
Batterie de relèvement	585
Batterie de signaux visibles	587

§ 2. — *Calcul des conducteurs*

Conducteurs reliés à la batterie microphonique.....	588
Conducteurs reliés à la batterie d'appel.....	588
Conducteurs reliés à la batterie de relèvement.....	590
Conducteurs reliés à la batterie de signaux visibles.....	591

§ 3. — *Remarques générales sur l'agencement des batteries*

Batterie de rechange	594
Groupement des batteries.....	592
Espacement des charges.....	592

CHAPITRE V

Montage des bureaux télégraphiques

Exposé du problème	594
--------------------------	-----

A. — ARRIVÉE DES FILS

Entrée des fils	595
-----------------------	-----

B. — MONTAGE D'UN APPAREIL ISOLÉ

Poste téléphonique.....	596
Poste Morse ordinaire	596
Poste Morse muni de rappel	599
Poste Morse avec translation.....	600
Poste Hughes.....	604
1° Table de collage.....	602
2° Caisson.....	603

C. — GROUPEMENT DES PILES

Nombre des batteries nécessaires	605
Principe du montage des batteries communes.....	607
Montage avec des éléments ordinaires.....	607
1° Universal battery system	609
2° Montage en échelle d'Amsterdam.....	609
Montage avec des éléments à faible résistance intérieure.....	614
Comparaison entre les divers montages.....	615
Installation des batteries	616

D. — COMMULATEURS

Répartiteurs en usage	621
Commutateurs rapides en usage.....	622
1° Type belge	622
2° Type français.....	624
Groupement des commutateurs précédents	631
Agencement théorique d'un bureau télégraphique moyen	631
1° Répartiteur.....	632
2° Commutateur rapide.....	634
Agencement théorique d'un grand bureau.....	637
Multiple télégraphique de l'office anglais	638

CHAPITRE VI

Installations de mesure

Fonctions des installations de mesure.....	643
--	-----

A. — MÉTHODES RAPIDES DE VÉRIFICATION

§ 1. — *Essais journaliers*

Essai des piles	644
1° Mesure de la force électromotrice.....	645
2° Mesure de la résistance intérieure	645
3° Mesure du débit sur une ligne donnée	646
Essai des lignes.....	647
1° Isolement	647
3° Résistance.....	648
Remarques sur les essais de ligne.....	649
Interprétation des essais journaliers	651
Résumé des essais précédents.....	653

§ 2. — *Localisation des dérangements*

Mesure d'une résistance	655
Localisation d'une perte.....	656
Localisation d'un mélange.....	656
Interprétation des essais précédents.....	658
Table de lecture.....	660

B. — DISPOSITIFS PRATIQUES DES INSTALLATIONS D'ESSAI

Bureaux pourvus d'installation de mesure.....	661
---	-----

§ 1. — *Bureaux téléphoniques*

Type d'installation d'essai pour vérification journalière.....	662
Autre type d'installation d'essai.....	665
Type d'installation pour localisation de dérangements.....	666
Matériel des bureaux non pourvus d'appareils d'essai.....	668

§ 2. — *Bureaux télégraphiques*

Types d'installations.....	670
----------------------------	-----

TRAITÉ PRATIQUE
DE
TÉLÉCOMMUNICATION ÉLECTRIQUE
(TÉLÉGRAPHIE — TÉLÉPHONIE)

OBJET ET DIVISION DE L'OUVRAGE

L'objet de cet ouvrage est d'exposer les méthodes générales utilisées actuellement pour la télécommunication ou transmission de la pensée à distance, au moyen de l'électricité.

On désigne plus particulièrement : sous le nom de *télégraphie*, la télécommunication à l'aide de signaux conventionnels (écriture, alphabets conventionnels, impression); sous le nom de *téléphonie*, la transmission de la voix. Bien que cette terminologie soit commode dans le langage courant, le résultat à atteindre dans l'un et l'autre cas est le même et les procédés reposent sur des principes identiques. On ne séparera donc pas, dans cette étude générale, la télégraphie de la téléphonie; ce serait s'exposer à différencier inutilement des méthodes ayant un grand nombre de points communs.

Une installation de télécommunication électrique élémentaire comprend les organes suivants :

- 1° Un générateur d'énergie électrique;
- 2° Un transmetteur servant à mettre en relation, à des intervalles et pour des durées convenables, la source d'énergie avec la ligne;
- 3° Une ligne reliant le poste transmetteur au poste récepteur;

4° Un récepteur enregistrant les émissions de courant produites par le transmetteur.

L'ensemble est représenté par la figure théorique suivante :

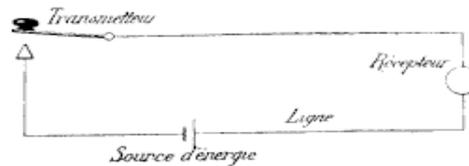


FIG. 1.

Une partie de la ligne peut, d'ailleurs dans certains cas, être remplacée par la terre. La figure précédente se simplifie et devient alors la suivante (fig. 2) :



FIG. 2.

Dans certains cas spéciaux enfin, la ligne peut être supprimée, et l'installation se réduit, en dernière analyse, à celle de la figure 3.



FIG. 3.

Pour se rendre un compte exact des installations de télécommunication, il convient naturellement d'étudier, en premier lieu et isolément, les organes élémentaires qui servent à les constituer : ces organes étant connus, il faut ensuite savoir comment on peut en tirer le meilleur parti, au point de vue

plus général du rendement des transmissions effectuées par un bureau.

Cet exposé comprendra donc deux parties :

- 1^o Étude des organes constitutifs d'une télécommunication ;
- 2^o Étude de l'organisation des bureaux.

Enfin, avant d'aborder ces sujets, il ne sera pas inutile de rappeler sommairement quelques notions élémentaires d'électricité qui trouvent dans les télécommunications une fréquente application. Ce rappel sera fait principalement en s'aidant de comparaisons qui ne sont pas, il est vrai, toujours exactes, mais qui présentent l'avantage de fournir une aide commode à la mémoire et une représentation sommaire des phénomènes : ceux des lecteurs qui tiendraient à examiner de plus près ces questions étrangères au but précis que nous nous sommes proposé, en trouveront d'ailleurs aisément dans les traités classiques un exposé théorique et détaillé.

NOTIONS PRÉLIMINAIRES

GÉNÉRALITÉS SUR LES COURANTS

Expérience fondamentale de l'électrostatique et de l'électrodynamique. — Soit un conducteur électrique A chargé à un certain potentiel V. Ce conducteur peut être comparé à un réservoir d'eau R dont le niveau supérieur est à une certaine hauteur h ; il a été, en effet, nécessaire de dépenser de l'énergie pour le charger, comme pour remplir le réservoir.

Aux masses électriques qui chargent le conducteur correspond l'eau versée dans le réservoir; la pression électrique mesurée par le potentiel V présente de même une certaine analogie avec la pression utilisable de l'eau mesurée par la hauteur h du niveau supérieur. Enfin, lorsqu'on verse une quantité d'eau déterminée dans un réservoir cylindrique, il existe une relation définie entre cette quantité, la hauteur du liquide et la capacité du réservoir; semblablement il existe une relation définie entre la quantité d'électricité Q qui charge le conducteur, le potentiel V de ce conducteur et sa capacité électrique C, relation qui est la suivante :

$$Q = CV.$$

Soit un second conducteur B, chargé à un autre potentiel V', et, comme le précédent, comparable à un second réservoir d'eau R' dont le niveau supérieur est à une hauteur h' différente de la hauteur h .

Relier électriquement le conducteur A au conducteur B reviendra, en tenant compte de ces analogies, à relier l'un à l'autre les deux réservoirs d'eau R et R'.

Les phénomènes résultant de cette liaison dépendent évidemment de la nature du corps choisi pour la liaison.

Au point de vue électrique, on doit diviser les corps en deux catégories : les corps bons conducteurs, tels que les métaux, et les corps dits mauvais conducteurs ou *diélectriques*, tels que l'air, le verre, etc.

Nous aurons donc à examiner deux cas, suivant que le corps choisi pour la liaison rentre dans l'une ou l'autre de ces catégories.

Cas de la liaison par un corps bon conducteur. — Supposons, en premier lieu, que la liaison soit établie à l'aide d'un corps bon conducteur, par exemple un fil métallique long et fin.

On constate alors : 1° que les masses électriques semblent se déplacer le long du fil, allant du conducteur dont le potentiel est le plus élevé au conducteur dont le potentiel est le plus faible — cette apparente circulation d'électricité a reçu le nom de *courant* ; — 2° que le phénomène a une durée appréciable ; — 3° que le fil de liaison s'échauffe.

Lorsque le courant cesse, A et B sont au même potentiel.

La comparaison précédente avec les réservoirs d'eau permet de se rendre compte de ces faits. Supposons, en effet, que l'on relie par un tuyau long et mince ces deux réservoirs, l'eau passera de l'un dans l'autre et ne s'arrêtera que lorsque les niveaux seront égalisés. La circulation dans le tuyau sera d'autant plus rapide que la différence initiale des niveaux sera plus grande, d'autant plus lente que la résistance hydraulique du tuyau sera plus élevée, (cette résistance dépendant du coefficient de frottement, de la longueur et de la section du tuyau). Enfin, en raison du frottement de l'eau contre les parois, les parois s'échaufferont.

Courant continu. Période variable. — Pour que la circulation de l'eau prit une allure régulière, il suffirait évidemment de puiser, au fur et à mesure de l'écoulement, de l'eau dans le réservoir inférieur et de la verser dans le réservoir supérieur de manière à maintenir constante la différence des niveaux. Une telle opération exige, par exemple, la manœuvre d'une pompe, c'est-à-dire, quel que soit le procédé, une dépense d'énergie.

Supposons cette condition réalisée. Le débit dans le tuyau restera constant; il sera strictement proportionnel à la différence des niveaux (maintenue invariable par le fonctionnement de la pompe) et en raison inverse de la résistance hydraulique du tuyau.

Or, si l'on met en relation les conducteurs A et B avec les deux pôles d'une pile, on constate qu'il se produit des phénomènes dont les effets peuvent être assimilés à ceux qui se manifesteraient si une circulation régulière d'électricité était établie dans le fil (une aiguille aimantée, placée au voisinage du fil, conserve, en effet, une déviation constante).

Nous concluerons donc par analogie :

1° Que la pile a joué le même rôle que la pompe, c'est-à-dire dépense de l'énergie (sous forme de réaction chimique) et maintient constante, grâce à cette dépense, la différence des potentiels en A et B.

2° Que l'intensité de circulation dans le conducteur, c'est-à-dire l'intensité du courant I , est proportionnelle à la différence des potentiels E et E' aux extrémités de ce conducteur et en raison inverse de la résistance électrique R de ce conducteur :

$$I = \frac{E - E'}{R}.$$

Cette résistance électrique doit être d'ailleurs, comme la résistance hydraulique, proportionnelle à la longueur l du conducteur et en raison inverse de sa section s :

$$R = k \frac{l}{s}.$$

C'est la loi d'Ohm, qui régit les courants constants dits *continus*.

Il est bien clair toutefois que la circulation constante de l'eau dans le tuyau réunissant les deux réservoirs ne s'est pas établie instantanément au moment précis, par exemple, où l'on a ouvert le robinet de liaison.

Au début, la vitesse d'écoulement a passé progressivement de la valeur zéro à sa valeur finale V : le régime constant a été précédé par une période très courte de régime variable. L'eau, comme toute matière, est en effet douée d'inertie et cette inertie s'oppose à la mise en mouvement qu'on lui imprime.

De même, lorsqu'on refermera le robinet pour arrêter l'écoulement, le mouvement ne s'arrêtera pas instantanément, mais tendra à se prolonger en produisant au besoin un choc violent contre la paroi du robinet : c'est le phénomène bien connu du coup de bélier. En particulier on constatera que si l'on a placé un tube vertical en avant du robinet, l'eau jaillit à une hauteur supérieure à celle du niveau le plus élevé du réservoir.

Semblablement, lorsqu'on a relié par un conducteur les deux corps A et B supposés mis en relation déjà avec les pôles d'une pile, le courant passant dans le conducteur n'a pas atteint immédiatement son intensité normale I , définie par la loi d'Ohm, mais a dû passer par une série de valeurs progressives, comprises entre zéro et I ; *la période constante est précédée par une période variable d'autant plus longue que l'inertie électrique ou SELF-INDUCTION est plus grande.*

Pour la même raison, lorsqu'on interrompra le circuit, le courant, au lieu de passer brusquement de I à zéro, tendra à se prolonger et passera par une série de valeurs décroissantes comprises entre I et zéro. La présence d'une très violente étincelle au point de rupture décèlera même, dans certains cas, l'existence d'un phénomène dû à la self-induction et tout à fait analogue au coup de bélier.

En résumé, il semble donc que la self-induction ou inertie électrique agisse durant les périodes variables précédant ou

suivant une émission de courant, comme une véritable force contre-électromotrice, s'opposant à l'établissement du courant ou à sa suppression. Durant les périodes variables un agent nouveau apparaît, l'inertie électrique, et la loi d'Ohm énoncée plus haut cesse d'être applicable.

Courant alternatif. — Nous avons examiné le cas d'un courant constant, c'est-à-dire ayant toujours même intensité et même sens. Ces courants ne sont pas les seuls employés. Il est fait aussi un usage fréquent, particulièrement en téléphonie, de courants alternatifs.

On appelle courant alternatif un courant constamment variable dont le sens est périodiquement renversé.

Si l'on représente par une courbe (*fig. 4*) l'intensité de ce courant et si l'on convient, pour plus de commodité, de compter comme positives les intensités dans un sens, comme négatives celles dans l'autre sens, un courant alternatif périodique sera représenté par la figure suivante :

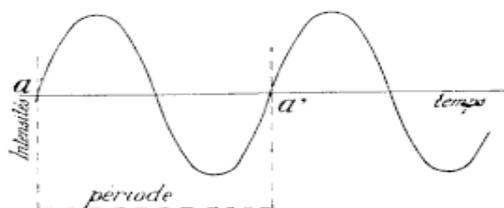


FIG. 4.

Cette courbe est telle qu'une partie comprise entre deux points a , a' , se reproduit indéfiniment. On désigne cette partie sous le nom de *période*. Le nombre de périodes par seconde est appelé la *fréquence*.

Le courant alternatif étant constamment dans la période variable, son intensité dépend constamment non seulement de la résistance mais encore de la self-induction des conducteurs qu'il parcourt. La loi d'Ohm ne lui est donc jamais applicable. A titre d'exemple, soit un courant alternatif sinusoïdal, de

période T ; soient r la résistance des conducteurs, L leur self-induction ; tout se passera comme si la résistance était :

$$\sqrt{r^2 + \frac{4\pi^2 L^2}{T^2}}$$

Cas de la liaison par un diélectrique. — Supposons en second lieu que les deux conducteurs A et B soient reliés par un diélectrique. L'ensemble ainsi formé constitue dans ce cas ce qu'on nomme un condensateur.

Mettons de nouveau A et B en relation avec les pôles d'une pile ou d'une machine électrostatique. Les phénomènes qui se produiront seront alors les suivants :

1° Production d'un courant de durée extrêmement courte à travers le diélectrique ;

2° Le courant cesse. Les conducteurs A et B restent chargés à des potentiels différents U et U' , même si l'on supprime toute relation entre eux et la source d'énergie ;

3° Durant ces opérations le diélectrique ne s'échauffe pas ;

4° L'énergie enfin qui a été dépensée au moment de la charge des conducteurs peut être intégralement restituée sous forme de décharge.

Le rôle du diélectrique est donc absolument différent du rôle d'un conducteur. Il semble que l'énergie dépensée pour charger le conducteur ait été emmagasinée et soit susceptible d'être restituée à un moment quelconque.

Une représentation hydraulique permet encore de se rendre compte du phénomène.

Reprenons de nouveau deux vases communicants et supposons cette fois que le tuyau de communication soit divisé en deux compartiments distincts par une membrane élastique a (*fig. 5*).

Versons dans chacun des vases des quantités d'eau différentes de manière à créer entre eux une différence de niveau.

Sous l'action de la différence des pressions de l'eau, le dia-

phragme commencera par se déformer et refoulera de l'eau dans le vase dont le niveau est le moins élevé.

C'est l'analogie du courant de charge que nous avons constaté, courant qui va naturellement en diminuant à mesure que la tension de la membrane augmente. Lorsque cette tension fera équilibre à la pression de l'eau, ce courant cessera.

Remarquons qu'il y a bien eu réellement un déplacement du liquide et par suite un courant. Seulement,

dans le cas des phénomènes de capacité, ce courant cesse au bout d'un temps extrêmement court, c'est-à-dire que l'équilibre entre la tension et cette résistance spéciale offerte par le diélectrique est atteint très rapidement.

En outre, puisque le déplacement a été très court, les frottements contre la paroi ont eu une valeur très faible. Le déplacement terminé, ces frottements cessent aussi. Le conducteur ne s'échauffera donc pas sensiblement.

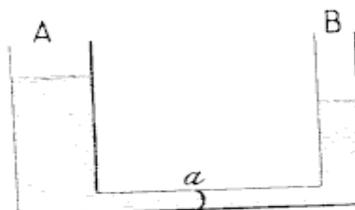


FIG. 5.

Différence entre les corps conducteurs et les diélectriques. — De l'exposé qui précède, nous pouvons dès maintenant retirer un enseignement précieux sur la différence fondamentale des corps conducteurs et des diélectriques.

Il semble en effet que la résistance offerte par les corps conducteurs au passage des courants soit une résistance visqueuse, celle offerte par les diélectriques, une résistance élastique.

Un exemple va faire comprendre cette distinction.

Si l'on déplace un corps plongé dans l'eau, on éprouve une résistance qui dépend uniquement de la vitesse de déplacement. Que cette vitesse soit constante, la résistance l'est également. Le mouvement se prolonge tant que la force motrice agit. Le frottement de l'eau est tout entier transformé en chaleur et, par suite, l'énergie dépensée ne peut être récupérée lorsque le mouvement cesse. C'est la résistance visqueuse.

Un ressort que l'on bande présente au contraire une résistance élastique. Cette résistance va en croissant à mesure qu'on tend le ressort. Il arrive même un moment où cette résistance ne peut plus être surmontée : le mouvement s'arrête et l'équilibre s'établit. Enfin, quand la force cesse d'agir, le ressort restitue le travail dépensé pour le bander.

A ces deux catégories de conducteurs correspondent par suite deux sortes de courants : des courants de conduction devant vaincre une résistance visqueuse et pouvant se prolonger indéfiniment, mais dont le travail tout entier transformé en chaleur ne peut être restitué; des courants de déplacement ayant à surmonter une résistance élastique et, par suite, de courte durée, mais dont le travail peut être restitué, les diélectriques ne s'échauffant pas. Quels qu'ils soient, ce sont toujours des courants fermés.

Étude de la décharge. — Nous avons vu que l'énergie dépensée au moment de la charge d'un diélectrique pouvait être intégralement restituée sous forme de décharge. Il convient maintenant d'étudier cette décharge. Elle ne reproduit pas en effet en ordre inverse les phénomènes de la charge.

Rappelons tout d'abord que la charge a eu pour résultat de bander en quelque sorte une série de ressorts représentant le diélectrique.

Réunir par un conducteur les deux conducteurs A et B ainsi chargés pour effectuer la décharge revient donc à supprimer brusquement la tension de ces ressorts.

Ceci posé, les comparaisons précédentes tirées de l'hydraulique vont nous permettre de prévoir à l'avance les conditions particulières qui accompagneront cette détente.

Soient toujours les deux vases de la figure 5. Supprimons brusquement la membrane élastique tendue et examinons ce qui va suivre. Le niveau baisse dans A où il était le plus élevé et monte en B. Quand l'égalité est obtenue, le mouvement de l'eau se poursuit en raison de l'inertie et par suite le niveau en B devient à son tour plus élevé qu'en A. Le même

phénomène se reproduit alors en sens inverse. On a ainsi une série d'oscillations.

Leur période sera d'autant plus longue que le tube de liaison sera plus long (pour transporter un litre d'eau d'un vase dans l'autre, il faut en effet mettre toute l'eau du tube en mouvement), d'autant plus longue encore que la section des vases supposés cylindriques sera plus forte (si un litre d'eau se transporte d'un vase dans l'autre, la différence de niveaux produite sera d'autant plus faible que la section sera plus forte).

Par analogie, nous en déduisons que la décharge électrique affecte un caractère oscillatoire et que la période de ces oscillations est d'autant plus longue que la self-induction et la capacité (correspondant à la section du vase) seront plus fortes.

D'autre part, étant donné un corps animé d'oscillations de période déterminée, une pendule par exemple, on sait que ces oscillations, tout en gardant leur période, ne persistent pas indéfiniment. Leur amplitude va en décroissant en raison des frottements divers (frottement de l'air, sur l'axe, etc...).

Nous pouvons en conclure que semblablement la résistance ohmique qui est un véritable frottement électrique, sans altérer sensiblement la période des oscillations électriques dans le circuit de décharge, diminuera l'amplitude de ces oscillations. On pourra même arriver à la limite, à éteindre du premier coup l'oscillation. Cette atténuation de l'amplitude des oscillations par les frottements électriques est d'ailleurs utilisée dans tous les instruments de mesure dits apériodiques.

Une dernière particularité essentielle est encore à noter au sujet de la décharge, particularité due à ce fait que la décharge est oscillatoire.

L'énergie restituée n'est pas tout entière récupérée sous forme de chaleur (échauffement des conducteurs présentant une résistance ohmique, étincelle). Une autre portion en est rayonnée au dehors, sous forme électrique. Il y a émission d'ondes électro-magnétiques et l'amortissement électrique semble ainsi dû, d'une part, aux frottements, d'autre part, à une perte par rayonnement.

C'est le cas général de tous les amortissements d'oscillations. Un diapason dont les vibrations diminuent d'amplitude émet, par exemple, un son et une partie de sa force vive est, elle aussi, dissipée par rayonnement.

Les ondes produites par la décharge ont été mises en évidence par Hertz; elles sont utilisées comme nous le verrons plus tard pour la télégraphie sans fil.

Étude sommaire d'une émission de courant continu.

— Ayant achevé l'examen des deux expériences fondamentales qui précèdent, nous sommes désormais en mesure d'étudier de plus près les conditions de propagation des courants de conduction et des courants de déplacement, dont ces expériences nous ont révélé l'existence.

Examinons en premier lieu le cas de la propagation d'un courant dans un conducteur.

Nous avons vu déjà que ce courant avait à surmonter à chaque instant :

- 1° La résistance ohmique du conducteur ;
- 2° La self-induction de ce conducteur.

Mais en dehors de ces deux résistances, il en rencontre encore une troisième d'origine électrostatique, et due à ce fait que le conducteur est nécessairement entouré par un diélectrique. Cette dernière résistance, comme la self-induction, peut d'ailleurs devenir négative et renforcer le courant.

Une image commode pour se représenter l'ensemble de ces actions est celle d'une voiture en marche sur une route. La voiture doit vaincre, en effet : 1° le frottement sur le sol (résistance ohmique); 2° son inertie (analogue à la self-induction et, suivant les cas, aidant au mouvement ou s'y opposant); 3° enfin, la pesanteur (analogue aux forces électrostatiques d'origine extérieure, aide dans les descentes, obstacle dans les montées).

Il résulte de cet examen, que les facteurs déterminant la valeur I d'un courant pendant la période variable sont :

La durée d'émission t du courant;

- La capacité C de la ligne ;
- La résistance R de la ligne ;
- La self-induction L de la ligne ;
- La force électromotrice E de la pile.

Induction. — Le fait que tout conducteur est nécessairement enveloppé par un diélectrique conduit également à la constatation d'un phénomène essentiel de l'électricité.

A chaque variation du courant, c'est-à-dire de la charge, correspond en effet une variation dans l'état de tension de ces petits ressorts, à l'aide desquels nous nous sommes efforcé de représenter un diélectrique.

Tout l'espace occupé par le diélectrique devient ainsi le siège d'actions électriques et constitue ce que l'on nomme un champ.

Si, dans le voisinage du premier conducteur considéré, on imagine un second conducteur à l'état neutre, ce nouveau conducteur subira nécessairement le contre coup des variations du champ et des charges électriques apparaîtront sur lui.

C'est le phénomène de l'induction.

Quand deux conducteurs sont voisins et que le premier est parcouru par un courant variable, il se produit dans le second des courants d'induction ; si le courant primaire est croissant, le courant secondaire est de sens opposé ; s'il est décroissant, le courant secondaire est de même sens.

Production des ondes hertziennes. — Les courants de déplacement ayant à surmonter une résistance élastique, qui va en croissant à mesure qu'ils se prolongent, ne peuvent être que très faibles et de courte durée. Comment dès lors rendre appréciables leurs effets ?

Hertz a eu l'idée de faire changer leur sens et de rendre extrêmement rapides ces alternances.

La comparaison avec le mouvement d'un pendule permet de se rendre compte du mode opératoire qui a permis à Hertz de réaliser son projet.

•

Pour rendre très rapides les oscillations d'un pendule, il faut d'abord diminuer la longueur de celui-ci. Cela revient, comme on l'a vu plus haut, dans le cas des courants de déplacement, à diminuer au maximum la capacité et la self-induction des conducteurs.

Il faut, en second lieu, que la durée du déclenchement du pendule soit très courte par rapport à celle de l'oscillation. Un pendule écarté de la verticale et que la main abandonnerait lentement, arriverait en effet sans vitesse à sa position d'équilibre. Si l'on songe que la période d'oscillation à réaliser n'atteint pas un cent millionième de seconde, on conçoit qu'aucun déclenchement mécanique ne remplit la condition cherchée. Le dispositif de Hertz fut dès lors le suivant.

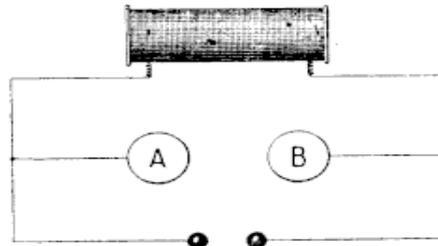


FIG. 6.

Soient deux conducteurs A et B (*fig. 6*) séparés par un diélectrique et réunis par un fil métallique.

Supposons que par un moyen quelconque ces deux conducteurs aient été chargés à des potentiels différents. Ces conducteurs peuvent être comparés à un pendule et la décharge oscillante qui s'opère le long du fil, équivaut aux oscillations de ce pendule.

Hertz pratique dans le fil de liaison une coupure de manière à partager l'appareil en deux parties symétriques. Ces deux parties sont mises en relation avec une bobine de Ruhmkorff. Le courant induit de la bobine charge les deux conducteurs. Leur différence de potentiel croît avec une lenteur relative, la coupure le long du fil empêchant tout d'abord la décharge par

le fil de liaison. Le pendule est ainsi écarté de sa position d'équilibre, mais ne peut déclencher.

En revanche, dès que la différence des potentiels entre A et B est devenue suffisante, une étincelle jaillit à travers la coupure, un véritable déclenchement électrique se produit, le pendule est mis en mouvement et la décharge oscillante se produit.

L'appareil ainsi établi porte le nom d'*excitateur*. On voit qu'il comporte essentiellement :

- 1° Deux conducteurs extrêmes auxquels on communique au début des charges de signes contraires ;
- 2° Un conducteur intermédiaire ;
- 3° Un micromètre à étincelles, siège de la résistance qui permet d'écartier le pendule de sa position d'équilibre ;
- 4° Une bobine de Ruhmkorff ou une machine électrostatique, qui est en quelque sorte le bras servant à écartier le pendule de sa position d'équilibre.

M. Righi a modifié légèrement la forme de l'excitateur de Hertz, de la manière suivante (*fig. 7*).

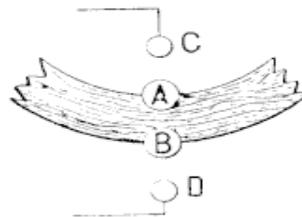


FIG. 7.

Deux sphères A et B de faible dimension sont fixées au centre de deux disques en bois, formant les deux bases d'un récipient cylindrique dont les parois latérales sont flexibles.

Grâce à cette flexibilité, on peut régler la distance des deux sphères. L'intervalle qui les sépare est rempli d'huile de vaseline. La présence de cette huile a un double résultat. Le potentiel explosif étant plus élevé dans l'huile que dans l'air, elle permet d'accroître la charge des boules, ce qui revient à accroître l'écartement initial du pendule. En second lieu, elle évite l'oxydation du cuivre sous l'action de l'étincelle. Deux

petites boules C et D, mises en relation avec une machine de Holtz et placées à une faible distance de A et B, permettent la charge.

En réglant convenablement l'excitateur Righi, on a pu obtenir jusqu'à 3 000 000 000 de vibrations à la seconde.

Nature des ondes hertziennes. — Nous avons dit qu'il se produit dans l'espace environnant des courants de déplacement oscillatoires un véritable rayonnement électromagnétique. La découverte de Hertz a permis d'étudier ces radiations. Elles semblent se propager à travers l'air à peu près comme la lumière polarisée. En particulier, elles se réfléchissent sur les métaux et les diélectriques, se réfractent à travers des prismes et des lentilles de soufre ou de paraffine, comme la lumière à travers des prismes ou des lentilles de verre.

Leur vitesse de propagation est la même que celle de la lumière.

Il existe différents procédés pour déceler les ondes hertziennes.

On peut, en premier lieu, faire usage d'un *résonnateur*, c'est-à-dire d'un excitateur dont on supprime la bobine d'induction. Celle-ci est, en effet, inutile puisque ce sont les radiations elles-mêmes qui servent à la charge des conducteurs.

On sait que lorsqu'un diapason vibre, ses vibrations se transmettent à l'air environnant et que, s'il se trouve dans le voisinage un diapason d'accord avec le premier, celui-ci entre aussitôt en vibration. De même, un excitateur produit une perturbation dans le champ environnant et fait entrer en vibration un second excitateur placé dans ce champ et ayant même période de vibrations. On constate alors dans cet excitateur la présence d'une petite étincelle.

Il y a lieu de remarquer, toutefois, une différence entre le résonnateur électrique et un résonnateur acoustique. Celui-ci ne répond en effet qu'aux excitations parfaitement en accord avec lui; un résonnateur électrique répond au contraire très bien aux excitations en accord avec lui et seulement assez mal à celles qui ne sont pas en désaccord notable avec lui. Cette

remarque est importante et elle donne l'explication de la plus grande difficulté rencontrée dans la télégraphie sans fil.

On peut en second lieu déceler les ondes hertziennes en mesurant l'échauffement produit dans un résonnateur placé dans le champ.

Une dernière méthode enfin, beaucoup plus sensible, a été découverte par Branly et est basée sur une propriété des contacts électriques imparfaits. Ces contacts imparfaits, généralement constitués à l'aide de poussières ou limailles conductrices intercalées dans un circuit, donnent lieu, en effet, à des phénomènes très intéressants, dont la théorie demeure obscure, toutes les fois qu'on les soumet à une perturbation électrique, notamment lorsqu'ils sont exposés aux radiations hertziennes.

Ces phénomènes, différents suivant la nature du contact, peuvent être classés sous quatre rubriques :

1° La résistance du contact diminue et conserve sa nouvelle valeur. Toutefois une secousse ou une élévation de température la ramènent à sa valeur primitive. Les corps dont le contact jouit de cette propriété sont dits *cohérents* ou *radioconducteurs* ;

2° La résistance du contact diminue mais revient à sa valeur initiale dès que cesse la perturbation électrique à laquelle ce contact est soumis. Les corps dont le contact jouit de cette propriété sont dits *cohérents auto-décohérents* ;

3° La résistance du contact augmente et conserve sa nouvelle valeur ; toutefois une secousse ou une élévation de température la ramènent à la valeur primitive. Les corps utilisés dans ce cas sont dits *anticohérents* ;

4° Enfin la résistance du contact augmente mais revient à sa valeur initiale dès que cesse la perturbation électrique : les corps utilisés sont dits alors *anticohérents auto-décohérents*.

Les corps cohérents ou radioconducteurs sont employés à peu près exclusivement pour déceler l'existence des ondes hertziennes : il en est fait un grand usage dans la télégraphie sans fil et nous aurons, à cette occasion, à indiquer les détails de construction ou de montage s'y rapportant.

PREMIÈRE PARTIE

ÉTUDE DES ORGANES CONSTITUTIFS D'UNE TÉLÉCOMMUNICATION ÉLECTRIQUE

On a vu que les organes constitutifs d'une télécommunication électrique sont :

- 1° Une source d'énergie;
- 2° Un transmetteur;
- 3° Une ligne;
- 4° Un récepteur.

Nous nous proposons d'étudier dans cette première partie chacun de ces organes successivement, à l'exception de la ligne. Cet élément, en effet, a déjà fait l'objet de nombreux traités et nécessiterait à lui seul un ouvrage complet. On doit remarquer, en outre, que les règles qui régissent la construction d'une ligne de télécommunication électrique ne diffèrent pas de celles appliquées pour l'établissement d'une ligne d'énergie électrique quelconque. En vue d'éviter des redites, nous supposerons ces règles connues et nous nous bornerons à fournir au passage les indications utiles qui pourraient résulter à ce sujet de l'examen des appareils proprement dits.

D'autre part, les sources d'énergie électrique usitées dans les télécommunications sont susceptibles de produire :

- 1° Soit des courants continus ;
- 2° Soit des courants alternatifs ;
- 3° Soit des ondes hertziennes.

Il va de soi qu'à chacune de ces catégories correspondent des transmetteurs et des récepteurs de types distincts. Nous retrouverons donc au cours de tout ce qui va suivre cette même division fondamentale.

CHAPITRE I

PRODUCTION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

A. — GÉNÉRATEURS DE COURANT CONTINU

Les générateurs de courant continu utilisés dans les télécommunications sont, soit des générateurs électro-chimiques (piles), soit des générateurs électro-dynamiques (machines dynamo-électriques).

§ 1. — Piles hydro-électriques

Principe. — Toutes les fois qu'une action chimique a lieu entre deux corps, cette action a pour résultat la création d'une différence de potentiel entre ces corps.

En particulier, si l'on plonge dans un liquide une lame A (*fig. 8*) qui soit attaquée par ce liquide, il se produit entre ce corps et le liquide une différence de potentiel U , caractéristique de la réaction. Si l'on plonge dans le liquide une seconde lame B qui ne soit pas attaquée, la différence de potentiel U entre A et le liquide existera également entre A et B.

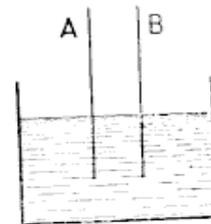


FIG. 8.

On a constitué ainsi un élément de pile; A est dit le pôle négatif de l'élément, B le pôle positif, et on donne le nom de force électromotrice E de l'élément à la force en vertu de laquelle il se produit une différence de potentiel entre ces pôles.

Si l'on réunit ensuite A et B par un conducteur, leurs potentiels tendront à s'égaliser à travers ce conducteur, mais l'action chimique qui ne cesse pas, rétablira constamment la différence initiale : il y a production de courant. Toutefois, au moment de la liaison, on peut constater que la différence de potentiel U entre les deux pôles baisse brusquement pour prendre une valeur plus faible u . L'élément de pile, en effet, n'est plus alors simplement un générateur d'énergie : il fait aussi partie intégrante du circuit et, comme tout conducteur, intervient par sa résistance. Cette résistance porte le nom de *résistance intérieure de la pile*. La *force électromotrice* et la *résistance intérieure* de l'élément sont des indications de la valeur électrique de l'élément : on les nomme à tort les *constantes* de l'élément, car leur valeur varie suivant la résistance du circuit et suivant les modifications de composition que subissent la lame attaquée et le liquide au cours du fonctionnement de la pile. Pour se rendre complètement compte de la valeur d'une pile, il faut d'ailleurs connaître, outre les constantes, le débit en ampères-heure que la pile est susceptible de fournir sur une résistance donnée jusqu'à épuisement, c'est-à-dire jusqu'à ce que l'action chimique cesse par suite de la transformation complète des corps mis en présence.

Groupement des éléments. — Il y a souvent intérêt à disposer de générateurs d'électricité ayant des forces électromotrices et des résistances intérieures différentes de celles d'un élément unique.

On peut associer dans ce but les éléments de pile de deux manières différentes, dites l'une *en série* ou *en tension*, l'autre *en dérivation* ou *en surface*.

Dans le premier cas, on réunit au pôle positif du premier élément le pôle négatif du second ; au pôle positif de ce second élément, le pôle négatif du troisième, etc.

Si l'on associe de cette manière n élément de force électromotrice E , la force électromotrice de la batterie est alors $n E$. Les éléments ainsi montés jouent le rôle d'une série de

machines hydrauliques élevant l'eau par degrés successifs.

Dans le second cas, on réunit tous les pôles positifs des éléments et tous les pôles négatifs. On constitue ainsi un élément unique, ayant toujours la même force électromotrice E , mais où la surface des électrodes est n fois plus grande. La résistance intérieure de la batterie est donc n fois plus faible que celle d'un élément.

L'application de la loi d'Ohm donne pour l'intensité I du courant obtenu dans un circuit extérieur de résistance R , dans le cas de montage en série :

$$I = \frac{nE}{nr + R},$$

et dans le cas du montage en dérivation :

$$I = \frac{E}{\frac{r}{n} + R}.$$

Ces deux modes de montages sont d'ailleurs fréquemment combinés entre eux.

En particulier, dans le cas où l'on aurait une batterie de m éléments en tension associés par n en surface (soit au total mn éléments), l'intensité I dans un circuit de résistance R sera donnée par la formule :

$$I = \frac{mE}{\frac{mr}{n} + R}.$$

Polarisation. — La plupart des éléments usités dans l'industrie comportent comme électrode négative une lame de zinc, comme électrode positive une lame de cuivre ou de charbon ; ils ne diffèrent que par la nature du liquide choisi pour l'attaque du zinc.

Lorsqu'un élément ainsi constitué est fermé sur un circuit, on constate que le courant produit s'affaiblit très rapidement. Cet affaiblissement est dû à trois causes :

1° L'impureté de la lame de zinc attaquée. Chaque impureté mise en regard d'une partie saine, constitue en effet sur la lame un petit élément local qui, étant fermé sur lui-même, l'use inutilement.

2° Les diverses réactions intérieures de la pile ont pour résultat la production de gaz hydrogène qui se porte sur l'électrode positive. La présence de cet hydrogène gazeux formant une sorte de gaine sur la lame, diminue les contacts du liquide avec cette lame et augmente la résistance intérieure.

3° Enfin, des dépôts de zinc se forment sur l'électrode positive. Ce zinc, provenant de la décomposition par le courant des sels de zinc en dissolution dans l'élément, tend alors à créer un véritable élément à l'intérieur du premier et orienté en sens inverse de lui.

L'ensemble de ces phénomènes porte le nom de *polarisation*. On les supprime en employant d'une part du zinc pur ou, ce qui est plus économique, du zinc amalgamé; d'autre part, en empêchant par un procédé chimique les substances étrangères, hydrogène et zinc, de parvenir à la lame positive. Les piles contiennent donc toujours, en dehors des électrodes, deux corps, l'un dit *excitateur* qui sert à créer la force électromotrice en attaquant l'électrode négative, l'autre dit *dépolarisant* qui détruit les effets de la polarisation.

Le nombre des piles en usage est extrêmement élevé. Nous nous bornerons à décrire celles employées actuellement par l'administration française. Elles sont du type Callaud et du type Leclanché. On s'est également servi, jusqu'à ces derniers temps, de piles Lalande et Chaperon. Mais celles-ci nécessitant le maniement de la potasse caustique, on a renoncé à leur emploi.

Pile Callaud. — Montage. — Entretien. — La pile Callaud comprend les éléments suivants :

- 1° Un vase cylindrique en verre;
- 2° Une électrode positive constituée par une bande de cuivre placée au fond de ce vase. Cette bande est rivée à une autre

tige de cuivre, recouverte de gutta-percha et qui, traversant l'élément, sert à la prise de contact;

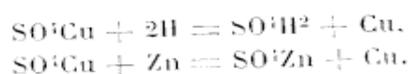
3° Une électrode négative en zinc de forme cylindrique ou en spirale, suspendue par trois crochets de cuivre rivés qui s'appuient sur les bords du vase.

Le liquide excitateur est du sulfate de zinc étendu d'eau.

Le dépolarisant est du sulfate de cuivre.

La séparation de ces liquides est obtenue par le simple effet des différences de densités. Le sulfate de cuivre, étant plus dense que le sulfate de zinc, occupe le fond du vase. Il est reconnaissable à sa couleur bleue et le sulfate de zinc à ce qu'il est incolore.

L'action du dépolarisant est la suivante. L'hydrogène et le zinc décomposent le sulfate de cuivre en donnant de l'acide sulfurique, du sulfate de zinc et un dépôt de cuivre :



La solution de sulfate de zinc se concentre, le cuivre se dépose sur l'électrode positive.

La force électromotrice de l'élément Callaud est de 1,07 volt; la résistance intérieure de l'élément grand modèle, le plus généralement employé, est de 5 ohms environ.

Le montage et l'entretien des piles Callaud nécessitent des précautions spéciales qu'on ne devra pas négliger.

Le montage s'opère de la façon suivante :

1° Placer au fond du vase l'électrode positive et sur les bords l'électrode négative;

2° Verser du sulfate de zinc étendu d'eau et marquant à l'aréomètre Baumé 16°, de manière à faire affleurer la solution presque au niveau supérieur du zinc;

3° Laisser tomber au fond du vase 400 grammes de cristaux de sulfate de cuivre;

4° Fermer l'élément sur lui-même pendant quelques secondes.

L'élément est aussitôt prêt à fonctionner.

Pour obtenir la solution de sulfate de zinc, on recueille, au cours de l'entretien, le liquide incolore retiré des éléments et on laisse avec ce liquide, dans un récipient en bois coaltarisé, les débris de zinc et de cuivre provenant des piles hors de service.

On décante ensuite la solution avec un siphon et on l'étend avec de l'eau jusqu'à ce qu'elle marque à l'aéromètre le degré voulu.

On pourrait également effectuer le montage avec de l'eau pure, mais cette méthode a de graves inconvénients. Le sulfate de zinc se produit en effet dans ce cas aux dépens de l'électrode neuve et seulement très lentement. La mise en activité normale de la pile est alors assez longue.

L'entretien qui s'effectue normalement tous les six mois comporte les seules opérations suivantes :

1° Débarrasser l'élément des sels grimpants ; la formation de ces sels est d'ailleurs beaucoup diminuée, si l'on a soin d'enduire les bords du vase avec une couche de paraffine ou d'ocre jaune ;

2° Ramener la solution de sulfate de zinc à la densité voulue ; on retire pour cela une partie du liquide incolore et on ajoute de l'eau jusqu'à ce que l'aéromètre marque de nouveau 16° ;

3° Ajouter du sulfate de cuivre ;

4° Faire tomber avec une baguette de verre les dépôts de cuivre qui s'attachent souvent au pôle négatif de l'élément.

La pile Callaud bien entretenue a une résistance intérieure très constante ; son emploi est excellent dans les applications télégraphiques.

Pile Leclanché. — Montage et entretien. — La pile Leclanché comprend les éléments suivants :

1° Un vase de verre à base carrée et à col cylindrique ;

2° Une électrode positive constituée par une lame de charbon recouverte par un chapeau de plomb et reliée par une lame de cuivre étamée à l'électrode négative de l'élément suivant ;

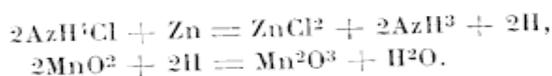
3° Une électrode négative constituée par un bâton de zinc.

L'excitateur est une solution de chlorhydrate d'ammoniaque.

Le dépolarisant solide est un mélange de charbon de cornue et de bioxyde de manganèse, concassés l'un et l'autre en grains grossiers, tassés autour de l'électrode positive et contenus dans un vase poreux. Ce vase est lui-même bouché à la cire ; un trou est laissé dans ce bouchon pour l'échappement des gaz.

L'action du dépolarisant est la suivante.

L'hydrogène réduit le bioxyde de manganèse à l'état de sesquioxyde : le zinc se dissout à l'état de chlorure de zinc :



Ces réactions sont les principales : les réactions secondaires n'ont jamais été bien déterminées. Elles donnent lieu en particulier à la formation d'oxychlorure de zinc peu soluble qui se dépose en cristaux sur l'électrode négative ; ce dépôt doit être enlevé après un certain temps de fonctionnement.

Quelques auteurs ont également supposé que l'oxygène destiné à brûler l'hydrogène produit n'était pas tout entier fourni par le bioxyde de manganèse, mais aussi par l'air emprisonné dans le liquide (Obach).

La force électromotrice de l'élément ainsi constitué est de 1,4 volt. Sa résistance intérieure est de 5 ohms environ pour l'élément grand modèle de l'administration française et de 10 ohms environ pour l'élément petit modèle.

En ajoutant dans la dissolution certains produits, notamment du sulfate de zinc, on peut arriver à obtenir une force électromotrice de 1,6 volt, mais cette pratique est peu recommandable.

L'élément Leclanché petit modèle doit être monté avec 70 grammes de chlorhydrate d'ammoniaque et 150 grammes d'eau. L'élément grand modèle avec 120 grammes de chlorhydrate d'ammoniaque et 250 grammes d'eau.

L'entretien de la pile Leclanché est des plus simples. Il consiste à maintenir dans l'élément une quantité suffisante de solution de chlorhydrate d'ammoniaque, à remplacer l'eau disparue par évaporation, à supprimer les sels grimpants, enfin à nettoyer soigneusement le bâton de zinc (pour le débarrasser des oxychlorures) et le vase poreux.

La solution de chlorhydrate doit être saturée; il importe, toutefois, de ne pas mettre du sel en excès, car il se forme alors de l'oxychlorure et la résistance de l'élément augmente notablement.

L'élément que nous venons de décrire est actuellement en usage dans la plupart des bureaux municipaux français. Il est maniable et peu coûteux. Toutefois, mis en court-circuit, il se polarise très vite, l'action du dépolarisant n'est pas assez rapide. Sa résistance intérieure est considérable et la présence du vase poreux contribue à augmenter cette résistance. L'obligation de remettre assez fréquemment du liquide est une sujétion. Enfin le débit en ampères-heure d'un élément Leclanché petit modèle est de 9 ampères-heure seulement sur 10 ohms de résistance extérieure. Au prix actuel des éléments, le prix de l'ampère-heure revient ainsi à 0 fr. 044, ce qui est un prix élevé.

Piles Leclanché à agglomérés. — On s'est efforcé de remédier à ces divers inconvénients.

On est parvenu en premier lieu à rendre le dépolarisant plus actif en préparant le mélange par un broyage préalable très fin et en comprimant ensuite à très haute pression ce mélange de manière à en former des plaques qui enserrant le pôle positif.

Le résultat obtenu est d'autant meilleur que le mélange initial a été plus homogène et la compression plus considérable.

En second lieu, on a supprimé le vase poreux soit en y substituant un sac de toile (pile Warnon, pile de la Société le Carbone), soit en moulant directement les plaques de depo-

larisant sur l'électrode positive (aggloméré Leclanché).

En donnant au zinc une forme semi-circulaire, on a pu diminuer dans une large mesure la résistance intérieure.

Enfin, l'emploi du chlorure double d'ammonium et de zinc permet dans une certaine mesure de diminuer beaucoup la formation des oxychlorures.

Les éléments ainsi construits sont dits *à agglomérés*.

Le tableau suivant montre l'avantage considérable qu'entraîne l'adoption des agglomérés sans vase poreux.

	RÉSISTANCE	CAPACITÉ	PRIX
	INTÉRIEURE en ohms	EN AMPÈRES-HEURE SUR 10 GRMS	DE L'AMPÈRE-HEURE
Leclanché PM.....	8	9	0 fr. 044
Leclanché GM.....	6	15	0 033
Warnon aggloméré.	0,150	44	0 0418
Élément Z (Le Carbone)	0,760	45	0 0111

En dehors de ces premiers résultats, on s'est efforcé d'arriver à immobiliser le liquide. Pour y parvenir on a eu l'idée d'emprisonner le liquide excitateur dans diverses substances telles que le cofferdam (pile Bloc), la gélose (pile Delafon), le plâtre imbibé de chlorhydrate d'ammoniaque (pile Hellen), etc...

Ces piles sont assez improprement dénommées *piles sèches*. Leur emploi, en raison de leur prix élevé, a été presque toujours limité jusqu'à ce jour aux usages téléphoniques. Elles permettent d'obtenir des résistances intérieures très faibles et des capacités utiles très élevées.

Les principales conditions auxquelles doivent satisfaire les piles sèches actuellement livrées à l'administration française sont les suivantes :

La force électromotrice doit être de 1,45 volt au minimum.

La résistance intérieure doit être inférieure à 0,150 ohm. l'élément étant fermé sur une résistance extérieure de 5 ohms.

L'élément fermé pendant trente jours sur une résistance de 5 ohms doit fournir une capacité utile de 150 ampères-heure, et son débit, à la fin de l'essai, ne doit pas tomber au-dessous de 160 milliampères.

L'étanchéité doit être absolue et l'élément doit pouvoir se conserver intact pendant deux années au moins.

Nous ne décrirons parmi les piles sèches répondant à ces conditions, que la dernière en date (pile Delafon).

L'électrode positive est constituée par deux cylindres de charbon A et B reliés en quantité (*fig. 9*).

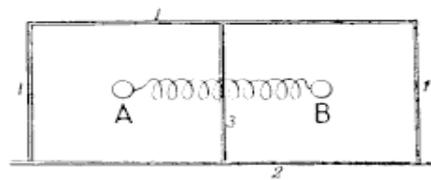


FIG. 9.

L'électrode négative est une sorte de boîte sans fond, comprenant trois plaques de zinc amalgamé, 1, 2 et 3, agencées de telle sorte qu'elles forment un double logement pour les électrodes positives. Ces plaques sont percées de trous équidistants.

Le dépolarisant est un mélange intime de bioxyde de manganèse et de charbon de cornue comprimé à 300 kilogrammes par centimètre carré; il est contenu dans un sac de toile, au centre duquel se trouvent chacun des cylindres servant d'électrode positive.

L'excitateur est une solution concentrée de chlorhydrate d'ammoniaque immobilisée par la gélose.

Le tout est renfermé dans une boîte en bois hermétiquement close et parfaitement étanche.

Il est facile de voir qu'un élément ainsi constitué est l'équivalent de deux éléments couplés en quantité. C'est ce qui explique la très faible résistance intérieure.

L'élément Delafon fermé sur 5 ohms d'une manière ininter-

rompue pendant quarante-huit jours, fournit une capacité utile de 190 ampères-heure.

Coût de l'énergie obtenue à l'aide des piles. — L'énergie obtenue à l'aide des piles est très onéreuse. On peut s'en rendre compte à priori en songeant que la matière consommée est du zinc, alors que dans la plupart des applications industrielles, la houille suffit.

On peut évaluer à 3 francs environ le coût du cheval-heure fourni par une pile Callaud, à 0 fr. 10 celui du même cheval-heure fourni par une machine à vapeur.

On conçoit donc que, si l'utilisation de la pile s'impose pour les petites installations de télégraphie, il convient, au contraire, d'y renoncer pour toutes celles où la consommation journalière d'énergie prend une certaine importance.

§ 2. — Générateurs électrodynamiques

Principe. — L'usage des machines dynamo-électriques s'est tellement répandu dans l'industrie qu'il ne saurait être question de faire ici une théorie complète de ces appareils ni d'en décrire tous les types.

Nous nous bornerons, dans ce qui va suivre, à rappeler sommairement les principes sur lesquels repose le fonctionnement de ces machines.

Toutes les fois qu'un conducteur se déplace dans un champ magnétique ou inversement, ce conducteur est le siège d'une force électromotrice de sens et de valeur déterminés.

En particulier, si l'on déplace un conducteur rectiligne (*fig. 10*) dans un champ uniforme, en le faisant tourner autour

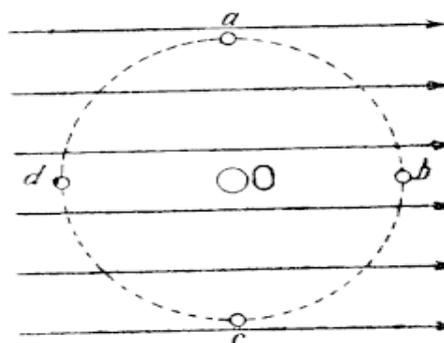


FIG. 10.

d'un axe O perpendiculaire à la direction de ce champ, la force électromotrice induite dans le conducteur peut être représentée graphiquement par une sinusoïde; elle est orientée dans un sens pendant le parcours de a à c , en sens inverse pendant le parcours de c en a . Il en résulte que, si par un moyen quelconque ce conducteur est, pendant son déplacement, fermé sur une résistance extérieure, le circuit sera parcouru par un courant alternatif (*fig. 11*).



FIG. 11.

Si l'on trouve, en outre, le moyen de renverser les attaches du circuit extérieur au moment de chacun des passages du conducteur induit en a et c , le courant parcourant ce circuit reste toujours de même sens, mais son intensité est constamment variable et sa forme devient celle représentée par la figure 12; c'est un *courant redressé* ou *ondulé*.



FIG. 12.

Une machine dynamo-électrique à courant continu comprend dès lors les éléments suivants :

1° Un inducteur qui sert à créer un champ magnétique et qui peut être un aimant permanent ou un électro-aimant. Dans ce dernier cas, le courant qui traverse l'inducteur est emprunté soit à une source d'énergie extérieure soit plus généralement à la machine elle-même.

2° Un induit composé d'une série de conducteurs en déplacement relatif par rapport au champ magnétique créé par l'inducteur. L'ensemble de ces conducteurs est le siège d'une

force électromotrice alternative qui est la force électromotrice de la machine.

3° Un collecteur reliant constamment à un circuit extérieur les extrémités du circuit induit et inversant les attaches à chaque inversion du sens de la force électromotrice.

Le courant ainsi recueilli dans le circuit extérieur est bien toujours du même sens, mais n'est pas continu; il est ondulé; ces ondulations peuvent d'ailleurs être réduites au point de devenir négligeables.

Si l'on simplifie le collecteur en supprimant l'inversion des attaches, le courant recueilli dans le circuit extérieur est alternatif. Il n'y a donc pas de différence fondamentale entre un alternateur et une machine à courant continu; celles-ci pourraient être appelées des *alternateurs à courant redressé*.

La force électromotrice d'une dynamo à courant continu est proportionnelle au nombre des spires enroulées sur l'induit, au nombre des tours de la machine et à l'intensité du champ.

Cette intensité varie elle-même avec le débit de la machine; il en résulte qu'à l'opposé des piles, les machines dynamo ont des forces électromotrices qui varient aussi avec le débit.

Sous cette réserve, on peut les assimiler aux piles et leur donner une même utilisation; on peut en particulier les associer en tension ou en quantité. Étant donnés les débits considérables dont elles sont susceptibles, il est d'ailleurs évident que le couplage en quantité n'est jamais utilisé dans les applications télégraphiques.

Montage des dynamos dans le service télégraphique.

— Il est presque toujours nécessaire en télégraphie de disposer de sources d'énergie à des potentiels variés, les uns positifs, les autres négatifs. Les dynamos courantes ont toujours un débit élevé, suffisant pour desservir simultanément un assez grand nombre de communications; il n'y a donc qu'à réaliser avec elles des prises de courant à potentiels variés pour qu'elles se prêtent complètement aux exigences de l'exploitation télégraphique.

Deux procédés ont été préconisés à cet effet.

1° *Procédé américain*. — Il consiste à employer une série de petites dynamos montées en tension (fig. 13) et dont la tension diffère d'une quantité fixe déterminée à l'avance, 25 volts par exemple.

La dernière machine du groupe est excitée en dérivation et alimente en même temps les inducteurs I des machines constituant la batterie ; des rhéostats r , insérés sur chaque circuit

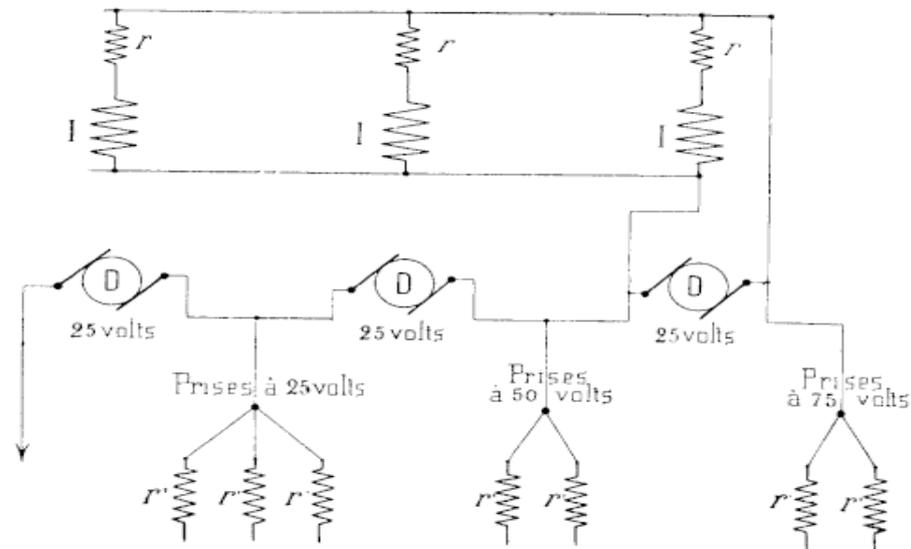


FIG. 13.

individuel d'excitation, permettent de régler cette excitation et, par suite, la force électromotrice de chaque machine. Les prises de courant sont faites comme dans une batterie de piles, entre le balai positif d'une machine et le balai négatif de la suivante.

La dernière machine a nécessairement l'un de ses balais à la terre. Pour éviter la production d'un court circuit dans les inducts, au cas où une mise à la terre intempestive surviendrait dans les postes du bureau desservi, on insère avant chacun de ces postes une résistance r' de 2 ohms environ.

La « Western Union Telegraph Co » à Chicago, a ainsi rem-

placé 60000 éléments de pile par une installation de 21 machines dynamo-électriques, fournissant chacune 40 ampères sous 110 volts.

2° *Procédé Picard*. — Dans le procédé américain, on est obligé de recourir à l'emploi d'un assez grand nombre de dynamos à faible tension, et l'on ne possède que des prises présentant une différence de potentiel relativement élevée. Un système dû à M. Picard permet d'éviter ces inconvénients.

Supposons que nous disposions d'un conducteur ayant son point milieu à la terre et dont les extrémités soient maintenues à des potentiels $+V$ et $-V$. Représentons par la longueur AC la résistance de ce conducteur (*fig. 14*) par Aa et Cc les potentiels $+V$ et $-V$ de ses extrémités.

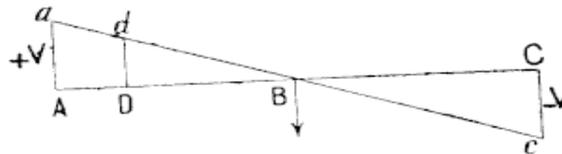


FIG. 14.

La droite aBc représente la courbe des potentiels le long du conducteur et le potentiel en un point D du conducteur sera représenté par Dd .

On voit que le potentiel varie d'une manière uniforme le long du conducteur de $+V$ à zéro et de zéro à $-V$. Il suffit donc d'insérer en un point convenablement choisi du conducteur la prise de contact pour avoir en ce point un potentiel quelconque positif ou négatif compris entre $+V$ et $-V$. Un montage de cet ordre réalise ce que l'on appelle une *échelle de potentiels*.

M. Picard constitue une échelle de potentiels avec une série de résistances en maillechoit (*fig. 15*); le point médian de cette échelle est mis à la terre et les extrémités en sont maintenues aux potentiels $+V$ et $-V$ en les reliant aux deux bornes d'une dynamo unique ayant une force électromotrice égale à $2V$.

Les prises de courant sont espacées entre les diverses résistances de maillechort. Comme dans le montage américain, des résistances de 4 ohms sont intercalées en avant des postes transmetteurs.

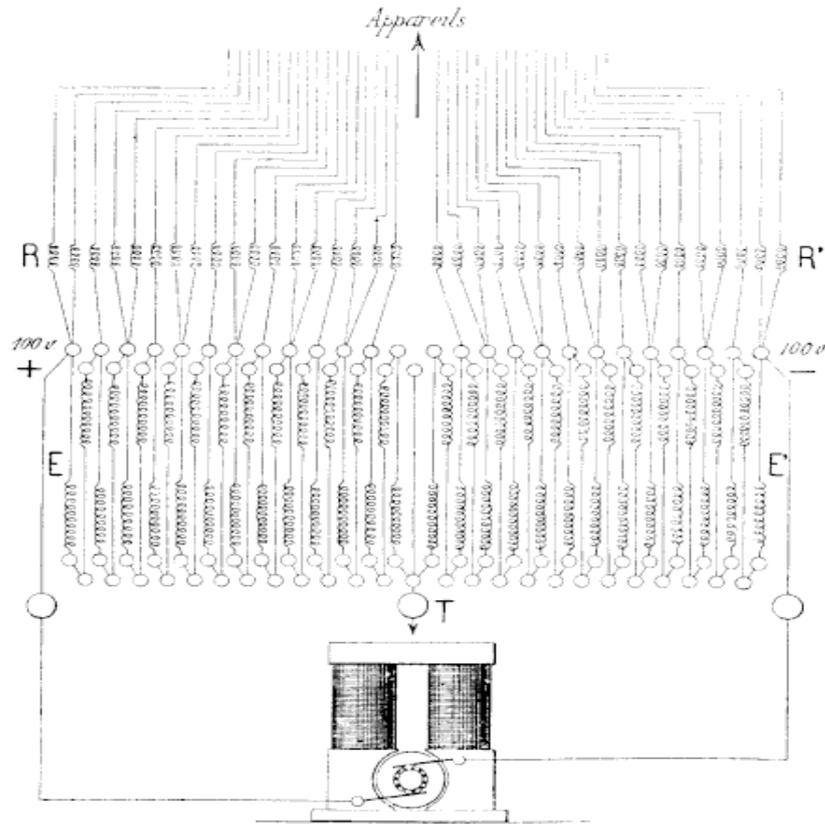


FIG. 15.

Remarque sur l'emploi des dynamos en télégraphie. — D'une manière générale, une dynamo est un organe de transformation d'énergie mécanique en énergie électrique. Il est donc nécessaire de dépenser de l'énergie pour actionner des dynamos.

On se sert généralement pour cela d'une machine à vapeur, mais on doit remarquer que cette machine doit tourner pendant toute la durée du service et notamment aux heures les

moins chargées. Ce sont des conditions peu économiques, une machine, quelle qu'elle soit, devant toujours être à pleine charge pour fournir son meilleur rendement.

On est conduit dès lors, soit à faire commander les dynamos par un moteur qui s'alimente sur une canalisation indépendante, et cette solution a l'inconvénient de rendre un service public solidaire des accidents qui peuvent se produire dans une installation privée, soit à préférer l'emploi de transformateurs différés qui ne nécessitent la marche des moteurs à vapeur que pendant un temps limité et toujours à pleine charge.

C'est ce qui explique que l'emploi des dynamos en télégraphie soit actuellement peu répandu.

B. — GÉNÉRATEURS DE COURANTS ALTERNATIFS

Principe. — Nous avons vu que les machines à courant alternatif étaient des machines à courant continu simplifiées, où le collecteur avait pour seule fonction de maintenir en liaison constante les bornes de l'induit avec le circuit extérieur sans inverser ces liaisons.

Les alternateurs comportent donc comme pièces essentielles un inducteur et un induit.

Dans les machines à courant continu, l'inducteur est généralement fixe et l'induit mobile. Dans les alternateurs il peut arriver au contraire trois cas.

- 1° L'inducteur peut être fixe et l'induit mobile ;
- 2° L'inducteur peut être mobile et l'induit fixe ;
- 3° L'inducteur et l'induit peuvent être fixes.

Les alternateurs usités pour les télécommunications sont exclusivement du premier et du troisième type. Le second type, en effet, n'a d'intérêt que lorsqu'il s'agit de machines

très puissantes, car l'inducteur en raison de son poids peut alors servir de volant.

Alternateurs à inducteur fixe et à induit mobile. — La plupart des appareils connus sous le nom d'*appels magnétiques* rentrent dans la catégorie des alternateurs à inducteur fixe et induit mobile. En raison de leur faible puissance, ces appareils sont toujours manœuvrés à la main.

Tous les types d'appels magnétiques ne diffèrent que par des particularités secondaires de construction. Nous nous contenterons donc de décrire l'un d'eux choisi parmi les mieux étudiés.

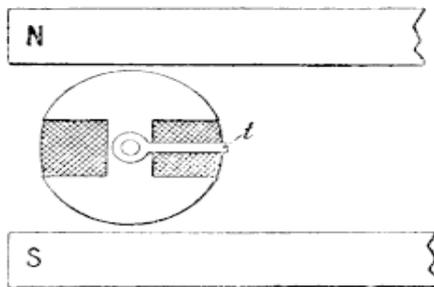


FIG. 16.

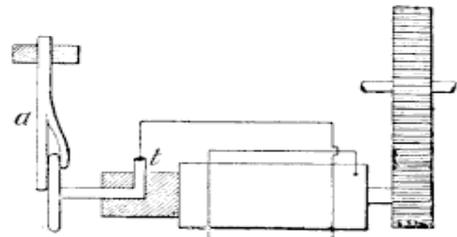


FIG. 17.

Il comporte comme inducteur quatre électro-aimants en fer à cheval, disposés parallèlement, tous les pôles de même nom étant juxtaposés (*fig. 16*).

L'induit est un noyau en fer autour duquel est enroulé un fil fin d'une résistance d'environ 500 ohms. L'ensemble constitue une bobine cylindrique dont le fil serait enroulé parallèlement à l'axe du cylindre et présentant deux épanouissements de fer. Cette bobine, commandée par un engrenage et une manivelle à main, tourne entre les extrémités polaires des aimants; sa grosseur est calculée de manière à réduire au minimum l'entrefer.

Le collecteur est très simple (*fig. 17*). Les extrémités de la bobine sont soudées, l'une sur le massif de la bobine, l'autre sur une petite tige *t* isolée du massif et reliée électriquement à une autre tige, également isolée, située dans le

prolongement de l'axe de la bobine : cette dernière tige porte une roue tournant entre deux ressorts a , en même temps que l'axe.

Le courant de l'induit est ainsi pris, d'une part, sur le massif et, d'autre part, sur les deux ressorts a .

Un appareil de cette nature présente une self-induction élevée (5 à 6 henrys) et une résistance assez considérable. On a donc intérêt à le retirer automatiquement des circuits, lorsqu'on cesse de l'utiliser.

Un dispositif ingénieux permet d'obtenir ce résultat (*fig. 18*).

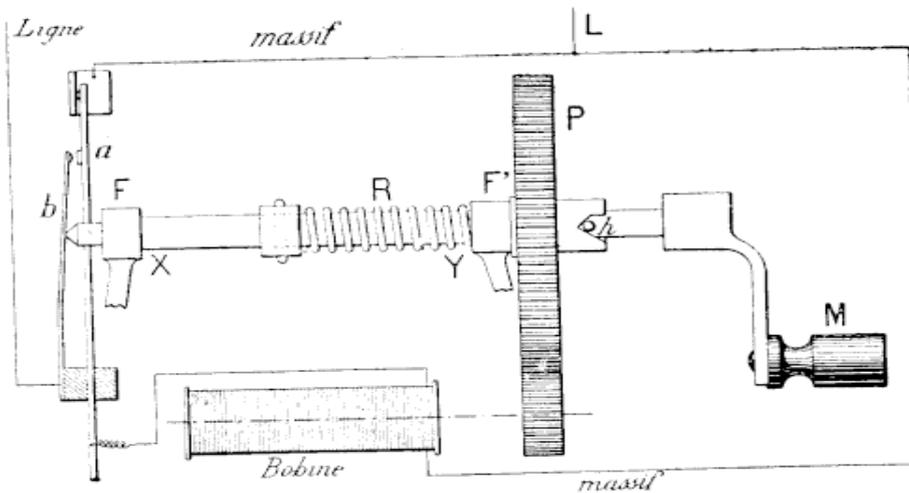


FIG. 18.

L'axe XY, tourne dans les châssis F et F' et entraîne normalement l'engrenage par l'intermédiaire d'une goupille h , reposant dans la gorge d'une échancrure pratiquée dans le manchon qui fait corps avec cet engrenage.

Au repos, un ressort à boudin R provoque le contact de l'axe XY avec un ressort b butant contre l'extrémité X. Dans cette position, le ressort lame a servant à la prise de courant repose sur un butoir en communication avec le massif. La bobine est ainsi mise en court circuit.

Dès que l'on tourne la manivelle, la goupille glisse sur le

plan incliné, produisant un déplacement longitudinal de l'axe XY vers la droite ; le ressort *b* abandonné à lui-même écarte le ressort *a* de sa butée et prend contact avec lui ; le court-circuit est rompu.

La goupille vient ensuite se loger dans une encoche de courbure appropriée et l'entraînement de l'engrenage commence.

Lorsqu'on cesse de tourner, le ressort à boudin R repousse l'axe XY vers la gauche, et tout revient en l'état.

Il est fait également usage dans les grands bureaux téléphoniques d'alternateurs multipolaires pour les appels. Ceux-ci ne diffèrent des alternateurs industriels que par leur puissance réduite et, par suite, par leurs dimensions ; ils sont presque toujours commandés par des moteurs électriques.

Alternateurs à inducteur et induit fixes. — Pour faire comprendre le fonctionnement de cette catégorie d'alternateurs, il importe de revenir sur le principe général des dynamos.

Nous avons dit que toutes les fois qu'un conducteur était en mouvement relatif par rapport à un champ, ce conducteur était le siège d'une force électromotrice de valeur et de sens déterminés.

Le résultat est encore le même si, laissant le champ et le conducteur immobiles dans l'espace, on fait varier l'intensité du champ. En d'autres termes, pour qu'il y ait induction, il suffit qu'il y ait une modification quelconque dans l'état relatif d'un conducteur et d'un champ.

Les alternateurs à inducteur et induit fixes sont des alternateurs dans lesquels on se contente de faire varier le champ inducteur, en faisant varier la réluctance du circuit magnétique.

Le dispositif suivant fera aisément comprendre le principe de la méthode (*fig.* 49).

Soit un circuit magnétique incomplet sur lequel sont enroulées deux bobines AB et CD. Faisons passer un courant continu dans la bobine AB, qui jouera le même rôle que

l'inducteur : si, dans l'entrefer BC, nous plaçons un morceau de fer, la résistance magnétique diminuera. Elle augmentera si on le retire. A ce double mouvement, correspond une double variation du champ et, par suite, la création d'une force électromotrice alternative d'induction dans la bobine CD. Pour entretenir cette force électromotrice, il suffit d'entretenir le mouvement du morceau de fer, par exemple en plaçant ce

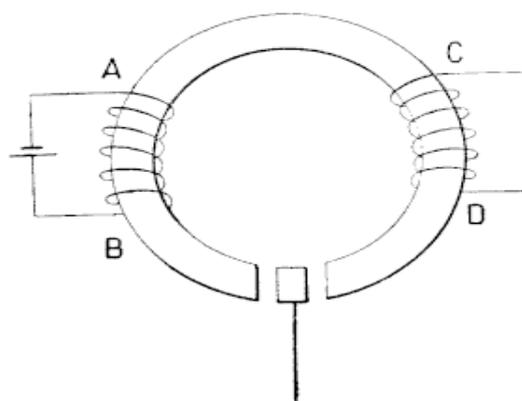


FIG. 19.

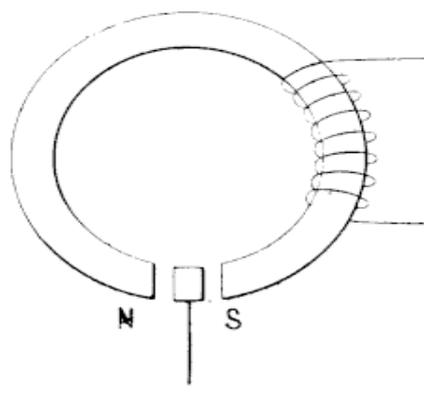


FIG. 20.

morceau à la périphérie d'une roue tournant autour d'un axe, ou encore en le montant à l'extrémité d'une lame vibrante en métal non magnétique.

Il est clair d'ailleurs que le raisonnement est le même, que l'inducteur soit un électro-aimant comme on l'a supposé plus haut ou un simple aimant permanent et, en fait, dans les alternateurs à inducteur et induit fixes usités pour les télécommunications, l'inducteur est toujours un aimant ordinaire (*fig. 20*).

Téléphone. — Le plus simple de ces alternateurs et le plus usité, est le téléphone proprement dit. L'idée du téléphone revient à un ingénieur français, M. Bourseul. Toutefois, le premier téléphone employé industriellement est celui de Bell. C'est une forme simplifiée de l'alternateur théorique qui vient d'être étudié. L'inducteur est un aimant en fer à cheval.

L'induit est constitué par deux bobines montées en tension ayant une résistance totale de 200 ohms.

La plaque de fer provoquant des variations du champ, est une membrane encastrée sur ses bords entre deux rondelles non magnétiques et qui, placée en regard des pôles de l'inducteur, vibre sous l'action des vibrations sonores émises par la voix (*fig. 21*).

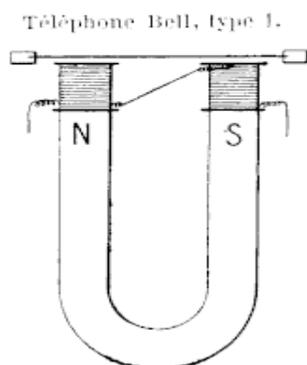


FIG. 21.

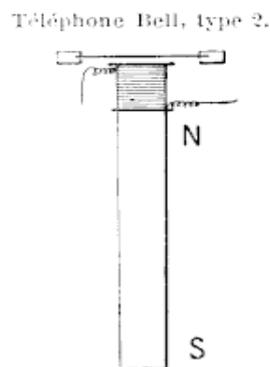


FIG. 22.

A chaque vibration de la plaque correspond une production de force électromotrice alternative dans les bobines.

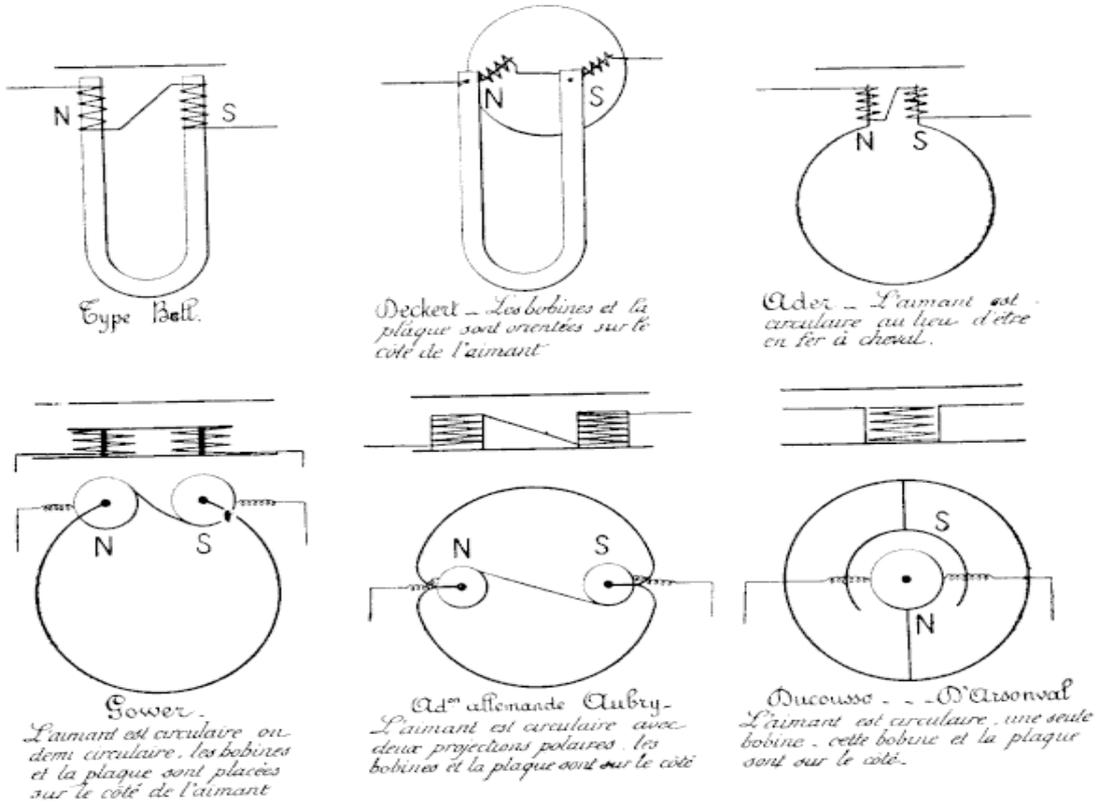
On peut encore simplifier cette forme d'alternateur en n'utilisant qu'une bobine et un aimant droit. C'est la deuxième forme du téléphone Bell (*fig. 22*).

Tous les téléphones, quels qu'ils soient, dérivent de ces deux types initiaux. Les modifications qu'ils comportent ont pour but théorique d'améliorer le rendement de cet alternateur type ; il ne semble pas d'ailleurs que ces efforts aient toujours eu un égal succès. A titre d'exemples, nous en mentionnons quelques-uns. La seule inspection des figures montre leur filiation (*fig. 23*).

La résistance des bobines induites, dans le téléphone, varie de 150 à 200 ohms. Dans certains appareils, elle atteint jusqu'à 350 ou 400 ohms.

Presque toujours la lame est protégée par un pavillon en bois ou en métal.

A. — Téléphones dérivés du type 1



B. — Téléphones dérivés du type 2

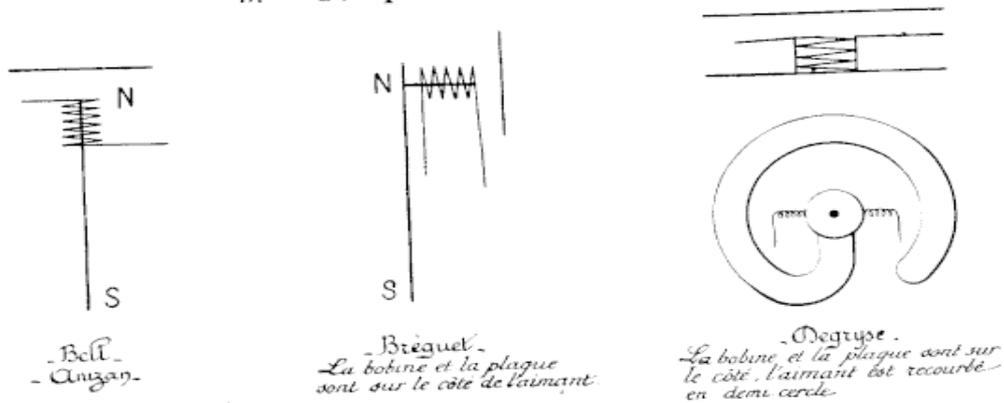


FIG. 23.

Le fonctionnement de l'appareil est évidemment d'autant meilleur que les modifications du champ, produites par les vibrations de la plaque, sont plus intenses. La distance de la plaque aux pôles de l'inducteur joue un grand rôle à ce point de vue ; le réglage de l'appareil consiste donc principalement à déterminer cette distance.

Réversibilité du téléphone. — Les dynamos et les alternateurs sont réversibles; le téléphone est, par suite, réversible. Ceci revient à dire que si l'on fait passer dans la bobine de l'induit un courant alternatif, à chaque alternance du courant correspondra une vibration mécanique de la plaque vibrante.

C'est ce qui explique comment un téléphone peut servir non seulement de générateur d'énergie, mais de récepteur. Nous reviendrons toutefois plus longuement sur cette propriété dans l'étude des récepteurs.

Autres alternateurs à induit et inducteur fixes. — D'autres alternateurs à inducteur et à induit fixes sont également en usage dans les télécommunications. On a pu ainsi réaliser des appels magnétiques de cette nature.

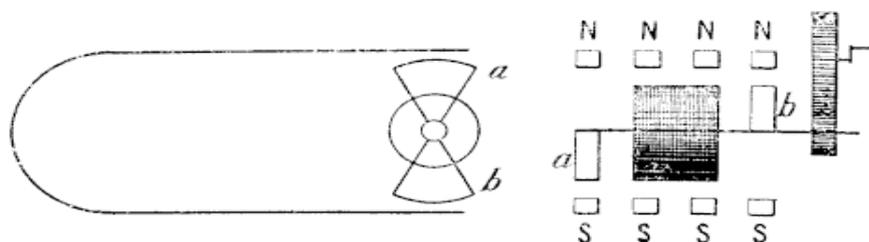


FIG. 24.

Dans l'appel Ducouso, par exemple, l'inducteur est constitué par quatre aimants parallèles NS : l'induit est une bobine fixe placée entre les pôles de ces aimants (*fig. 24*).

La manivelle commande, par l'intermédiaire d'un engrenage, un axe traversant la bobine fixe et portant deux épanouissements de fer doux *a* et *b* diamétralement opposés. La

rotation de cet arbre détermine les variations du champ nécessaires à la production de la force électromotrice alternative dans la bobine.

Un dernier alternateur à inducteur et induit fixe est en usage courant dans la télégraphie anglaise; il sert à produire les courants dans l'appareil alphabétique Wheatstone.

Il consiste essentiellement en un puissant aimant en fer à cheval constituant l'inducteur: cet aimant porte deux bobines sur chacun de ses épanouissements polaires. Les quatre bobines ont leurs axes disposés symétriquement par rapport à l'axe de l'appareil et constituent l'induit fixe.

La variation du champ est obtenue par la rotation, sous l'action d'un engrenage manœuvré à la main, d'une armature en fer doux dont la largeur est un peu supérieure à l'écartement des deux noyaux de bobines adjacentes. Chaque révolution de cette lame détermine l'émission de quatre courants successifs alternativement positifs et négatifs.

C. — PRODUCTION D'ONDES HERTZIENNES

Nous avons exposé déjà (*fig. 6*) le mode de production théorique des ondes hertziennes. L'excitateur de Hertz dont on a donné une description succincte et les excitateurs similaires sont les seuls générateurs d'ondes utilisés dans les télécommunications.

CHAPITRE II

TRANSFORMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Nous venons de passer en revue les principales sources d'énergie dont il est fait usage en télécommunication. On se sert aussi assez fréquemment dans ces installations de transformateurs.

Ceux-ci peuvent se ramener à deux types généraux, les transformateurs différés ou *accumulateurs* et les transformateurs immédiats.

Quelquefois, enfin, on a recours à des dispositifs de circuit permettant de transformer les courants continus en courants alternatifs.

A. — TRANSFORMATEURS DIFFÉRÉS OU ACCUMULATEURS

Principe. — Lorsqu'un courant passe dans un voltamètre à électrodes de cuivre, ce courant décompose l'eau du voltamètre, l'hydrogène se portant sur l'une des électrodes, l'oxygène sur l'autre. Si l'on interrompt brusquement le courant et si l'on relie aussitôt les électrodes à un galvanomètre, on constate qu'un second courant passe dans ce galvanomètre et que, dans le voltamètre, il est de sens inverse au précédent.

Sous l'action du premier courant, les électrodes se sont polarisées, c'est-à-dire recouvertes l'une de bulles d'hydro-

gène, l'autre de bulles d'oxygène. Ce courant cessant, l'hydrogène et l'oxygène se recombinent et produisent un courant dit *secondaire*, de sens inverse au précédent.

Au bout d'un certain temps, le courant secondaire cesse. Les électrodes sont revenues à leur état initial. L'appareil a fonctionné comme un véritable réservoir d'électricité emmagasinant l'énergie fournie par le premier courant, la restituant ensuite. C'est un accumulateur.

Accumulateurs au plomb. — La durée et l'intensité du courant secondaire dépendent essentiellement de la nature des électrodes et des modifications chimiques qui s'y produisent sous l'action du courant primaire.

De tous les métaux employés comme électrode, le plomb est celui qui donne les meilleurs résultats.

Les accumulateurs industriels sont donc tous à lames de plomb. Sommairement résumé, leur fonctionnement est le suivant.

Les lames de plomb étant toujours plus ou moins oxydées à la surface, le courant primaire a pour résultat de transformer en peroxyde la surface de la lame positive et de réduire au contraire à l'état de plomb pur la surface de la lame négative. Au bout d'un certain temps, l'attaque superficielle des lames cesse et il se produit un dégagement de gaz, hydrogène et oxygène. La charge est terminée.

En cours de décharge, les phénomènes inverses se produisent. A la fin de l'opération, les deux électrodes se retrouvent comme au début recouvertes d'oxyde de plomb.

Il y a lieu de remarquer que les couches de bioxyde de plomb formées en cours de charge sont très poreuses et que la capacité des accumulateurs, c'est-à-dire la quantité d'électricité qu'un élément est susceptible de fournir à la décharge, croît avec l'épaisseur de ces couches. On les désigne parfois sous le nom de *couches de matière active* et la formation d'un accumulateur consiste précisément à augmenter le plus possible leur épaisseur.

Nous ne décrirons ici ni les types d'accumulateurs, ni les précautions spéciales auxquelles donnent lieu les opérations de charge et de décharge. Nous nous contenterons de rappeler qu'il existe trois grandes catégories d'accumulateurs au plomb.

1° Les accumulateurs à formation Planté, dans lesquels la couche de matière active est produite directement sur les plaques par l'action du courant de charge ;

2° Les accumulateurs à formation Faure, dans lesquels les portions de matière active sont rapportées et fixées sur un support en plomb affectant des formes très diverses, fréquemment celle d'une grille ;

3° Les accumulateurs mixtes où l'une des électrodes est du type Planté et l'autre du type Faure.

La force électromotrice d'un accumulateur au plomb varie de 2,5 volts au début de la décharge, à 2,1 volts, pour tomber très rapidement à 2 volts et en fin de décharge à 1,85 volt.

La résistance intérieure d'un accumulateur dépend naturellement de la surface des électrodes, mais est toujours très faible, quelques centièmes d'ohm.

L'intensité du courant de décharge peut atteindre pour certains modèles jusqu'à 5 ampères et au delà par kilogramme de plaques ; mais il y a intérêt à ne pas atteindre ce chiffre et à se rapprocher du courant de charge (1 ampère par kilogramme de plaques).

L'accumulateur au plomb est bien réellement un transformateur différé. En effet le courant secondaire peut être utilisé à un moment choisi à volonté ; de plus, si le groupement au moment de la charge s'impose, il n'en est plus de même à la décharge et l'on peut opérer celle-ci en donnant aux éléments n'importe quel groupement.

Montage des accumulateurs dans le service télégraphique. — On voit, d'après ce qui précède, que les accumulateurs présentent les mêmes avantages que les machines dynamo-électriques au point de vue télégraphique. Leur

force électromotrice est en outre suffisamment basse pour qu'il ne soit pas nécessaire de recourir à des procédés spéciaux pour faire varier les potentiels aux prises. On se servira donc des batteries d'accumulateurs comme des piles; toutefois il demeure entendu qu'en raison de leur faible résistance intérieure, on peut brancher sur un même élément plusieurs circuits comme dans le cas des dynamos. De plus, et

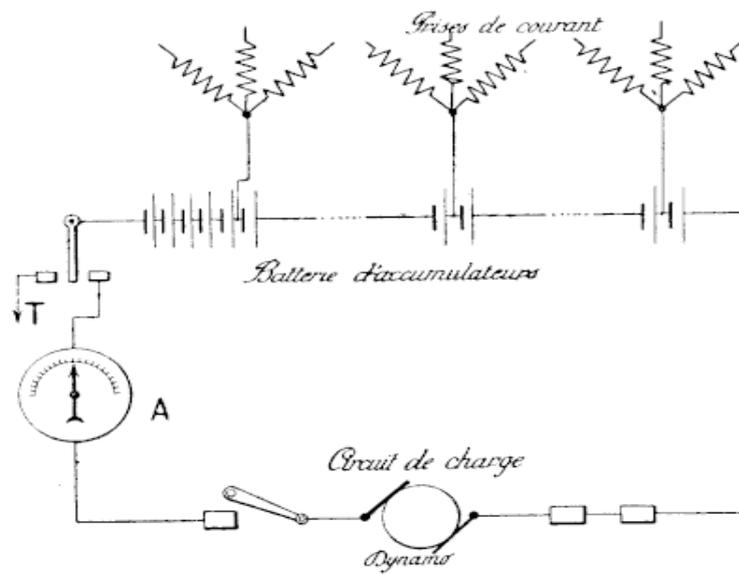


FIG. 25.

toujours comme dans le cas des dynamos, il est nécessaire de placer en avant du poste transmetteur une résistance additionnelle ou un coupe-circuit fusible (*fig. 25*).

L'usage des accumulateurs, tant en télégraphie qu'en téléphonie, tend à se répandre. Au cours de l'étude de l'organisation des bureaux nous aurons l'occasion d'examiner si cette faveur est justifiée dans tous les cas.

B. — TRANSFORMATEURS IMMÉDIATS

Principe. — Un transformateur immédiat pour courants alternatifs est constitué essentiellement par un noyau en fer feuilleté, sur lequel sont disposés deux enroulements, soigneusement isolés et de résistances convenablement choisies.

Si l'on envoie, dans le premier de ces enroulements un courant alternatif dit *courant primaire*, en vertu de la loi générale de l'induction, à chaque variation de ce courant correspondra dans le second enroulement un courant induit et l'on recueillera aux extrémités de celui-ci un courant alternatif dit *secondaire*.

Les différences de potentiel efficace aux bornes des bobines sont sensiblement proportionnelles au nombre de tours des enroulements.

On voit donc qu'étant donnée une certaine quantité d'énergie électrique fournie sous une tension déterminée, on peut, à la sortie du transformateur, utiliser cette énergie sous une tension différente.

En donnant au primaire un grand nombre de tours de fil fin, au secondaire quelques tours de gros fils, on abaisse la tension.

En prenant les dispositions inverses, on élève la tension.

En donnant aux deux enroulements la même composition, on ne change pas la tension. L'appareil fonctionne alors comme un séparateur de circuits.

Usage des transformateurs immédiats dans les télécommunications. — Le mécanisme du transformateur montre que l'énergie transformée n'est utilisable qu'au moment même de la transformation. D'où le nom de *transformateurs immédiats*. Il est fait un fréquent usage du transformateur dans les télécommunications, soit comme élévateur de tension, soit comme séparateur.

Le plus connu est la bobine d'induction téléphonique.

C'est un transformateur ordinaire dans lequel le circuit primaire a une résistance très faible, généralement 1,5 ohm et le secondaire une résistance de 150 ohms.

On utilise également en téléphonie des transformateurs à circuits égaux et jouant le rôle de séparateurs.

Rendement. — Quelle que soit la perfection de construction d'un transformateur, la puissance utile recueillie aux bornes du secondaire est toujours inférieure à celle fournie aux bornes du primaire. Le meilleur rendement obtenu est d'environ 95 0/0.

L'idée, fréquemment émise, d'utiliser des transformateurs comme relais téléphoniques, est donc erronée.

C. — TRANSFORMATION DE COURANTS CONTINUS EN COURANTS ALTERNATIFS

Les solutions adoptées dans les télécommunications pour la transformation des courants continus en courants alternatifs diffèrent notablement de celles en usage dans l'industrie. La transformation précitée a en effet pour objet principal, dans ce cas, de permettre de conserver comme source d'énergie une batterie d'éléments de pile. La très faible quantité d'énergie mise en jeu et, par suite, l'inutilité d'un rendement électrique considérable, justifient dans une certaine mesure cette différence.

La méthode choisie consiste dans l'intercalation d'un interrupteur dans un circuit fermé sur la source d'énergie continue.

On voit immédiatement que les courants ainsi obtenus ne sont plus des courants alternatifs au sens généralement adopté du terme, mais plus exactement des courants interrompus ou ondulés.

La diversité des montages tient uniquement au type de l'interrupteur choisi.

Dans le dispositif Mercadier, par exemple (*fig. 26*), cet interrupteur est un diapason entre les branches duquel est monté un électro-aimant.

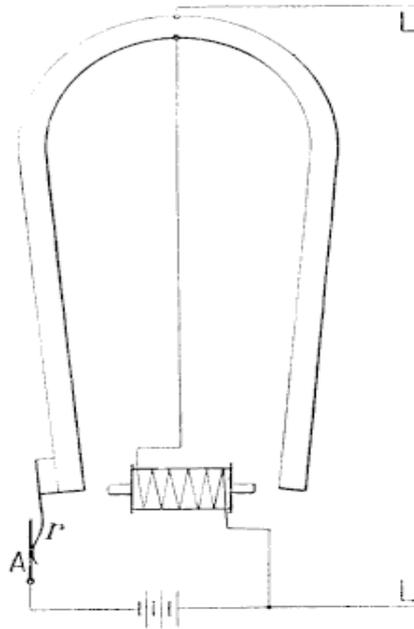


FIG. 26.

L'électro-aimant communique, d'une part, avec le pôle (+) d'une pile et, d'autre part, avec le pôle (—) de cette pile par l'intermédiaire du diapason lui-même et d'un contact *r*. Ce contact est constitué par un ressort monté sur le diapason et normalement en relation avec un plateau métallique fixe *A*. Le fonctionnement s'explique de lui-même. Au repos, le courant passe dans l'électro-aimant; celui-ci fonctionne et attire les branches du diapason, le contact en *r* est rompu; le courant cesse alors de passer dans l'électro-aimant, les branches du diapason reviennent en arrière, le contact *r* se rétablit et ainsi de suite. Le diapason entre en vibration et ses vibrations sont constamment entretenues; leur nombre correspond à la période de vibration propre de l'appareil. A chacune d'elles correspond

une rupture de courant, ou plus exactement une variation du courant émis par la pile, car, en fait, le contact c , pour les grandes vitesses, ne quitte jamais complètement sa butée.

En mettant la ligne L en dérivation sur l'électro-aimant, on recueillera une partie du courant ondulé ainsi produit.

Dans les installations phonoporiques, au contraire, l'interrupteur est une anche vibrante ayant, comme un diapason, une période propre de vibration (*fig. 27*). Le circuit d'utilisation étant d'assez faible résistance est, cette fois, intercalé directement dans le circuit au lieu d'être branché en dérivation.

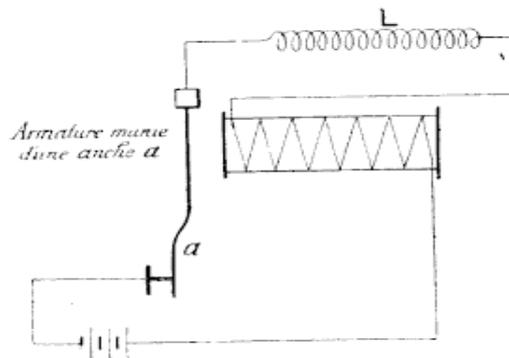


FIG. 27.

Quel que soit d'ailleurs l'interrupteur choisi, un tel mode de transformation exige *un réglage* et une surveillance des contacts vibrants. C'est un inconvénient assez grave : il convient toutefois de ne pas se l'exagérer et il est permis de penser que, dans un avenir peu éloigné, les installations faisant usage d'un pareil montage prendront une assez grande extension.

CHAPITRE III

TRANSMETTEURS

Principe. — Un transmetteur réduit à sa forme la plus élémentaire est constitué par un ressort en communication constante avec la ligne et pouvant, quand on l'abaisse, se mettre en communication avec la source d'énergie (*fig. 28*).

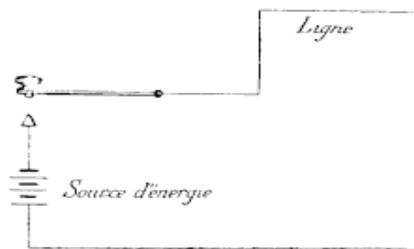


FIG. 28.

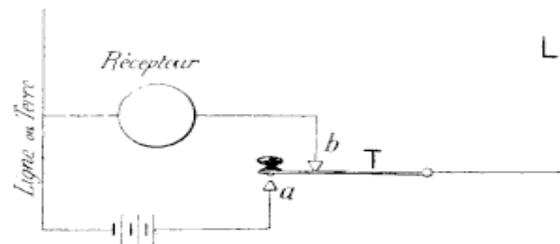


FIG. 29.

Toutefois un transmetteur ne doit pas seulement permettre l'envoi d'émissions sur la ligne. Un poste de télécommunication étant toujours à la fois transmetteur et récepteur, il importe encore que le transmetteur abandonné au repos puisse laisser les appareils récepteurs en communication avec la ligne. Le ressort constitutif du transmetteur doit donc au repos avoir une butée complémentaire.

Deux modes d'installation permettent d'utiliser cette butée.

Le premier est représenté par la figure 29.

On voit que toutes les fois qu'on met le levier T sur le contact a, il y a émission de courant; toutes les fois qu'on l'aban-

donne à lui-même; le récepteur est inséré sur la ligne par l'intermédiaire du contact *b*.

Le second est représenté par la figure 30.

Lorsque le levier T est abaissé sur le contact *b*, le récepteur est mis en court-circuit et le courant de la source est envoyé sur la ligne; lorsque le levier revient au repos, la source d'énergie est mise en court-circuit par le contact *a* et le récepteur est normalement sur la ligne.

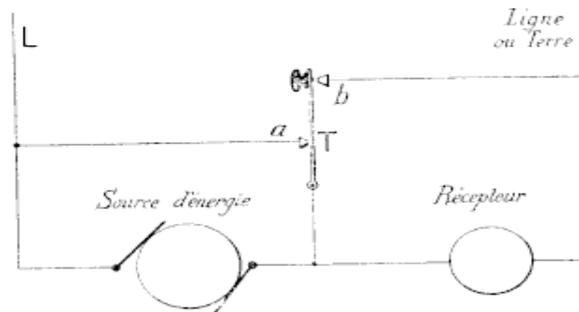


FIG. 30.

Ce second système, très avantageux au point de vue de la sécurité du fonctionnement, ne peut évidemment être utilisé que si la source d'énergie ne débite pas automatiquement et est, par exemple, un alternateur car, sans cela, on consommerait inutilement de l'énergie dans le court-circuit lorsque le transmetteur est au repos.

En pratique, sauf dans quelques montages téléphoniques, c'est au premier système qu'on a recours.

Étant donné un transmetteur déterminé, on peut en outre le manœuvrer directement à la main, soit encore à l'aide d'un intermédiaire mécanique commandé par la main (le transmetteur est dit alors *automatique*), soit enfin le faire manœuvrer par un intermédiaire mécanique, cet intermédiaire n'étant plus commandé par la main, mais par un organisme préparé à l'avance, préalablement à la transmission (le transmetteur est dit alors *automatique et à composition préalable*).

Le fait qu'un transmetteur est à main, automatique ou auto-

matique et à composition préalable ne saurait suffire pour classer les transmetteurs. On peut, en effet, concevoir pour un même appareil un transmetteur de chacun de ces types.

C'est le *mode de production des signaux* qui crée la véritable classification des transmetteurs et d'une manière générale des appareils de télécommunication.

Avant de classer les transmetteurs, nous devons donc étudier les différentes méthodes actuellement employées pour produire les signaux. Cette étude importante donnera du même coup le principe des modes de transmission utilisés.

Mode de production des signaux. — Le mode de production des signaux dépend de la nature du courant choisi. Examinons successivement l'emploi du courant continu, du courant alternatif et des ondes hertziennes.

I. — Cas du courant continu

On peut se proposer d'utiliser pour la formation des signaux soit un seul sens du courant, soit les deux sens. D'où la nécessité de distinguer ici deux cas :

a) *Utilisation d'un seul sens du courant.* — Les seuls éléments dont on dispose pour différencier les signaux entre eux, lorsqu'on fait usage d'un seul sens du courant, sont la durée d'émission du courant e et l'intervalle laissé entre les émissions t .

On peut en premier lieu donner à e et à t des valeurs approximatives.

Nous entendrons dans ce qui suit par *valeurs approximatives* des valeurs susceptibles de variations notables, pourvu qu'elles gardent entre elles une relation définie.

Le type de la transmission où e et t ont des valeurs approximatives est la transmission Morse. On y utilise une émission longue et une émission brève séparées par des intervalles longs et brefs : la durée de ces émissions et de ces intervalles

peut varier sans inconvénient ; il suffit que ces durées puissent nettement se distinguer en longues et brèves.

On remarquera que la transmission à main est toujours réalisable aisément avec ce mode de composition des signaux. Les combinaisons d'émissions sont peu nombreuses ; il n'y a pas d'intérêt, en raison du peu de précision nécessaire pour différencier les émissions et leurs intervalles, à recourir à une transmission mécanique, c'est-à-dire automatique.

On peut en second lieu donner à e une seule valeur caractéristique et à l des valeurs approximatives.

Dans ce cas, toutes les émissions sont égales en durée ; leur nombre seul différencie les signaux. A l'inverse du cas précédent, les erreurs sur le nombre d'émissions sont faciles ; il y a intérêt à opérer mécaniquement celles-ci : le transmetteur dans cette catégorie d'appareils est donc toujours automatique.

Exemple : l'appareil à cadran. A chaque émission, une aiguille progresse devant un cadran : on arrête les émissions quand l'aiguille est parvenue devant le signal choisi.

On peut en troisième lieu faire e constant et donner à l des valeurs caractéristiques. C'est le cas de la plupart des appareils rapides.

Le mode de production du signal est le suivant :

Deux organes X, Y tournent synchroniquement aux extrémités de la ligne (*fig. 31*). Chaque position de ces organes, sur

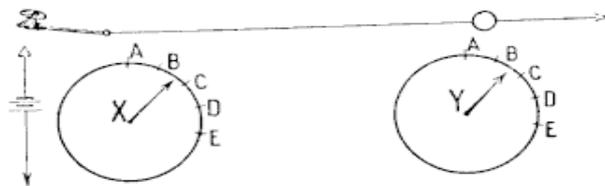


FIG. 31.

la circonférence en avant de laquelle ils tournent, a une valeur figurative et représente un signal déterminé, lettre, chiffre, etc.

Au moment précis où les organes occupent la position correspondant au signal qui doit être transmis, on envoie sur la ligne une émission de courant.

Ainsi la caractéristique du signal est bien, comme il est dit plus haut, une émission e toujours la même et la durée t caractéristique du temps qui s'écoule entre le départ des organes tournant de leur point initial et l'arrivée de ces organes à un autre point conventionnellement choisi.

Une transmission de cette catégorie suppose nécessairement un synchronisme parfait entre les deux organes X, Y et une concordance absolue entre l'émission du courant et le passage de ces organes à la position caractéristique : d'où la nécessité, d'une part, d'un mécanisme spécial maintenant le synchronisme et, d'autre part, d'un transmetteur automatique. Le nombre des combinaisons réalisées étant limité, la composition préalable n'est d'ailleurs pas nécessaire.

L'organe tournant peut être indépendant ou non de la ligne.

Dans le premier cas c'est le signal lui-même qui se déplace en quelque sorte dans l'espace; l'organe tournant est alors le plus souvent une couronne portant sur sa circonférence la série des signaux à transmettre et une émission est envoyée quand le signal choisi occupe une position convenue déterminée.

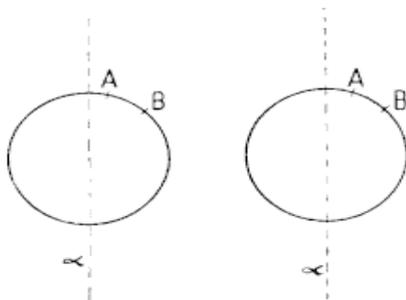


FIG. 32.

Exemple : le Hughes. Deux roues portant à leur périphérie toutes les lettres, tournent synchroniquement; pour envoyer la lettre B, par exemple, on émettra un courant au moment où la lettre B passera à l'extrémité inférieure du diamètre vertical, en α (*fig. 32*).

Dans le second cas, au contraire, le signal reste immobile dans l'espace, l'organe tournant est un bras tournant au-dessus d'un cercle sur la circonférence duquel est inscrite la série des signaux et l'émission est envoyée quand le bras passe devant lui.

Remarque importante. — Une disposition particulière permet dans ce second cas de réaliser des combinaisons extrêmement nombreuses. Elle consiste à munir chaque bras d'un balai frottant sur des plots distribués semblablement sur chacun des cercles fixes (*fig. 33*).

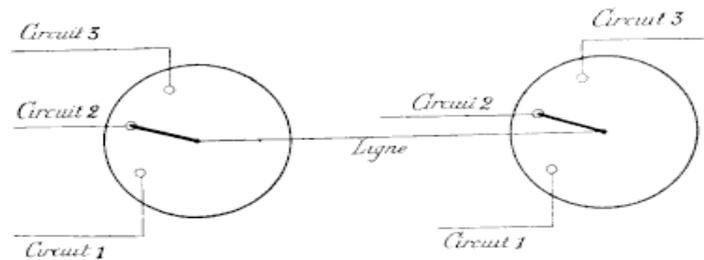


FIG. 33.

Dans la position 1 des bras, la ligne est en relation avec le circuit 1, dans la position 2 avec le circuit 2, etc...

Tous les appareils, dits multiples, à division du temps sont fondés sur ce principe.

Enfin, on peut donner à e et à t des valeurs constamment caractéristiques.

Dans ce cas (c'est celui des appareils dits *autographiques*, c'est-à-dire usités pour la reproduction d'un texte graphique) le nombre des combinaisons réalisables est illimité; comme précédemment le synchronisme est essentiel et non seulement le transmetteur est automatique, mais il est toujours à composition préalable.

Exemple : le Caselli.

Une dépêche est écrite par l'envoyeur sur un papier conducteur avec une encre isolante. C'est la composition préalable.

Deux porte-balais (*fig. 34*) oscillent synchroniquement. Reliés à la ligne, ils balayent régulièrement deux plaques métalliques, l'une en communication avec la terre à travers une pile, l'autre directement avec la terre.

On interpose sur le plateau A la dépêche composée. Toutes

les fois que le balai rencontre l'encre, le courant cesse d'être envoyé ; dans tous les cas contraires il passe.

On a bien ainsi une série d'émissions et de non-émissions de durées inégales, mais dont la succession et la valeur sont réglées à l'avance suivant une loi parfaitement définie.

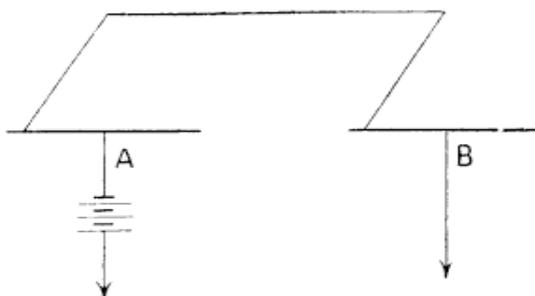


FIG. 34.

En particulier, si l'on interpose en B une feuille imprégnée d'un électrolyte, cet électrolyte sera décomposé quand le courant passera et tant que durera ce passage : on obtiendra une reproduction rigoureuse de l'écriture placée en A.

b) *Utilisation des deux sens du courant.* — Lorsqu'on utilise les deux sens du courant continu pour l'émission, les éléments dont on dispose pour la formation d'un signal sont e durée d'émission positive, e' durée d'émission négative et t intervalle d'émission.

On peut donner à e et à e' des valeurs approximatives et à t une valeur nulle.

Cela revient à remplacer dans une transmission ordinaire à un seul sens, les intervalles d'émission par une émission négative. Un courant passe toujours sur la ligne, y compris le temps de repos du récepteur ; le courant négatif porte dans ce cas le nom de *courant de repos*.

Il va de soi que ce mode de production d'un signal est identique, en réalité, à celui mentionné plus haut (courant continu avec un seul sens pour l'émission, e et t valeurs approxima-

tives). Il n'apporte donc en réalité aucune facilité nouvelle.

On verra plus tard, en revanche, que l'usage du courant de repos a pour résultat de faciliter dans une large mesure la régularité des transmissions.

Exemple : l'appareil Wheatstone.

On peut donner en second lieu à e et à e' des valeurs constantes et à t des valeurs approximatives. Ceci revient à se servir de l'alphabet Morse en remplaçant les émissions longues par une négative de même durée que les émissions brèves.

Exemple : l'appareil Estienne.

On peut donner enfin à e , e' et t des valeurs caractéristiques. Le nombre des combinaisons devient dès lors très élevé : ce mode se prête donc théoriquement à la construction des appareils autographiques ou imprimeurs. En pratique, il n'en est pas ainsi, car on ne se sert guère dans ces appareils du courant négatif que comme courant de repos. Seuls, certains appareils utilisant deux lignes distinctes rentrent dans cette catégorie. Ce sont les télautographes.

II. — Cas des courants alternatifs

Lorsqu'on fait usage de courants alternatifs, on sait que la self-induction joue un rôle considérable. En particulier, au moment de la cessation d'une émission, cette self-induction est de nature à déformer considérablement l'onde alternative. L'inconvénient est sans gravité lorsque la fréquence du courant est très élevée. Au contraire, il n'en est pas ainsi, si la fréquence est peu élevée. Dans ce cas, on doit terminer l'émission au moment précis où l'onde alternative passe par zéro ou est au voisinage de ce point. Il est clair qu'à ce moment le courant étant très faible ou nul, la self-induction a elle-même une action très faible ou nulle.

Cette remarque préliminaire faite, examinons les éléments

dont on dispose pour la formation d'un signal à l'aide d'émissions de courants alternatifs. Ces éléments sont au nombre de quatre : la fréquence f , l'amplitude a , la durée d'émission e , l'intervalle d'émission t .

Les courants alternatifs offrent donc à priori un plus grand nombre de ressources que les courants continus pour la production d'un signal. En pratique, toutefois, il est deux éléments sur lesquels il est difficile d'agir : ce sont l'amplitude et la fréquence. Aussi l'emploi de courants alternatifs pour les télécommunications est-il de date relativement récente.

Les modes de formation d'un signal à l'aide de courants alternatifs actuellement en usage sont les suivants :

On laisse constants a et f : on donne à e et à t des valeurs approximatives. C'est une transmission Morse avec des émissions d'un courant alternatif défini.

Exemple : l'appareil Mercadier.

On laisse constants a et f : on donne à e et à t des valeurs caractéristiques. Il est fait usage alors d'appareils synchroniques. Le courant alternatif est normalement sur la ligne ; il est interrompu lorsque l'organe tournant est en regard du signal à transmettre. C'est, en principe, le même système de transmission que le Hughes, la production du signal étant cette fois provoquée par une interruption du courant ; comme dans le cas du Hughes il est alors nécessaire d'établir un synchronisme et de recourir à un manipulateur automatique.

Exemple : l'appareil Rowland.

On fait varier d'une façon définie a , f , e et t ; le nombre des combinaisons est alors indéfini. C'est la transmission téléphonique.

III. — Cas des ondes hertziennes

Les ondes hertziennes étant des courants alternatifs à très haute fréquence, on dispose pour la formation d'un signal des

mêmes éléments que dans le cas d'un courant alternatif.

Mais jusqu'à ce jour on a dû se contenter de donner à e et à t des valeurs approximatives. C'est la transmission Morse, où l'émission ordinaire est remplacée par une émission d'ondes. Encore ne peut-on arriver à donner, au cours de ces émissions, à f et à a des valeurs définies. Le jour où on y parviendra, un grand pas sera franchi dans cette nouvelle branche de la télégraphie.

Résumé de la classification précédente. — Nous résumerons dans le tableau suivant l'exposé essentiel qui précède : il est bien entendu qu'il mentionne uniquement les combinaisons *actuellement en usage*.

Cas du courant continu.	Avec un seul sens du courant.	α	e valeurs approximatives	} Ex : Morse.
			t valeurs approximatives	
		β	e une seule valeur approximative	} Ex : Cadran.
			t valeurs approximatives	
		γ	e une valeur caractéristique	} Ex : Hughes.
			t valeurs caractéristiques	
	δ	e valeurs caractéristiques	} Ex : Caselli.	
		t valeurs caractéristiques		
	Avec les deux sens du courant.	α	e valeurs approximatives	} Ex : Wheatstone.
			e' valeurs approximatives	
			$t = \text{zéro}$	
		β	e une valeur approximative	} Ex : Estienne.
e' une valeur approximative				
t valeurs approximatives				
γ	e valeurs caractéristiques	} Ex : Télautographes.		
	e' valeurs caractéristiques			
	t valeurs caractéristiques			
Cas du courant alternatif.	α	a et f constants	} Ex : Mercadier.	
		e valeurs approximatives		
		t valeurs approximatives		
β	a et f constants	} Ex : Rowland.		
	e valeurs caractéristiques			
	t valeurs caractéristiques			
γ	a, f, e et t valeurs caractéristiques	} Ex : Microphone.		
	a et f indéterminés			
	e valeurs approximatives			
Cas des ondes hertziennes.	t	e valeurs approximatives	} Ex : Marconi.	
		t valeurs approximatives		

Il résulte de ce tableau que les courants alternatifs et les ondes hertziennes qui, théoriquement, fournissent le plus grand

nombre d'éléments pour la formation d'un signal, sont en réalité peu utilisés. On peut penser que cela tient seulement à ce que leur emploi industriel est très récent et que les progrès futurs porteront au contraire principalement sur ces systèmes.

L'on ne saurait, d'autre part, trop insister sur l'importance de la classification qui précède. C'est, en effet, le mode de formation des signaux qui détermine nécessairement l'agencement des organes. Une classification rationnelle des appareils repose nécessairement sur cette base et on ne sera pas étonné, en l'appliquant, de constater entre des systèmes d'apparence très éloignée d'étroites similitudes. A un problème déterminé, ne répondent, en effet, le plus souvent, qu'une ou deux solutions donnant entière satisfaction.

Ces préliminaires donnés, il nous reste à décrire les principaux types de transmetteurs correspondant aux catégories de transmission ainsi définies.

A. — TRANSMETTEURS A COURANT CONTINU

§ 1. — Transmetteurs avec émission de courant dans un seul sens

Premier cas : e , valeurs approximatives; t , valeurs approximatives. — On a vu que dans ce cas le transmetteur est toujours manœuvré à la main. Il n'a qu'une fonction très simple, consistant à mettre la ligne tantôt sur pile, tantôt sur position de réception. A l'arrivée, la durée d'action, longue ou brève, du courant sur le récepteur suffit pour différencier les signaux.

La transmission Morse est l'exemple le plus usuel de ce système de transmission.

Le transmetteur type de cette catégorie est le *transmetteur*

Morse, quand la ligne est à un fil (retour par la terre), le *bouton d'appel téléphonique*, quand la ligne est à deux fils.

Le transmetteur Morse employé par l'administration française consiste essentiellement en un levier terminé à son extrémité par une poignée, mobile autour d'un axe porté par

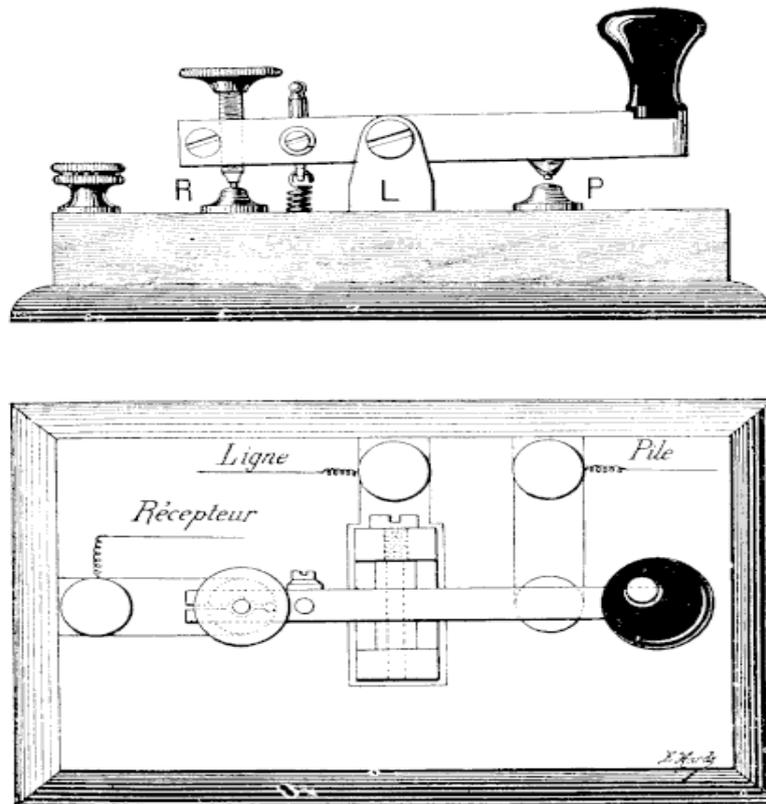


FIG. 35.

une selle et en communication constante par ses tourillons avec la ligne (*fig. 35*). Au repos, un fort ressort en boudin, réglable par une goupille, maintient le levier au contact avec un plot situé à l'arrière et relié au poste de réception. Lorsqu'on appuie sur la poignée, la partie antérieure vient en contact avec un plot en relation avec la pile; le contact d'arrière est rompu.

Le bouton d'appel téléphonique, devant mettre, non plus un seul, mais deux fils en communication tantôt avec la source d'énergie et tantôt avec le récepteur, a nécessairement quatre contacts au lieu de deux.

On peut évidemment le réaliser en associant deux manipulateurs Morse, les deux leviers étant commandés par un même bouton (appareils téléphoniques Ader). Toutefois, ce dispositif est encombrant et de fonctionnement incertain; il y a, de plus, intérêt à substituer autant que possible des contacts à frottement aux contacts à butée, les premiers se nettoyant d'eux-mêmes au fur et à mesure du fonctionnement de l'appareil.

On peut ramener à trois types généraux les boutons d'appel téléphoniques les plus usités :

1° *Type à cylindre*. — Dans ce dispositif imaginé par Baudot et repris par Montillot (*fig. 36*), un cylindre en substance isolante *O* peut recevoir un déplacement angulaire sous l'action d'un bouton poussoir *P* ou d'un levier, et revenir ensuite à sa position de repos sous l'action d'un ressort antagoniste *R*. Quatre chevilles métalliques traversent diamétralement ce cylindre, deux d'entre elles ayant une orientation différente des deux autres. Huit ressorts fixes $m_1, m_2, m_3, \dots, m_8$ appuient sur le cylindre; on voit aisément

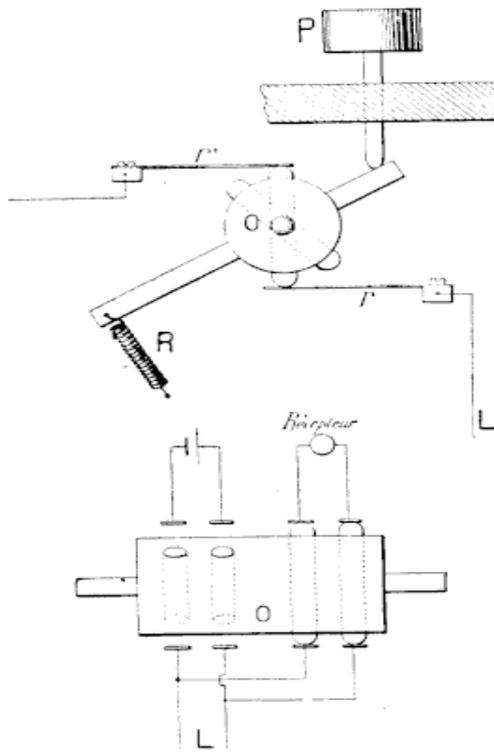


FIG. 36.

sur la figure que, suivant l'orientation du cylindre, quatre de ces ressorts sont toujours en communication deux à deux par l'intermédiaire de l'un ou l'autre des groupes de chevilles.

La figure 36 montre, en outre, la liaison des circuits aux ressorts. Le fonctionnement s'explique de lui-même.

Ingénieux, ce type d'appel présente toutefois l'inconvénient d'être volumineux et de fonctionner difficilement dès qu'un des ressorts vient à gripper.

2° *Type à ressorts mobiles.* — Dans ce dispositif (système d'Adhémar) deux ressorts R et R' sont montés sur un bloc isolant I qui est lui-même guidé par un axe métallique A. Un ressort en boudin ramène constamment le bloc et par suite les ressorts à la position de repos. Dans cette position, les ressorts, qui communiquent normalement avec les deux fils de ligne, appuient, par des couteaux rivés à leur extrémité mobile, sur deux réglettes en bronze d'aluminium en relation avec le récepteur (fig. 37).

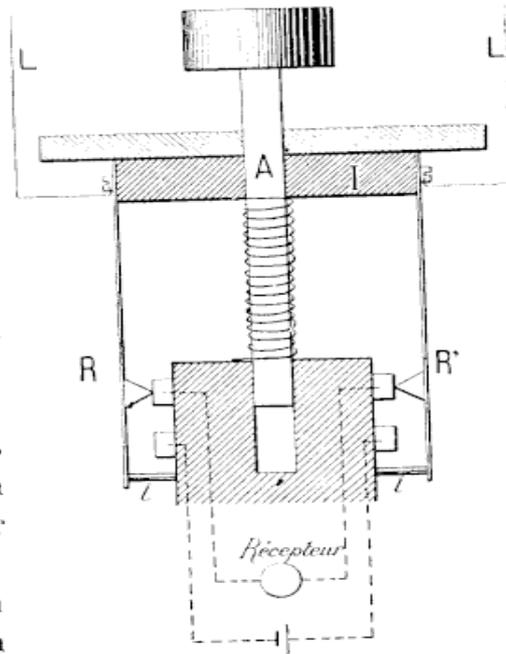


FIG. 37

Lorsqu'on abaisse la tige en pressant sur un poussoir, on abaisse également le bloc isolant; les deux ressorts et les couteaux viennent en contact avec deux nouvelles réglettes en communication avec les pôles de la source d'énergie.

Des goupilles *i* empêchent d'ailleurs dans ce mouvement les couteaux de descendre au contact de la substance isolante qui supporte les réglettes. On évite ainsi la métallisation de cette substance.

Ce système entraîne nécessairement l'emploi de liaisons avec la ligne par l'intermédiaire de conducteurs mobiles. (En pratique, cette liaison se fait par un petit boudin métallique). On peut toutefois éviter cet inconvénient en employant non plus seu-

lement deux ressorts mais quatre accouplés deux à deux (R, R_1 - R', R'_1), de manière à constituer entre les barrettes un véritable pont métallique (*fig. 38*). Une barrette supplémentaire en communication avec la ligne est alors intercalée entre les deux barrettes du modèle précédent (Société des Téléphones).

Le fonctionnement s'explique de lui-même. On peut objec-

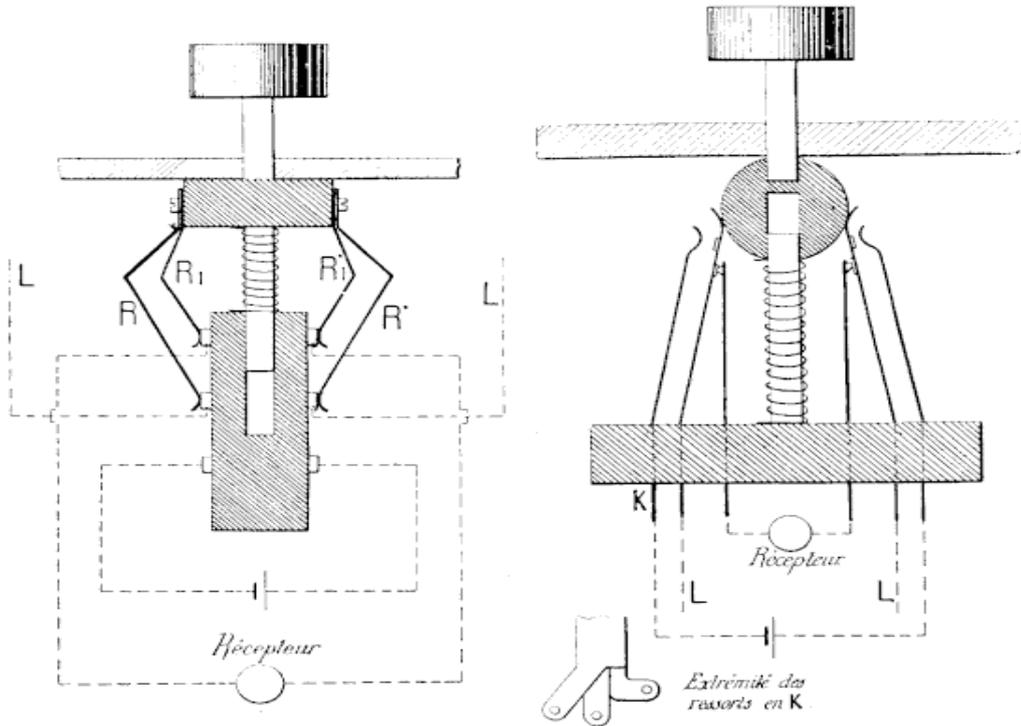


FIG. 38.

FIG. 39.

ter à ce dispositif l'obligation qu'il entraîne de démonter deux ressorts pour vérifier un contact. En outre, le réglage des contacts de deux ressorts superposés est assez délicat à obtenir.

3° *Type à ressorts fixes.* — Dans ce dispositif (*fig. 39*), deux ressorts a et b peuvent osciller chacun entre deux autres ressorts dont l'un sert de butée de repos, l'autre de butée de travail. Le bouton poussoir commande une pièce isolante I de forme quelconque qui, dans sa descente le long d'un guide, provoque l'écartement des ressorts a et b et leur passage de

la butée de repos à la butée de travail. Un ressort en boudin ramène automatiquement la pièce isolante et par suite l'appareil à sa position de repos (Western C^o, Société d'Ivry-Port, etc.)

Remarque. — 1^o Tous ces appareils représentent, en réalité, des commutateurs doubles à deux directions : c'est même cette utilisation qui est la plus fréquente. Il n'y a aucune difficulté à les transformer en commutateurs à un plus grand nombre de directions. Il suffit soit, dans le premier type, d'allonger le cylindre en augmentant le nombre des ressorts (commutateur à broches Baudot), soit, dans le second type, de monter parallèlement sur le bloc isolant mobile un plus grand nombre de ressorts (clés d'écoute du multiple système d'Adhémar), soit enfin dans le troisième type de disposer parallèlement d'autres groupes de ressorts actionnés simultanément par la pièce isolante I (clés d'écoute Western C^o, Société d'Ivry-Port, etc.) ;

2^o En substituant à la pièce isolante I, dans le type à ressorts fixes, une pièce métallique mobile (fiche) en communication par un cordon souple avec un circuit, on obtient une combinaison nouvelle permettant de réaliser des commutations. Tel est le cas de tous les appareils connus en téléphonie sous le nom de *jacks*. La figure ci-contre (*fig. 40*) montre la filiation de ce dispositif avec le précédent.

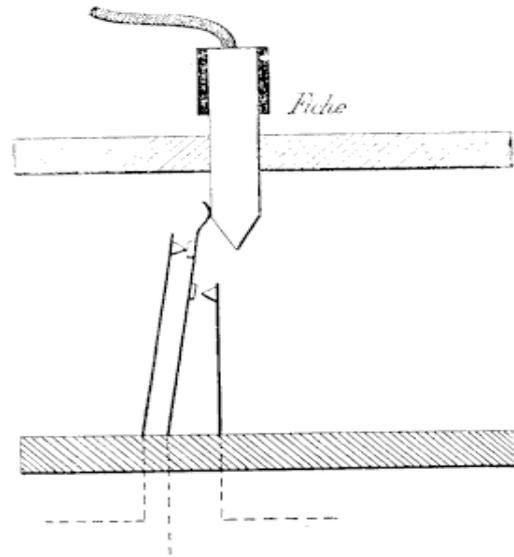


FIG. 40.

Deuxième cas : e , une seule valeur caractéristique, t , des valeurs approximatives. — On a vu que, dans ce cas,

toutes les émissions de courant étant égales entre elles, la différenciation des signaux est obtenue en faisant varier le nombre des émissions.

Une émission correspond, par exemple, à la lettre *a*, deux émissions correspondent à la lettre *b*, et ainsi de suite. C'est à priori la combinaison alphabétique la plus simple.

En particulier, un électro-aimant placé à l'extrémité de la ligne en guise de récepteur enregistrera ces émissions en attirant chaque fois son armature.

En transformant ce mouvement, il sera aisé de faire progresser une aiguille devant un cadran, l'aiguille se placera devant l'*a* au bout d'une émission, devant le *b* au bout de deux, etc. C'est le principe de construction de tous les appareils basés sur ce système.

Toutefois, tel qu'il vient d'être exposé, la vingt-quatrième lettre exigerait une série continue de vingt-quatre émissions. Si l'on remarque qu'il y a un mouvement de l'armature de l'électro-aimant au moment de l'émission (attraction) et un mouvement de la même armature au moment de la cessation de l'émission (retour de l'armature à la position de repos), on voit qu'en utilisant ces vingt-quatre mouvements à l'arrivée, on pourra se contenter, pour transmettre la vingt-quatrième lettre, de douze émissions seulement. Ceci revient à dire qu'au lieu de compter les seules périodes d'émission au poste récepteur, on compte également les intervalles d'émission. C'est ce qui se fait en pratique, notamment dans l'appareil à cadran.

Même ainsi réduit, le nombre des émissions pour chaque lettre est encore assez élevé pour qu'il soit nécessaire de recourir à un transmetteur automatique.

Dès lors, les transmetteurs de cette catégorie comprennent toujours deux parties :

1° Un levier *r* en communication constante avec la ligne et oscillant entre deux butées reliées, l'une à la source d'énergie, l'autre au récepteur. C'est le manipulateur proprement dit;

2° Un mécanisme commandant ce levier *r* et tel qu'en le

manœuvrant, le nombre d'émissions sur la ligne soit nécessairement celui qui correspond au signal envoyé.

Les formes de ce mécanisme se réduisent à deux types généraux.

On peut en premier lieu armer l'extrémité du levier r d'un galet g engagé dans une gorge sinueuse, tracée sur une roue. Cette gorge comprend un nombre de sinuosités S égal au nombre maximum d'émissions exigé pour la formation d'un signal (*fig. 41*).

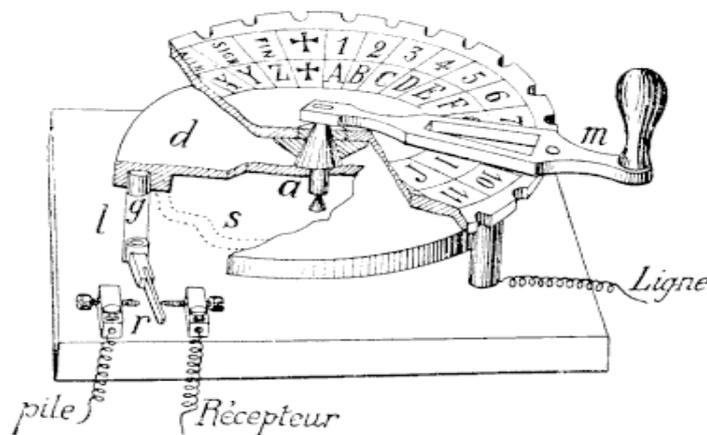


FIG. 41.

Plaçons au-dessus de cette roue un cadran concentrique fixe portant, en regard de chaque sinuosité, la série normale des signaux, lettres ou chiffres, et faisons tourner à l'aide d'une manivelle montée sur le centre du cadran la roue à gorge, en partant du signal zéro. Lorsque la manivelle est en regard de l' a , la roue mobile a fait parcourir au galet une demi-sinuosité; le levier r a oscillé une fois, provoquant une émission. Si l'on amène la manivelle en regard de b , le galet parcourt encore une demi-sinuosité, le ressort r oscille encore, l'émission cesse, etc... On voit qu'en amenant la manivelle, en regard d'un signal quelconque, on provoque bien automatiquement le nombre d'émissions nécessaire pour former le signal (appareil à cadran).

On peut, en second lieu, donner, à l'aide d'un engrenage, au

ressort e une série d'oscillations régulières; si l'engrenage commande en même temps le déplacement d'une aiguille sur un cadran, de telle sorte qu'à chaque oscillation du ressort corresponde un déplacement d'une division pour l'aiguille, on voit qu'on suivra sans difficulté la transmission: il suffira d'arrêter le mouvement de l'engrenage au moment précis où l'aiguille sera parvenue devant le signal à transmettre.

Pour plus de sécurité on peut même alors préparer en quelque sorte la transmission. Il suffit, avant d'actionner l'engrenage, de faire surgir à la main un obstacle mécanique qui arrêtera l'aiguille à son arrivée en regard du signal choisi et provoquera du même coup le désembrayage de l'engrenage avec la commande du ressort (appareil Wheatstone).

Quel que soit le mode adopté, une transmission basée sur ce principe nécessitant un grand nombre d'émissions pour chaque signal, est nécessairement très lente. Aussi est-elle actuellement peu en usage. On ne l'emploie guère que sur les lignes de chemin de fer et, en Angleterre, sur les lignes à très faible trafic.

Troisième cas : e une valeur caractéristique; l des valeurs caractéristiques. — Rappelons brièvement que dans ce cas, on établit dans les deux postes correspondants, deux organes tournant synchroniquement et partant simultanément d'un point initial convenu.

Nous avons indiqué, en outre, qu'il existait alors deux méthodes pour transmettre le signal, suivant que les organes tournants sont indépendants ou non de la ligne.

En tout état de cause, et en raison même de la précision exigée dans un pareil système de transmission, le poste transmetteur doit posséder un transmetteur automatique et un organe synchronisateur.

Le transmetteur automatique se compose essentiellement :

1° D'un levier en communication avec la ligne et oscillant entre deux butées (butée de travail, butée de repos). C'est le manipulateur proprement dit.

2° D'un mécanisme — véritable compteur de temps — qui doit déterminer une émission du courant au moment convenable.

On va voir que ce mécanisme ne diffère pas essentiellement, quelle que soit la méthode choisie pour la transmission.

1° *Les organes tournants sont indépendants de la ligne.* — Soit o et o' deux roues, que nous appellerons *roues des types*, tournant synchroniquement et portant sur leur circonférence la succession des signaux élémentaires à transmettre, par exemple la série alphabétique a, b, c, \dots

L'envoi d'un signal s'obtient, nous l'avons dit, en provoquant une émission au moment où ce signal occupe dans l'espace une position déterminée, par exemple, passe dans chacun des deux postes en regard des points x et y .

Le problème à résoudre consiste donc à pouvoir préparer à l'avance le manipulateur, de telle sorte que l'émission soit produite automatiquement quand le signal choisi passe en x et y .

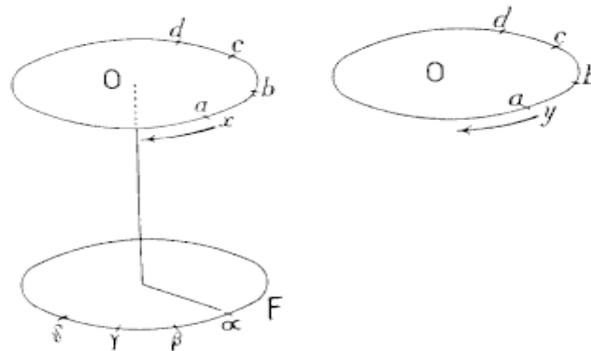


FIG. 42.

Montons sur l'axe de la roue des types o (*fig. 42*), au poste transmetteur, un bras L tournant avec elle; établissons en outre au-dessous de ce bras un cercle fixe F portant le même nombre de divisions que la roue des types, $\alpha, \beta, \gamma, \dots$

Supposons que, lorsque la lettre a est aux points x et y

dans les deux postes, le levier L soit au-dessus de z . Lorsque b viendra en regard de x et y , le levier L sera en β ; lorsque ce sera la lettre c , le levier sera sur γ , etc...

On voit que chaque fois que le levier L est dans une position *déterminée* au-dessus du cercle F, une lettre *déterminée* de la roue des types occupe la position $x y$.

Pour obtenir la transmission de la lettre c , par exemple, il suffit dès lors de faire surgir *à l'avance* en γ un obstacle provoquant un soulèvement du levier L au moment où ce levier le rencontre. Ce soulèvement qui a lieu au moment précis où la lettre c occupe la position $x y$, est alors utilisé pour actionner le manipulateur proprement dit et provoquer l'émission.

Ou bien encore on reliera d'une façon constante le levier L à la ligne, on installera des plots isolés en z , β , γ et il suffira, en appuyant *à l'avance* sur un manipulateur convenable, de faire arriver le pôle de la source d'énergie sur le plot γ ; le courant sera envoyé sur la ligne pendant le seul passage du levier L sur le plot γ , c'est-à-dire précisément quand la lettre c occupe la position $x y$.

C'est la solution cherchée. Voyons comment, en pratique, elle est réalisée.

Si l'on veut utiliser un obstacle mécanique, on dispose, sur le cercle fixe, aux emplacements z , β , γ , ..., une série de logements dans lesquels sont engagés les obstacles g (*fig. 43*). Des ressorts r ramènent, dans l'état de repos, la partie supérieure de ces obstacles au niveau du cercle fixe F. Le levier L porte une sorte de chariot c passant au-dessus des obstacles g .

Lorsqu'un de ces obstacles est soulevé, le chariot, grâce à un jeu de levier, fait abaisser un manchon libre sur l'axe de rotation M (c'est la position représentée sur la figure) et le manipulateur vient en contact avec la butée de pile, envoyant ainsi un courant sur la ligne; l'émission est recueillie dans le récepteur R.

Le soulèvement à l'avance des obstacles g s'obtient en

appuyant sur une touche convenable d'un clavier comportant naturellement autant de touches qu'il y a d'obstacles et, par suite, de signaux élémentaires. C'est le manipulateur Hughes.

Toutefois, on remarquera que cette disposition exige du chariot un certain nombre de fonctions complémentaires.

Il doit assurer nettement l'obstacle dans sa position de travail, le maintenir dans cette position pendant toute la durée

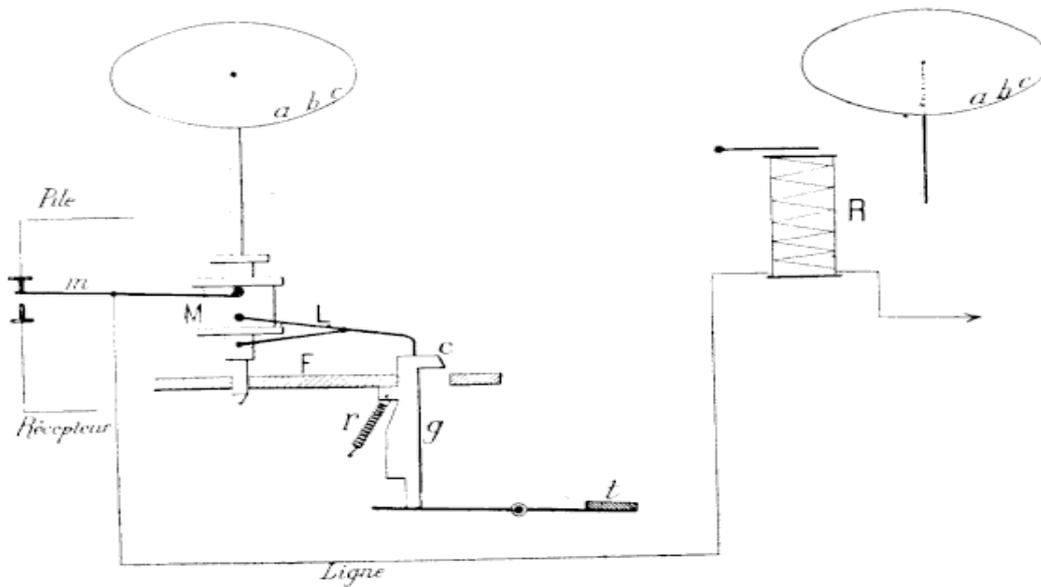


FIG. 13.

de son passage, mettre enfin l'obstacle hors d'atteinte dès qu'il a fini de passer, ceci même au cas, où la touche restant baissée, le ressort r ne fonctionnerait pas. Nous verrons dans l'étude de l'appareil Hughes que ces fonctions sont remplies par une pièce spéciale, dite *plaque de sûreté*.

Si l'on veut utiliser des plots, le dispositif devient beaucoup moins compliqué.

Le levier L est alors muni de deux balais b et b' réunis métalliquement. Sur le cercle fixe, et en dessous de ces balais, on dispose une première couronne métallique K en relation avec la ligne et une seconde couronne K' comprenant les plots.

correspondant aux positions $\alpha, \beta, \gamma, \dots$: on voit sur la figure 44 qu'en appuyant sur l'une des touches T d'un clavier comprenant autant de touches qu'il y a de signaux élémentaires et qui est dans l'espèce le manipulateur proprement dit, on amène à l'avance la source d'énergie au plot correspondant ; le bras L en passant sur le plot ainsi armé met alors celle-ci en relation avec la ligne pendant la seule durée de son passage. Le courant est reçu dans le récepteur R.

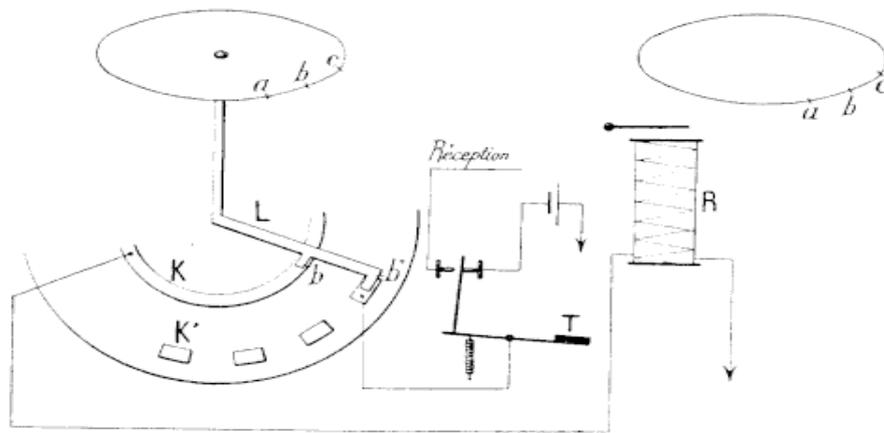


FIG. 44.

2° *Les organes tournants sont en relation avec la ligne.* — La solution précédente (manipulateur à plots) s'applique sans aucune difficulté au cas où les organes tournants sont en relation avec la ligne. On voit, en effet, sur la figure 44 que le bras L, solidaire de la roue des types, est toujours relié à celle-ci.

Le schéma de l'installation, dans chacune des deux méthodes, ne diffère donc, en réalité, que dans le mode de *réception*. Lorsque les organes tournants sont indépendants de la ligne, il n'y a qu'un organe récepteur unique.

Lorsqu'ils sont, au contraire, liés à la ligne, on peut avoir, et c'est le cas usuel, un récepteur spécial pour chaque signal. Il suffit, en effet, de placer au poste de réception un organe

distributeur identique à celui du transmetteur et de relier chacun des plots à un récepteur spécial (*fig. 45*).

On devait s'attendre à cette unification des transmetteurs, quelle que soit celle des deux méthodes employées, puisque dans les deux cas le principe de formation du signal reste identique.

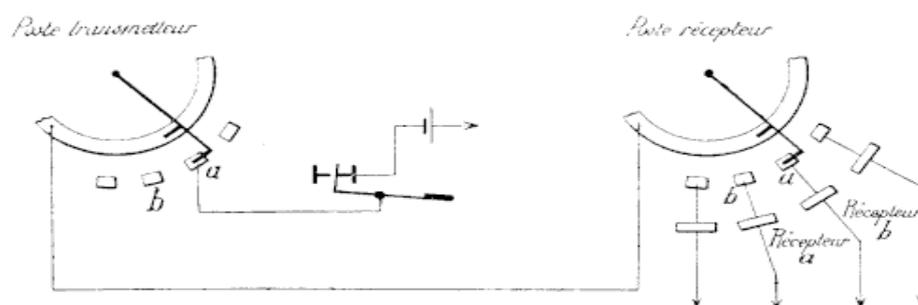


FIG. 45.

Remarque générale sur ces types de transmetteurs. —

Quel que soit le mécanisme adopté, nous avons vu qu'il comportait autant d'organes distincts mécaniques ou électriques qu'il y a de signaux élémentaires à transmettre. Ces signaux sont les lettres de l'alphabet, les signes de ponctuation, les chiffres et parfois des indications de service conventionnelles. Leur nombre peut atteindre 60 environ dans la pratique, 40 au minimum.

De là, si on s'en tenait aux principes exposés ci-dessus, un très grand nombre d'organes dans les transmetteurs et même parfois des impossibilités matérielles d'exécution.

Un premier artifice applicable à tous les systèmes de cette catégorie permet de réduire de moitié le nombre de ces organes. Il consiste à diviser le nombre $2n$ des signaux en deux groupes égaux distincts, le premier comprenant par exemple les lettres, le second les chiffres et les signes de ponctuation. Soient a, b, c , les n signaux du premier groupe; x, y, z , les n signaux du second groupe.

On divise la roue des types O et le cercle fixe C du transmetteur en n parties correspondant aux signaux a, b, c (fig. 46).

Enfin sur chaque roue des types O — et seulement sur ces roues — on intercale entre la série précédente, la série x, β, γ .

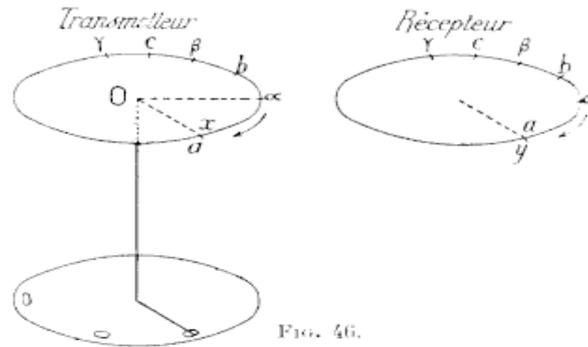


FIG. 46.

Supposons que le mécanisme soit, par exemple, du premier type étudié, à obstacle mécanique. Le raisonnement serait d'ailleurs le même si l'on utilisait le dispositif à plots. Il est clair qu'en l'état ce transmetteur ne peut transmettre que la série a, b, c . Chaque fois en effet que l'un des signaux x, β, γ ,

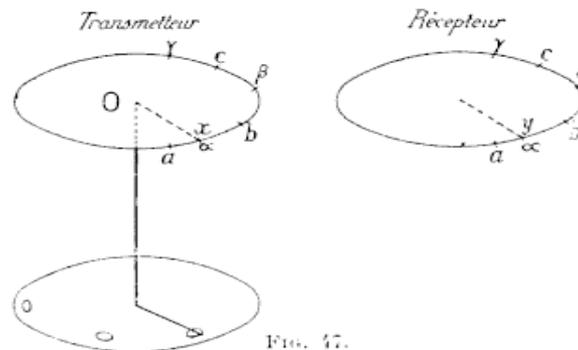


FIG. 47.

passera en x, y , le levier L sera dans la partie intermédiaire comprise entre les deux obstacles.

Mais, pour pouvoir transmettre la seconde série x, β, γ avec le même transmetteur, il suffirait, en revanche, de décaler d'un angle très faible a, o, x la roue des types par rapport au levier L ainsi que la roue réceptrice du poste récepteur. Dans ce cas la figure 46 est alors remplacée par la figure 47; lorsque

la série a, b, \dots , etc., passe en xy , le levier L se trouve cette fois dans la partie intermédiaire comprise entre deux obstacles.

Le décalage possible de la roue des types par rapport au bras du transmetteur est réalisable mécaniquement de la manière suivante.

On monte la roue des types T , sur son axe, à frottement doux à l'aide d'un manchon; sur ce manchon, on en monte un deuxième, encore à frottement doux, supportant une roue dentée qui possède n dents, c'est-à-dire autant qu'il y a de signaux dans la série a, b, c, \dots (*fig. 48*).

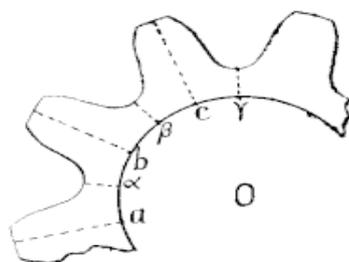


FIG. 48.

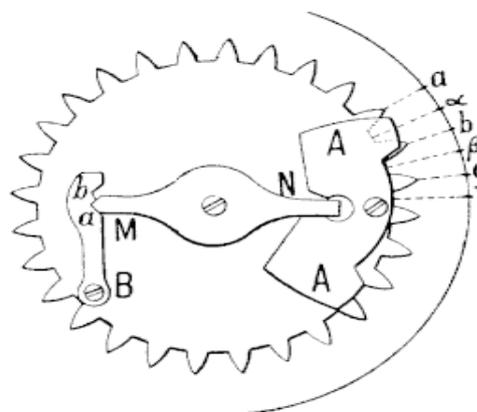


FIG. 49.

Il en résulte que, si l'on projette ces deux roues sur un plan perpendiculaire à l'axe O , et si une dent correspond, par exemple, au premier signal de la série a , toutes les autres dents seront en regard des autres signaux de la même série b, c, \dots tous les creux en regard des signaux de la série $\alpha, \beta, \gamma, \dots$

L'extrémité du manchon de la roue des types se termine en avant de la roue dentée par une pièce MN en forme de levier (*fig. 49*).

La roue dentée porte à son tour un levier inverseur AA' fixé par une vis autour de laquelle il peut osciller et terminé à ses deux extrémités par une saillie dont une — et une seule — soit A , soit A' , peut émerger entre deux dents suivant la position occupée par le levier.

Au milieu de ce levier est une encoche dans laquelle s'engage l'extrémité N du manchon de la roue des types.

L'autre extrémité M est maintenue dans l'une ou l'autre des encoches pratiquées sur un ressort B également fixé à la roue dentée.

Si l'on repousse par un choc mécanique la saillie A, le levier MN passe d'une encoche de B dans l'autre, entraînant avec lui le manchon de la roue des types et cette roue elle-même. Celle-ci se déplace par rapport à l'axe d'une quantité déterminée qui, si la distance des encoches est convenablement calculée, peut être telle que cette fois tous les signaux $\alpha, \beta, \gamma \dots$ viennent en regard des dents, les signaux a, b, c, \dots , en regard des creux.

Dans ce même mouvement, la saillie A' est venue émerger entre deux dents.

Le déplacement terminé, le ressort B continue à assurer la fixité absolue de la liaison des deux roues.

En repoussant, par un nouveau choc, la saillie A', on obtient de même le mouvement inverse.

On conçoit maintenant qu'il suffira, pour actionner au moment convenable dans chacun des deux postes un mécanisme de cet ordre, de simples émissions de courant provoquant à l'aide d'un organe convenable le choc nécessaire soit contre la saillie A, soit contre la saillie A'. Cela revient à ajouter aux n obstacles restés sur le transmetteur que nous voulons simplifier, deux obstacles supplémentaires, l'un servant à l'émission qui permettra de passer de la série a à la série α , l'autre servant à l'émission produisant l'effet inverse.

En résumé, le transmetteur ainsi modifié pourra transmettre $2n$ signaux, avec $n + 2$ touches seulement.

Un second artifice permet encore d'accroître cette réduction du nombre de touches dans une proportion plus considérable. Il n'est applicable toutefois qu'aux appareils où les organes tournants sont constamment en relation avec la ligne et à condition de s'imposer de n'envoyer qu'un seul signal par tour.

Reprenons le schéma des communications dans ce cas (fig. 50).

Nous avons admis jusqu'ici qu'à l'arrivée il y avait autant de récepteurs distincts qu'il y avait de signaux élémentaires.

Chaque signal est alors produit par *une seule* émission.

Le fonctionnement *d'un seul* récepteur correspond à ce signal.

Si l'on admet que, pendant un tour, on ne transmettra jamais qu'un *signal*, on peut au contraire se servir pour la formation de ce signal d'une série d'émissions actionnant les divers récep-

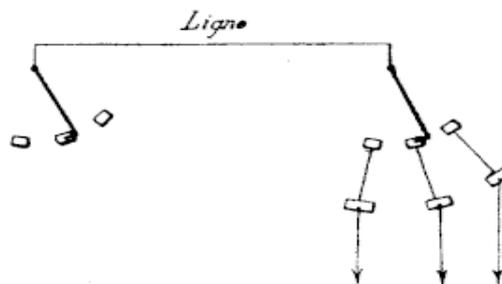


FIG. 50.

teurs; à la fin du tour on examinera l'état de *tous les récepteurs* et ce sera la combinaison réalisée par leurs positions qui donnera la valeur du signal transmis.

Au lieu de profiter des seules indications, repos, travail, fournies par un seul récepteur, on dispose cette fois de toutes les combinaisons possibles des mêmes indications, fournies par l'ensemble des récepteurs.

Soient encore $2n$ le nombre des signaux distincts à transmettre : nous avons vu déjà qu'en réalité le nombre des récepteurs, en supposant un récepteur distinct par signal, peut être réduit à $n + 2$.

Cherchons donc le nombre x de récepteurs qui suffiraient pour remplacer ces $n + 2$ récepteurs distincts dans la nouvelle hypothèse.

Un seul récepteur, avons-nous dit, peut fournir deux signaux distincts (travail, repos). Deux récepteurs peuvent en fournir

quatre, chacun des deux signaux du premier récepteur pouvant être combiné avec les deux signaux du second. Avec K récepteurs, on peut produire 2^K signaux distincts.

On aura donc à résoudre l'équation :

$$2^x = n + 2,$$

$$x = \frac{\log (n + 2)}{\log 2}.$$

Le nombre maximum des signaux distincts 2^n étant 60, il en résulte que 5 récepteurs et par suite 5 plots au transmetteur suffisent largement à tous les besoins. C'est à ce nombre que l'on s'est arrêté le plus souvent dans la pratique.

Les cinq plots n'occupent qu'une faible partie du cercle fixe du transmetteur; le temps pendant lequel l'organe tournant achève sa rotation peut ensuite être employé à d'autres usages, en particulier à envoyer d'autres signaux dans d'autres postes récepteurs.

Remarque. — Le nombre de tours par minute de l'appareil étant généralement élevé, il importe, lorsqu'on s'astreint à n'envoyer qu'un signal par tour, d'indiquer nettement à l'employé manipulant la durée exacte d'un tour.

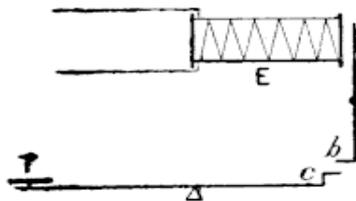


FIG. 51.

On peut se servir à cet effet d'un frappeur de cadence, indiquant par un choc le commencement de chaque tour, et actionné soit électriquement soit mécaniquement.

Un autre dispositif ingénieux consiste à immobiliser mécaniquement pendant la durée du tour les

touches dans la position exacte que leur a donné le manipulant.

A cet effet, on dispose sur la couronne des plots, un plot spécial servant à envoyer une fois par tour un courant local dans un électro-aimant E (fig. 51). L'armature de cet électro-aimant commande une barrette b placée au-dessus de l'extré-

mité postérieure des touches T. Cette extrémité est d'ailleurs elle-même munie d'un bec C.

Lorsque le manipulant préparant son signal pour le tour suivant abaisse une touche T, le bec *c* vient appuyer contre la barrette *b*. Au début du tour, l'électro E fonctionne, la barrette *b* se dérobe une seconde, la touche prend sa position de travail et reste *accrochée* ; à la fin du tour, l'électro attire de nouveau son armature, la barrette lache le bec *c* et la touche retombe.

Synchronisation. — Nous avons à examiner, pour achever l'étude complète des transmetteurs de cette catégorie, les procédés usités pour obtenir la synchronisation des organes tournants.

Les organes du synchronisme doivent satisfaire aux conditions suivantes :

1° Permettre de donner aux axes une vitesse quelconque déterminée ;

2° Maintenir constante cette vitesse ;

3° Enfin, si en cours de travail de légères différences de vitesses se produisent entre les deux axes synchrones, corriger ces différences, dès qu'elles risquent d'être nuisibles.

Les deux premières fonctions sont dévolues au *régulateur*, la troisième à un dispositif spécial dit *de correction*.

Les régulateurs aussi bien que les dispositifs de correction peuvent être soit mécaniques, soit électriques.

1. — Régulateurs mécaniques

Les régulateurs mécaniques se ramènent à deux types généraux, les régulateurs pendulaires, les régulateurs à force centrifuge.

Les régulateurs pendulaires sont constitués à l'aide d'une tige encastrée à l'une de ses extrémités et portant en un point quelconque de sa longueur une masse sphérique qui

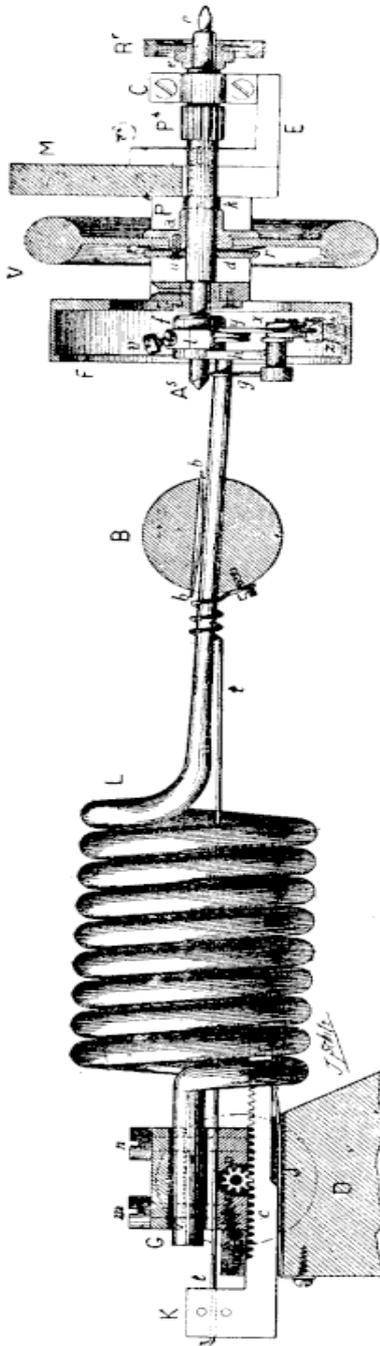


Fig. 32.

peut être déplacée (*fig. 52*). Les oscillations de cette tige sont rigoureusement isochrones et leur période dépend uniquement de la position de la masse sphérique. En faisant varier la position de cette masse, on peut donc faire varier la vitesse de régime (régulateur Hughes, régulateur Meyer, etc).

Le régime établi, lorsque le travail moteur tend à devenir supérieur au travail résistant, les vibrations de la tige augmentent d'amplitude et absorbent cet excès. Inversement, si le travail moteur devient inférieur au travail résistant, les vibrations de la tige diminuent d'amplitude et la tige fournit du travail. Il y a donc bien régulation.

Les régulateurs à force centrifuge se composent essentiellement d'une masse M fixée à l'extrémité d'une tige et tournant autour de l'axe dont on veut régler le régime (*fig. 53*). En cours de marche, la masse s'écarte de l'axe sous l'action de la force centrifuge, et un frotteur porté par la tige vient presser contre un cercle de garde G. Chaque fois que le travail résistant est inférieur au travail moteur, la vitesse tend à augmenter, la

force centrifuge également et la pression croissante de la masse sur son cercle de garde absorbe l'excès de travail. Le phénomène inverse se produit lorsque le travail moteur devient inférieur au travail résistant. Un régime de vitesse constante s'établit.

En déplaçant le cercle de garde par rapport aux masses, on peut enfin faire varier ce régime à volonté.

Les formes données aux régulateurs à force centrifuge, sont très variables. Dans le régulateur Hughes (type Siemens) c'est l'ensemble des boules que l'on déplace par rapport au cercle de garde; le dispositif est inverse dans le régulateur Doignon.

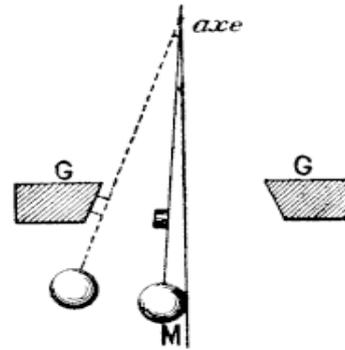


FIG. 53.

Dans d'autres types, les boules sont remplacées par un parallélogramme articulé, dont les sommets armés de liège frottent contre les parois d'une boîte conique, et les variations de vitesse sont obtenues par de simples déplacements de la boîte (régulateur Hughes

de l'Association des ouvriers en instruments de précision; régulateur de l'administration hongroise).

D'autres fois, enfin, on remplace le cercle de garde par l'ensemble de deux ressorts à boudin qui, prenant leur point d'appui sur l'axe, exercent sur celui-ci une pression d'autant plus forte qu'ils sont plus tendus par le déplacement de la masse (régulateur Baudot, *fig. 54*).

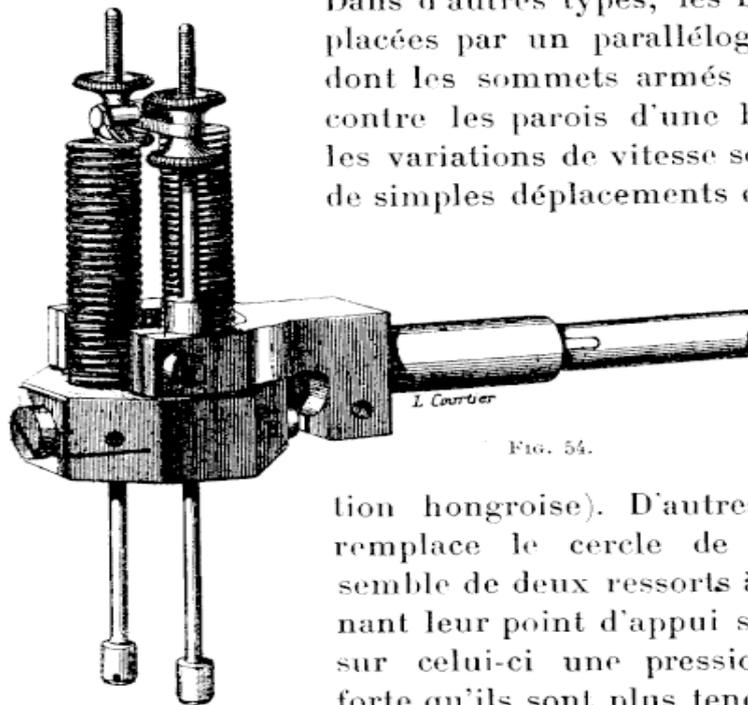


FIG. 54.

(régulateur Baudot, *fig. 54*).

II. — Régulateurs électriques

Les régulateurs électriques ont été jusqu'à ce jour peu usités. Il n'est pas douteux, cependant, qu'ils ne puissent devenir à la fois les plus robustes et les plus précis. On doit donc prévoir leur généralisation.

La régulation électrique repose sur ce fait qu'il est toujours possible de construire des moteurs électriques autorégulateurs.

En particulier, s'il s'agit de moteurs à courant continu, on peut les établir de telle sorte qu'ils prennent automatiquement une vitesse de régime.

La variation des vitesses de régime peut être d'ailleurs obtenue en faisant varier, par exemple, les dimensions de l'entrefer du moteur (régulateurs Postel Vinay).

On verra plus loin, à l'occasion des transmissions à courants alternatifs, que l'un des grands avantages de ces courants réside également dans la possibilité d'actionner aux deux postes des moteurs à courants alternatifs qui prennent automatiquement une allure synchrone.

Avant que l'utilisation des moteurs n'eut été généralisée dans l'industrie, M. Delany avait d'ailleurs employé une solution plus complexe, mais ingénieuse, qui est la suivante (*fig. 55*).

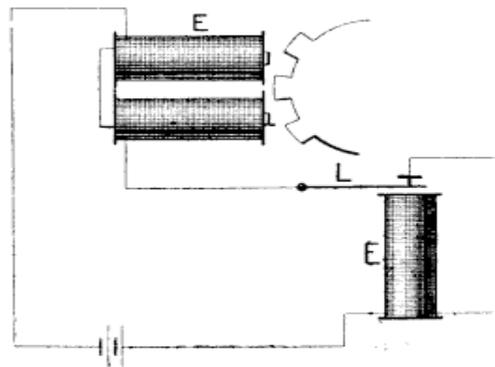


FIG. 55.

Les roues qui doivent entraîner les organes à synchroniser, sont des roues R, en fer, dentées, dont la denture est placée en regard d'un électro-aimant E. On envoie dans cet électro-aimant des courants intermittents produits à l'aide d'une lame vibrante rompant le circuit de pile au moment où elle est attirée par un électro spécial E'. La lame vibrante étant encastrée, vibre à un nombre de périodes rigoureusement déterminé. Il est donc toujours possible d'avoir en chaque poste un nombre d'intermittences identique. A chaque intermittence, la roue R se déplace dans les postes d'une quantité fixe.

Cette solution revient, on le voit, comme les précédentes, à installer dans les deux postes de véritables moteurs synchrones.

III. — Correction

Si parfaite que soit la régulation, elle laisse subsister des différences de vitesse extrêmement faibles, mais qui, en s'additionnant, pourraient à la longue troubler la transmission. La correction a pour objet de supprimer ces différences à chaque tour.

Le système de correction mécanique a été trop rarement appliqué pour qu'on puisse l'indiquer ici à titre de méthode générale. On en verra d'ailleurs un exemple dans l'étude détaillée de l'appareil Hughes.

Le système de correction électrique au contraire, est d'un usage généralisé. Il repose sur le principe suivant (*fig. 56*).

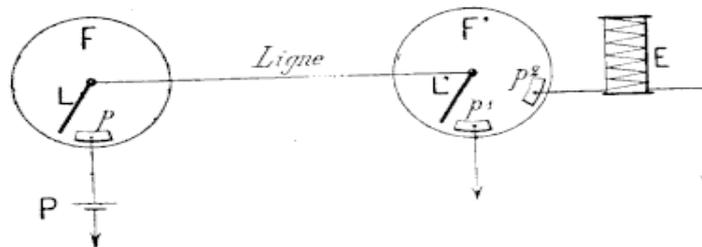


FIG. 56.

Soient encore F, F' les cercles fixes, au-dessus desquels doivent tourner synchroniquement, les bras L, L'. Sur le

cercle F du transmetteur de départ, on dispose un plot p d'une certaine longueur, en relation constante avec une pile P. Sur le cercle F', un premier plot p_1 , de même longueur que le précédent, est placé symétriquement et mis en relation avec la terre ; puis un second plot p_2 est en relation avec un électro-aimant E.

On a soin, tout d'abord, de régler les vitesses de rotation de L et L', de manière que les écarts ne se produisent jamais que dans un sens. L' tournera par exemple légèrement plus vite que L.

Ceci posé, si les deux bras L et L' tournaient rigoureusement à la même vitesse, ils passeraient simultanément sur les plots p et p_1 : le courant de la pile P passerait sur la ligne, mais irait directement à la terre. Rien ne serait modifié dans la marche.

Si, au contraire, L' va plus vite que L, il sera sur le plot p_2 , alors que L est encore sur le plot p . Le courant de la pile P arrivera alors pendant un certain temps dans l'électro-aimant E qui pourra actionner un obstacle et arrêter par exemple la rotation de L', c'est-à-dire diminuer son avance, tant que L sera sur le plot p .

Quatrième cas, v et t valeurs caractéristiques. — Nous avons vu que ce mode de transmission, permettant un nombre indéfini de combinaisons, servait aux appareils dits autographiques, c'est-à-dire à l'envoi de textes graphiques. La variété et la précision de ces combinaisons exigent évidemment l'emploi de transmetteurs automatiques et à composition préalable, à l'exclusion de tous autres.

Il importe de plus de distinguer deux cas, suivant que l'on fait usage pour la transmission d'une seule ligne ou de deux.

La solution générale dans le premier cas a été exposée déjà sommairement.

Aux deux extrémités de la ligne sont installés deux bras reliés à celle-ci et se mouvant synchroniquement au-dessus de deux plateaux conducteurs A et B (*fig. 57*).

La dépêche écrite par l'expéditeur à l'aide d'une encre isolante sur papier conducteur, sert de composition préalable, et est déposée sur le plateau A. Un papier imprégné d'électrolyte est placé sur le plateau B. Si l'on donne aux deux plateaux un mouvement progressif semblable, de telle sorte que les bras balayent successivement toute leur surface, on voit que le courant passera sur la ligne tant que le bras A ne rencontrera pas d'encre isolante et sera interrompu dans le cas contraire. On décomposera donc en B l'électrolyte, en des points déterminés correspondant à ceux de A : l'écriture sera reproduite (Caselli, Meyer, etc...)

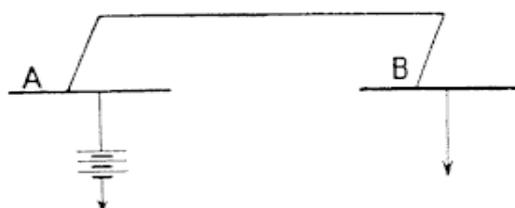


FIG. 57.

Ce système, dit *autographique*, suppose évidemment l'établissement d'un synchronisme rigoureux entre les deux postes. Les méthodes permettant de l'obtenir sont identiques à celles exposées à l'occasion du type de transmetteur précédant celui-ci.

D'autre part, les bras devant parcourir toute la surface de la dépêche et ayant nécessairement une vitesse réduite, on conçoit qu'un tel mode de transmission soit d'une extrême lenteur. Aussi les appareils correspondants ne présentent-ils, pour ainsi dire qu'un intérêt historique.

Il n'en va plus de même lorsqu'on consent à faire usage de deux lignes simultanément. Il est alors possible, en effet, en appliquant un principe bien connu de la mécanique, de produire à l'arrivée le texte graphique au fur et à mesure de sa formation au poste de départ et avec la même vitesse : d'où pour les appareils ainsi établis, le nom de *télauto-graphes*, donné par opposition aux précédents.

Le principe de mécanique auquel il vient d'être fait allusion, est celui de la décomposition d'un mouvement en deux mouvements composants suivant des axes déterminés.

On sait qu'un mouvement quelconque d'un point dans un plan, si compliqué qu'on l'imagine, peut toujours se décomposer en deux mouvements composants, suivant deux axes et, qu'inversement, étant donnés deux mouvements composants suivant deux axes, il est toujours possible de reproduire le mouvement résultant.

Supposons que par une première ligne on transmette automatiquement toutes les composantes suivant un axe du mouvement de la plume et que par une seconde ligne, on transmette toutes les composantes du même mouvement suivant le second axe, on pourra à l'arrivée, en recomposant ces mouvements élémentaires transmis, reproduire exactement le mouvement résultant, c'est-à-dire précisément l'écriture à transmettre.

En pratique, un transmetteur téléautographique comporte dès lors essentiellement une plume servant au tracé de la dépêche et reliée soit aux bras d'un pantographe par des bras rigides, soit à des poulies par des renvois de cordes, de telle sorte que le déplacement de cette plume provoque des déplacements composants soit des bras du pantographe, soit des poulies.

En particulier, soient (*fig. 58*) L_1 et L_2 les deux lignes desservant la communication, soient A et B deux bras reliés, l'un à la ligne L_1 , l'autre à la ligne L_2 et dont les extrémités munies de balais se déplacent sur un rhéostat circulaire. Il est clair, que l'intensité du courant circulant sur la ligne L_1 dépend, à chaque instant, de la résistance totale de cette ligne, c'est-à-dire de la position du bras A sur son rhéostat : de même pour l'intensité sur la ligne L_2 .

Supposons que l'on commande les bras A et B de telle sorte que leur déplacement angulaire soit à tout instant proportionnel à chacune des composantes suivant deux axes déterminés du mouvement de la plume de l'expéditeur ; les intensités

sur les lignes L_1 et L_2 seront également proportionnelles à chacune de ces composantes. Des galvanomètres G_1 et G_2 intercalés au poste récepteur sur les lignes L_1 et L_2 , subiront, par suite, des déviations également proportionnelles à ces composantes et il devient possible, en établissant un système de leviers convenablement reliés à ces cadres, de reconstituer le mouvement résultant.

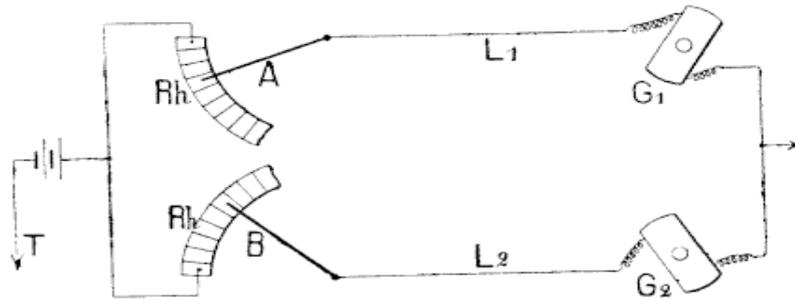


FIG. 58.

Tel est le principe imaginé d'abord par Jordery et récemment appliqué d'une manière fort heureuse par Ritchie.

Réduit d'ailleurs aux éléments qui précèdent, un appareil téléautographique serait relativement simple : en réalité, sa complexité est très grande.

On ne doit pas, en effet, se contenter de reproduire les caractères des mots tracés sur une feuille : il importe de reproduire également leurs intervalles, de permettre de passer d'une ligne à une autre, de provoquer enfin un avancement convenable du papier.

L'ensemble de ces conditions amène à des combinaisons dont l'étude sortirait du programme élémentaire de cet ouvrage. Il était nécessaire, toutefois, d'indiquer tout au moins la donnée fondamentale sur laquelle reposent ces nouveaux appareils. Ils semblent devoir sortir prochainement du domaine de la curiosité scientifique. La pratique pourra seule montrer jusqu'à quel point leur utilisation peut trouver place dans une exploitation de télécommunication.

§ 2. — Transmetteurs avec émission de courant dans les deux sens

Premier cas : e et e' valeurs approximatives ; t valeur nulle. — Dans ce système de transmission, la ligne est constamment parcourue par un courant ; l'envoi d'un courant négatif est substitué à la liaison de la ligne à la terre, dans les intervalles de temps séparant les signaux.

Le transmetteur doit dès lors pouvoir occuper trois positions :

1° Durant l'émission correspondant au signal, mettre la ligne en relation avec le pôle $+$ de la source d'énergie ;

2° Durant l'émission correspondant aux intervalles compris entre les signaux, mettre la ligne en relation avec le pôle de la source d'énergie ;

3° Durant la réception, mettre la ligne en relation avec la terre, à travers le récepteur.

Un commutateur à trois positions étant nécessairement assez compliqué, on a toujours préféré jusqu'à présent recourir, pour cette triple fonction, à deux organes distincts, savoir :

1° Un commutateur à manette faisant passer le poste de la position de transmission à la position de réception ou inversement ;

2° Un manipulateur susceptible de fournir en cours de transmission les deux positions utiles (liaison avec le pôle positif ou le pôle négatif de la source d'énergie).

Le commutateur à manette ne présente aucune particularité spéciale. Il n'en est pas de même du manipulateur.

Si l'on dispose de deux sources d'énergie distinctes, l'une $+$, l'autre $-$, on peut évidemment se servir d'un manipulateur Morse ordinaire, en reliant à la source négative le plot de

repos. L'installation est alors celle représentée par la figure 59.

Mais, en pratique, il y a souvent intérêt à diminuer au maximum le nombre des batteries et, par suite, à utiliser la même pile, quelle que soit la position du manipulateur.

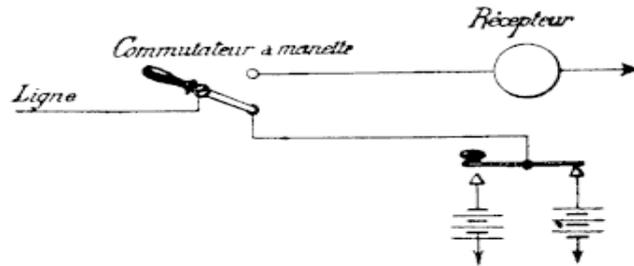


FIG. 59.

On y parvient de la manière suivante :

Soient deux lames A et B (fig. 60) en communication constante l'une avec la ligne, l'autre avec la terre; disposons en regard de chacune de ces lames deux butées entre lesquelles les lames oscilleront. Si l'on relie ces butées à la pile, comme il est indiqué sur la figure 60, on voit que pour une position (celle marquée en traits pleins) c'est bien un courant positif qui est envoyé sur la ligne et pour l'autre (trait pointillé) un courant négatif. On a réalisé le *commutateur inverseur* cherché.

Les manipulateurs de cette classe, à batterie unique, se réduisent tous à cette forme élémentaire.

Les deux plus usités sont celui de Varley et celui de Wheatstone.

Dans le manipulateur Varley, c'est le levier du manipulateur Morse qui, étant composé de deux parties métalliques

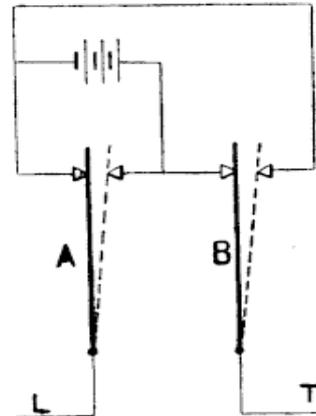


FIG. 60.

séparées par une lame isolante, joue le rôle des ressorts A et B et oscille entre quatre butées (*fig. 61*).

Dans le manipulateur Wheatstone les deux ressorts sont portés par un bloc isolant O mobile à l'extrémité d'un ressort R. On les déplace entre leurs butées en appuyant sur un levier L ayant extérieurement la forme ordinaire des manipulateurs Morse (*fig. 62*).

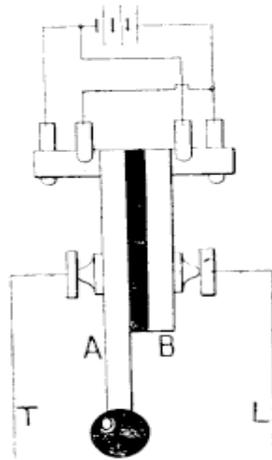


FIG. 61.

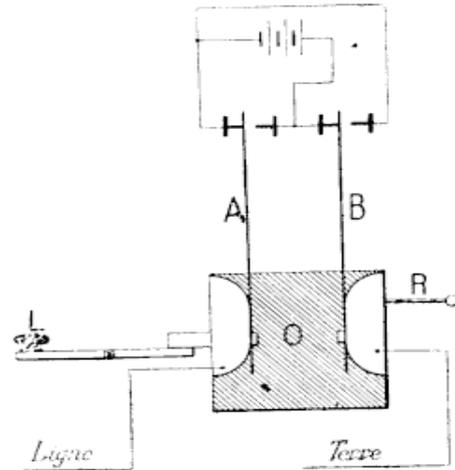


FIG. 62.

D'ordinaire, la manette spéciale, permettant de passer de la transmission à la réception ou inversement, est installée sur le même socle que le transmetteur.

Transmission automatique et à composition préalable.

— Les transmetteurs automatiques de cette classe sont identiques aux transmetteurs automatiques à courant d'un seul sens. Il suffit, en effet, de lier la butée de repos du manipulateur à une source d'énergie négative, comme on l'a vu plus haut (*fig. 59*), pour les transformer en transmetteurs automatiques.

L'emploi du courant de repos rendant les transmissions plus précises, comme nous le verrons plus tard, la plupart des transmetteurs automatiques pour appareils rapides sont en fait ainsi modifiés.

Toutefois, le courant de repos ne facilite pas seulement les transmissions, en les rendant plus nettes; il permet aussi de réduire les durées d'émission correspondant à un signal et par suite d'accroître la vitesse.

Il arrive donc qu'avec des appareils à courant de repos, le temps employé par un manipulateur pour préparer mécaniquement le signal est notablement plus long que celui nécessaire à la fabrication électrique de ce même signal. L'appareil et la ligne ne sont plus utilisés avec leur plein rendement.

Il y a intérêt dans ce cas à faire préparer mécaniquement les dépêches par une série de manipulateurs travaillant simultanément et indépendamment de l'appareil. Les dépêches ainsi préparées sont ensuite présentées à l'appareil qui effectue lui-même et à sa vitesse propre l'ensemble des opérations inhérentes à la transmission. C'est la transmission automatique à composition préalable.

Le principe de la composition préalable pour les appareils de cette classe est le suivant :

On commence par effectuer une traduction conventionnelle de la dépêche en pratiquant des trous sur une bande de papier à l'aide d'un perforateur.

Ces trous sont percés sur trois lignes parallèles (*fig. 63*). La ligne médiane, généralement continue, sert à l'entraînement de la bande par le manipulateur; les trous qui composent cette ligne s'engagent dans les dents d'une molette qui tourne sous l'action d'un mouvement d'horlogerie.

Les deux autres lignes, irrégulières, servent l'une à provoquer l'émission des courants positifs, l'autre celle des courants négatifs, et cela dans l'ordre nécessaire pour qu'à l'arrivée les signaux désirés soient produits.

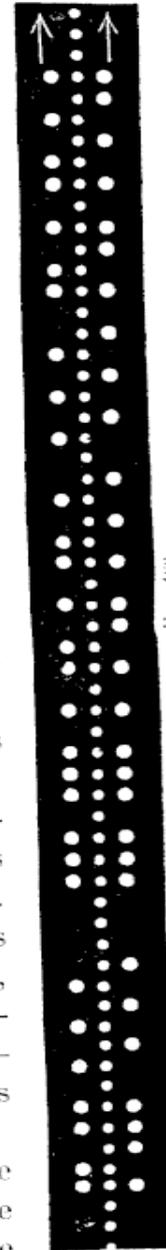


Fig. 63.

L'ensemble du transmetteur comporte dès lors :

1° Un organe moteur provoquant, d'une part, l'entraînement de la bande, d'autre part, le mouvement mécanique du manipulateur proprement dit. Cet organe est toujours un mouvement d'horlogerie ;

2° Un manipulateur analogue en son principe aux manipulateurs à main que nous venons d'étudier plus haut ;

3° Un organe de liaison mécanique entre ce manipulateur et la bande, tel que, lorsque la bande amène en regard de lui une partie pleine, le manipulateur, par exemple, n'envoie pas de courant, que lorsqu'elle amène au contraire un trou de la rangée supérieure, le manipulateur envoie une émission positive, que lorsqu'elle amène enfin un trou de la rangée inférieure, le manipulateur envoie une émission négative.

Rien de particulier à signaler sur les deux premières de ces parties constitutives : seul, l'organe de liaison mérite un examen.

Si l'on fait usage de deux sources d'énergie électrique distinctes, ce dispositif de liaison est tout à fait simple.

Deux plaques métalliques, A et B, séparées par une lame isolante, sont normalement reliées l'une à la source d'énergie positive, l'autre à la source d'énergie négative (*fig. 64*).

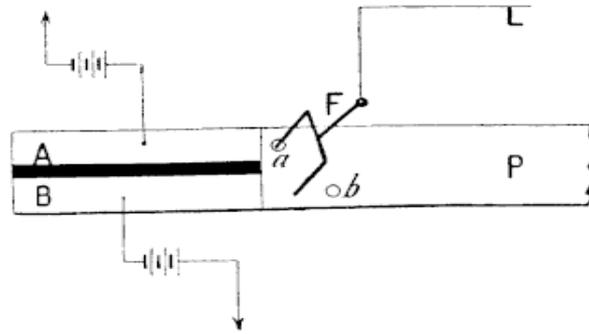


FIG. 64.

Un ressort F en relation constante avec la ligne porte deux balais frottant au-dessus de ces plaques.

On fait passer entre les balais et les plaques la bande de

papier perforé, de telle sorte que les trous de la rangée supérieure passent au-dessus de la plaque A, ceux de la rangée inférieure au-dessus de la plaque B. Il en résulte immédiatement que, suivant qu'un trou passe au-dessous du balai *a* ou du balai *b*, une émission positive ou une émission négative est produite sur la ligne (appareils Parment, Foote et Goodspeed).

Si on fait usage, au contraire, d'une seule source d'énergie électrique, le dispositif, beaucoup plus complexe, est le suivant.

Reprenons le manipulateur type pour batterie unique décrit plus haut et composé de deux lames oscillant entre quatre butées. Ces deux lames peuvent d'ailleurs, pour plus de commodité, être séparées par une substance isolante et former ainsi un ensemble rigide M. Elles sont reliées, nous l'avons vu, l'une à la terre, l'autre à la ligne; de même les pôles de la source d'énergie sont reliés aux butées (*fig. 65*).

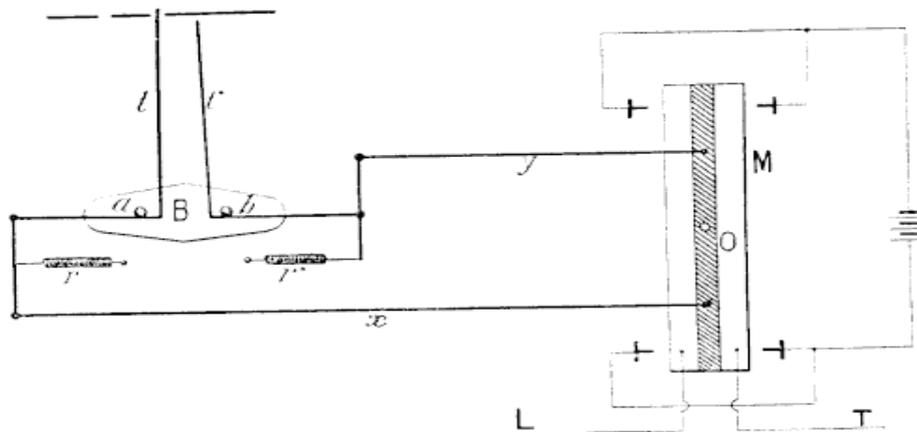


FIG. 65.

Supposons que ce manipulateur soit mobile autour d'un axe *O* et que le mouvement d'horlogerie commande l'oscillation d'un balancier *B*.

En réunissant d'une manière continue, à l'aide de bielles *x*, *y*, le manipulateur au balancier, on conçoit qu'à chaque oscillation du balancier correspondra une oscillation du manipula-

teur et que, par suite, on aura sur la ligne autant d'émissions successives, alternativement positives et négatives, qu'il y a eu d'oscillations du balancier.

Si cette liaison du balancier aux bielles peut être interrompue à un moment donné, le balancier continuant d'osciller, le manipulateur restera dans sa dernière position et l'émission correspondant à cette position se poursuivra.

En fait, les bielles pressent contre des goupilles a, b , portées par le balancier, sous la seule action de ressorts antagonistes r et r' . Pour supprimer la liaison, il suffira dès lors de vaincre l'action de ces ressorts et d'empêcher la pression des bielles de s'exercer sur les goupilles. Si ensuite on arme l'extrémité des bielles de tiges t, t' guidées, et si l'on fait passer en regard de ces tiges la bande de papier perforée, toutes les fois que l'une des tiges rencontrera une partie pleine, elle sera arrêtée par le papier, la résistance opposée par celui-ci vaincra la résistance du ressort r ou r' et la liaison du balancier au manipulateur sera rompue : toutes les fois, au contraire, que la tige rencontrera une partie perforée, elle passera librement à travers le papier et la liaison continuera.

Ce mécanisme imaginé par Wheatstone est à peu près exclusivement en usage.

Pour mieux en faire saisir le fonctionnement, supposons, par exemple, que la bande porte les perforations suivantes :

$$\begin{array}{ccc} 1 & \circ & 5 \\ & \circ & \circ \\ 2 & & \circ 4 \end{array}$$

Quand 1 se présente devant la tige t , cette dernière peut passer, la liaison avec le balancier est maintenue, le manipulateur oscille et envoie une émission positive, par exemple. 2 se présente ensuite devant t' , t' est arrêté : la liaison étant rompue, le manipulateur ne bouge pas, l'émission se poursuit. 3 se présente ensuite devant t ; pour la même raison, l'émission se poursuit encore. Enfin 4 se présentant devant t' , la liaison

du manipulateur au balancier se rétablit, le manipulateur oscille et fait succéder une émission négative à l'émission prolongée qui a eu lieu. On a transmis un trait.

On montrerait de même que le groupe de perforation :



représente une émission courte correspondant au point.

Perforateurs. — Il reste, pour achever l'étude des transmetteurs à composition préalable de cette classe, à examiner la constitution du perforateur, c'est-à-dire de l'organe mécanique indépendant qui sert à préparer la bande.

Le perforateur comporte essentiellement :

1° Un certain nombre de touches T correspondant soit aux éléments constitutifs d'un signal (exemple : appareil Wheatstone, trois touches, trait, point, blanc), soit à un signal complet (appareil Terrin, appareil Parment) ;

2° Une série de marteaux M correspondant à la série des touches et frappant sur des poinçons convenables P ;

3° Des poinçons P guidés par des plaques fixes et produisant la perforation dans le papier (*fig. 66*).

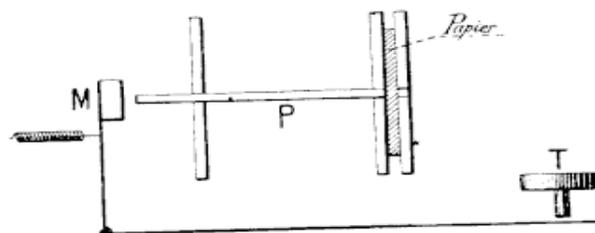


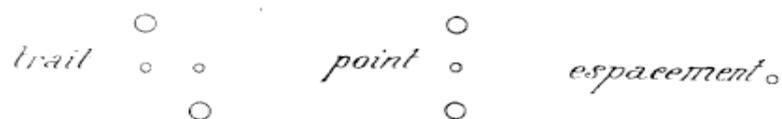
FIG. 66.

Enfin, le relèvement d'une touche doit déterminer l'avancement du papier, avancement proportionnel à la dimension du signal perforé par la touche.

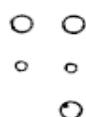
Dans la pratique, et pour diminuer la complication du perforateur, on réduit les poinçons au nombre strictement nécessaire. Ce nombre est facile à déterminer. Il s'obtient en

effectuant la superposition de toutes les combinaisons que l'on doit former.

Soient, par exemple, les trois signaux élémentaires de la perforation Wheatstone :



En superposant ces trois signaux, on obtient la figure suivante :



Elle fournit, d'une part, le nombre minimum, cinq, de poinçons nécessaires et, d'autre part, la disposition qu'ils doivent affecter en regard du papier.

Le nombre des rangées verticales de poinçons ainsi obtenu ne correspond pas au nombre des marteaux. Dans l'exemple que nous avons pris, — celui de la perforation Wheatstone — il y a ainsi deux rangées verticales de poinçons et trois marteaux. Cela revient à dire qu'un même poinçon doit pouvoir être actionné par des marteaux différents.

Le procédé qui permet d'obtenir ce résultat est le suivant :

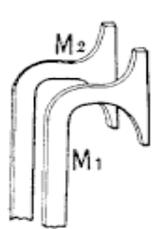


FIG. 67.

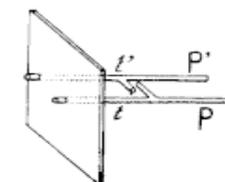
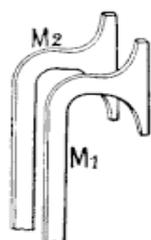
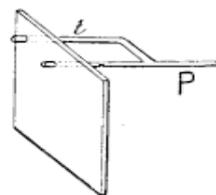


FIG. 68.

Soit P le poinçon aboutissant normalement en regard d'un marteau M_1 et que l'on désire faire actionner également par

un autre marteau M_2 . Si la place en regard de M_2 est disponible, on munit simplement le poinçon d'un talon t qui aboutit à cette place (*fig. 67*).

Si, au contraire, cette place est déjà occupée par un autre poinçon P' , on munit P et P' de deux talons t et t' agencés comme on le voit (*fig. 68*), de telle sorte que le talon t' entraîne nécessairement dans son mouvement le talon t et, par suite, le poinçon P .

L'avancement du papier est enfin basé sur le principe suivant :

Soient a, b, c , les positions de repos des marteaux, a', b', c' les positions de travail des mêmes marteaux, les distances aa', bb', cc', \dots , sont toutes égales entre elles (*fig. 69*).

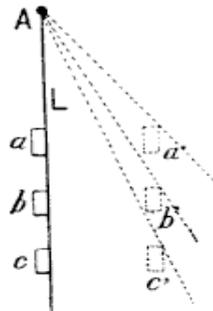


FIG. 69.

Plaçons en avant de la position de repos un levier L , mobile autour d'un axe A et chassé par les marteaux, quand ceux-ci passent de la position de repos à la position de travail. On voit que, suivant le marteau qui se déplace, l'angle de déplacement du levier est différent, d'autant plus grand que le marteau est plus rapproché de l'axe A . Si l'extrémité du levier L commande l'avancement d'un cliquet sur une roue dentée, ce cliquet avancera également d'un nombre de dents variables suivant le marteau déplacé.

Au moment où le marteau reviendra à sa position de repos, la roue dentée avancera donc elle-même du même nombre de dents, entraînant avec elle le papier.

Il existe un assez grand nombre de types de perforateurs, tous basés sur les principes qui précèdent. Leur réalisation ne va pas sans une réelle complication mécanique.

En outre, lorsque les marteaux doivent entraîner simultanément un grand nombre de poinçons, le travail demandé à la main pour le poinçonnage devient excessif.

On est alors conduit à agir sur les marteaux, non plus directement par la touche, mais à l'aide d'un mouvement d'horlogerie (Terrin) ou de l'air comprimé (Wheatstone). La touche sur laquelle on appuie, n'a plus alors pour fonction que de déterminer l'action de la force choisie.

Deuxième cas : e , une valeur approximative; e' , une valeur approximative; t , valeurs approximatives. — Le type d'une transmission de cet ordre est une transmission Morse où l'on convient qu'une émission positive a la valeur du trait et une émission négative la valeur du point. Ces deux émissions ayant même durée, on conçoit que la vitesse de transmission puisse devenir plus grande que dans la transmission ordinaire.

Il est nécessaire dans ce système de transmission d'avoir deux manipulateurs distincts au minimum, l'un pour les émissions positives, l'autre pour les émissions négatives.

En supposant que l'on dispose de deux sources d'énergie distinctes le montage peut s'effectuer à l'aide des manipulateurs ordinaires du type Morse. La liaison des circuits est représentée par la figure 70.

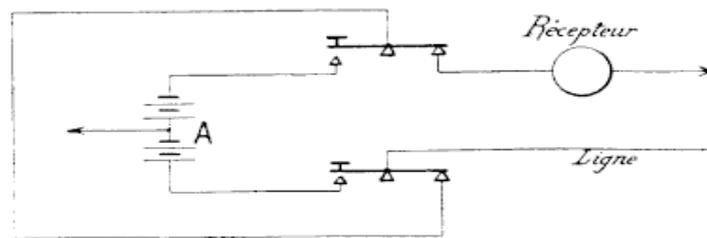


FIG. 70.

Si l'on ne dispose, au contraire, que d'une source unique,

il devient nécessaire de munir chacun des manipulateurs d'un contact supplémentaire mettant à la terre le point A de la pile chaque fois que l'on abaisse le manipulateur.

Ce contact peut être établi par un ressort r chassé par une goupille isolante i quand le manipulateur bascule (manipulateur Estienne).

La figure 70 devient alors la suivante (fig. 71).

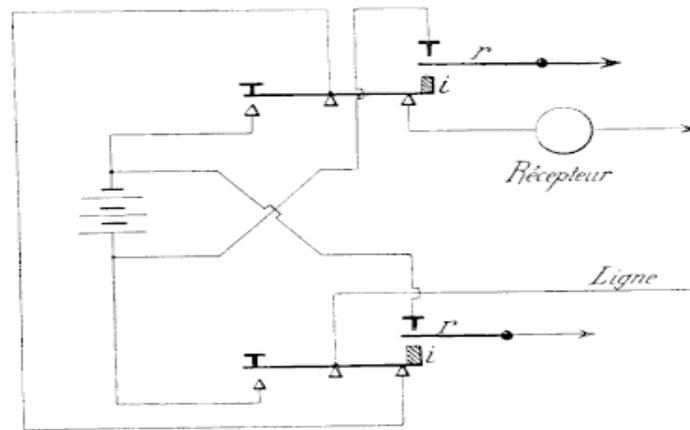


FIG. 71.

L'obligation d'avoir, dans ce cas, des contacts supplémentaires établis par le manipulateur entraîne évidemment des difficultés de réglage et souvent une manipulation plus lente. Le faible avantage obtenu au point de vue de la vitesse par l'emploi des courants de deux sens dans ce système de transmission est ainsi atténué en partie. Toutefois, il est aisé de voir que si, comme dans le cas des transmissions avec courant de repos, on dispose un commutateur spécial pour passer de la position de transmission à la position de réception, l'installation précédente se simplifie, échappant ainsi à la critique qui vient d'être faite (fig. 72).

Soient alors A et B les deux touches d'un manipulateur, l'une en communication constante avec la ligne, l'autre avec la terre. Soient, en guise de butées, deux barres C et D communiquant l'une avec le pôle positif, l'autre avec le pôle

négalif de la source d'énergie, et supposons qu'au repos les deux touches soient normalement appuyées sur la barre C.

On voit qu'en abaissant la touche A on envoie sur la ligne un courant positif, qu'en abaissant B on envoie, au contraire, un courant négatif. Le dispositif ainsi réalisé est robuste et très simple.

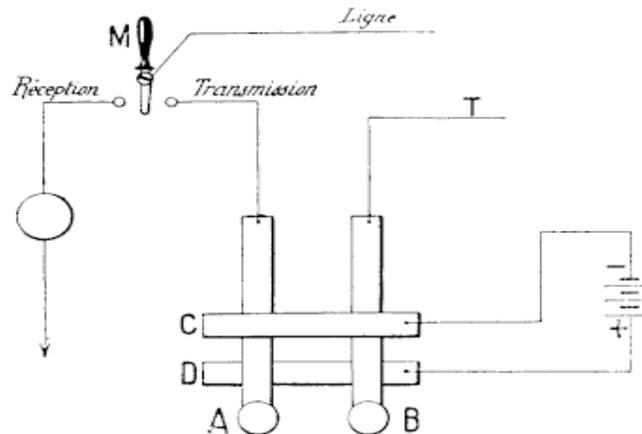


FIG. 72.

Troisième cas : e , e' , t , valeurs caractéristiques. — Le fait de donner aux émissions des valeurs caractéristiques variables a toujours pour conséquence la nécessité de recourir exclusivement à l'emploi de transmetteurs automatiques et à composition préalable.

On a vu précédemment, d'autre part, qu'en donnant des valeurs caractéristiques variables à un courant toujours de même sens et au temps, on pouvait réaliser un nombre de signaux indéfini (appareils autographiques, téléautographes).

L'emploi de la même formation de signaux en utilisant les deux sens du courant, ne paraît donc pas, à première vue, présenter des avantages sur la précédente. En fait, la pratique paraît donner raison à cette opinion. Les premiers téléautographes tels que celui d'Elisha Gray, faisaient usage des deux sens de courant, mais ont été abandonnés. Il ne paraît pas utile, dès lors, d'insister sur cette combinaison spéciale. Les

moyens de réalisation ne diffèrent pas, d'ailleurs, de ceux exposés à l'occasion de la combinaison similaire avec émissions d'un seul sens.

C. — TRANSMETTEURS A COURANTS ALTERNATIFS

Bien que l'usage des courants alternatifs pour les transmissions offre à priori beaucoup plus de ressources pour la formation des signaux, ces courants sont encore peu utilisés. Le nombre des transmetteurs que nous avons à examiner est donc assez faible. Certains d'entre eux, en revanche, présentent un haut intérêt.

Premier cas : a et f constants ; e , valeurs approximatives ; t , valeurs approximatives. — C'est le cas d'une transmission Morse, où les émissions de courant continu seraient remplacées par des émissions d'un courant alternatif défini. Il est clair que, dans ce cas, il suffit d'intercaler sur le circuit, entre la source d'énergie et la ligne, un manipulateur ordinaire (appareil Mercadier, Phonopore). Si la fréquence du courant alternatif est très élevée, nous avons vu qu'on pouvait sans inconvénient interrompre l'émission à un moment quelconque. Si elle est peu élevée, la même latitude existe encore car, étant donné qu'on utilise seulement les durées approximatives, la déformation finale de l'onde est sans importance pour la formation du signal.

Deuxième cas : a et f constant ; e , valeurs caractéristiques ; t , valeurs caractéristiques. — Ce cas est identique en son principe au cas de la transmission avec organes synchrones. Le manipulateur doit être automatique et comporter, en dehors du manipulateur proprement dit, un organe synchrone. Toutefois, si le principe est le même, le mode de réalisation électrique diffère cette fois absolument.

Rappelons tout d'abord que dans les appareils analogues utilisant le courant continu, on avait aux deux postes correspondants deux bras L en relation avec la ligne et tournant au-dessus d'une série de plots figuratifs de chaque signal. On armait le plot en amenant à l'avance sur lui le pôle de la pile et une émission était envoyée au moment précis où les balais passaient sur ce plot. Il fallait en outre tout un dispositif spécial à la fois mécanique et électrique pour assurer le synchronisme.

L'emploi du courant alternatif présente la grande supériorité de supprimer totalement ce dispositif. Dans des conditions déterminées, en effet, un générateur alternatif qui alimente un moteur et ce moteur tournent toujours d'eux-mêmes en parfait synchronisme.

A l'inverse de ce qui se passait pour le courant continu, on comprend dès lors qu'on soit amené, dans une transmission par courants alternatifs, à *établir normalement* le courant sur la ligne, ce courant servant à maintenir le synchronisme des organes tournants.

Il en résulte que la production d'un signal devra correspondre non plus à une émission de courant, mais à une *interruption* de courant, interruption d'ailleurs toujours très brève, pour ne pas gêner la continuité du synchronisme et qui d'autre part doit être effectuée au moment précis où l'intensité du courant passe par zéro.

Pour que la première condition soit réalisée, il suffit que le manipulateur proprement dit supprime la communication de la ligne avec la source d'énergie au moment précis où le balai passe sur le plot : comme il importe de pouvoir préparer le signal avant cet instant, on recourt à l'artifice suivant (*fig. 73*).

Le bras L, dont la rotation est commandée par l'alternateur, au lieu d'être directement relié à la ligne est relié à un électro-aimant E qui, à chaque attraction de son armature, rompt la communication de la ligne avec l'alternateur. La touche sert encore à armer le plot en y amenant l'un des pôles d'une pile locale dont l'autre pôle est relié à l'électro-

aimant E : on voit dès lors que, cette touche étant abaissée à l'avance, l'électro ne fonctionnera, entraînant la rupture du courant de ligne, qu'au moment précis où le bras L passe sur le plot considéré.

Pour remplir la seconde condition, couper le courant au moment où il passe par zéro, il suffit de distribuer sur le cercle du distributeur autant de plots qu'il y a de demi-périodes pour un tour de l'alternateur.

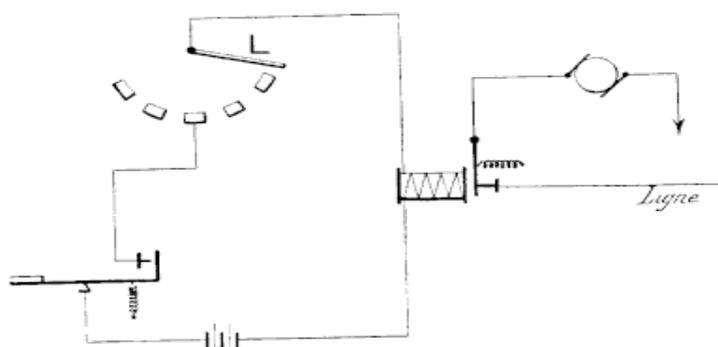


FIG. 73.

En calant convenablement sur l'arbre le bras L, on arrivera évidemment au résultat désiré; tout se passera comme si le plot n° 1 correspondait à une onde positive par exemple, le plot 2 à une onde négative et ainsi de suite. Les courants transmis et correspondant à ces ondes ont des intensités constamment variables : c'est le seul point qui différencie cette transmission d'une transmission avec des courants continus ordinaires, alternativement positifs et négatifs.

Au poste récepteur les courants ainsi émis devraient théoriquement arriver, d'une part, à un moteur alternatif commandant le bras synchrone, d'autre part, aux différents plots du distributeur par l'intermédiaire du bras L.

Dans la pratique, il n'en peut être ainsi. On doit remarquer, en effet, que les courants employés sont généralement assez faibles et que, par suite, le moteur risquerait, s'il était branché directement à l'extrémité de la ligne, de n'avoir pas une

puissance suffisante. Il est nécessaire, ici encore, d'user d'un artifice qui est le suivant.

La ligne aboutit à son arrivée à deux électro-aimants, dont les armatures prennent sous l'action du courant un mouvement alternatif (*fig. 74*).

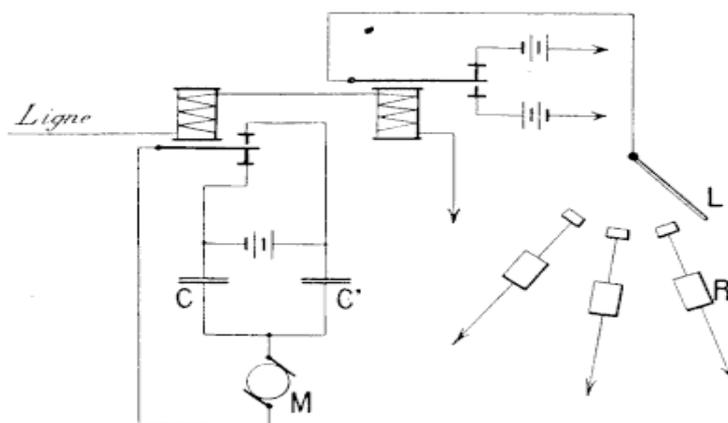


FIG. 74.

Le mouvement de la première armature a pour effet de produire dans deux condensateurs C et C' une série de charges et de décharges alternatives, ayant rigoureusement même période que le courant d'arrivée; ces courants secondaires alimentent le moteur alternatif M assurant le mouvement synchrone du bras L .

Le mouvement de la seconde armature a pour résultat de mettre le bras L en communication tantôt avec le pôle positif, tantôt avec le pôle négatif d'une pile. Les plots reçoivent donc au passage alternativement des ondes positives et des ondes négatives.

Tout se passe, par suite, comme si la ligne aboutissait directement au bras L .

Tels sont les principes généraux actuellement appliqués aux transmetteurs de cette catégorie : un seul, le Rowland est utilisé industriellement.

Troisième cas : a , f , v et l valeurs caractéristiques. — Les transmetteurs de cette catégorie qui semblent à priori devoir être les plus compliqués, sont cependant à la fois les plus simples et les plus répandus. Ils sont connus sous le nom de *microphones*.

Les microphones, semblables aux manipulateurs correspondants à courant continu, sont des manipulateurs automatiques et à composition préalable.

La composition préalable est effectuée par l'émission de la voix.

L'organe mécanique de la transmission est une membrane vibrant sous l'action de la voix et qui sous cette action modifie la résistance d'un contact électrique.

Le manipulateur proprement dit est constitué par le contact électrique placé sur un circuit où circule normalement un courant constant.

Ces différents organes sont théoriquement groupés comme il est montré sur la figure 75.

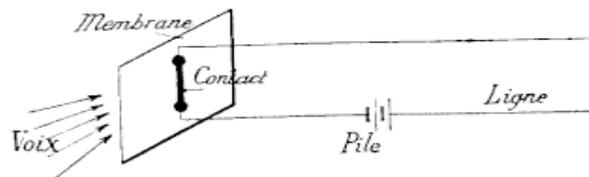


FIG. 75.

Il importe d'étudier en détail successivement chacun de ces éléments.

1. — Étude de la voix

On appelle son l'impression que perçoit l'oreille.

L'origine de tous les sons est une série de mouvements alternatifs, de forme quelconque, reproduits, à des intervalles égaux et très rapprochés, par l'ensemble des molécules d'un corps solide, liquide ou gazeux.

Les solides, les liquides et les gaz ont la propriété de

transmettre le son. Chaque mouvement du corps sonore détermine dans le milieu ambiant une série de condensations suivies de dilatations qui se propagent en se poursuivant, à la façon des vagues sur la surface de la mer.

On nomme *demi-vibration sonore*, tout mouvement d'aller ou de retour qui comprime ou dilate le milieu ; *vibration complète*, l'ensemble de l'aller et du retour.

Les sons se distinguent en deux classes, les *bruits* et les *sons musicaux*.

Les bruits sont toujours formés soit de sons musicaux de très courte durée, soit de sons musicaux discordants.

Un son musical simple est caractérisé par ce fait que la courbe des pressions qui le représente est périodique et peut être représentée par une sinusoïde.

Quand deux ou plusieurs sons simples sont émis simultanément, la courbe des pressions du son résultant est la résultante des courbes de pression des sons simples composants.

En fait, les sons simples sont très difficiles à obtenir et les sons musicaux observés sont le plus souvent des sons complexes.

Trois qualités distinguent les sons entre eux :

1° La *hauteur*, qui dépend du nombre de vibrations effectuées par le corps sonore dans l'unité de temps. Ce nombre varie pour les sons perceptibles à l'oreille entre 16 et 38 000 ;

2° L'*intensité*, qui se décèle par l'énergie plus ou moins grande avec laquelle l'oreille est impressionnée. Cette intensité dépend de l'amplitude des vibrations sonores et croît avec celle-ci ;

3° Le *timbre*, qui dépend des notes dites *harmoniques* produites en même temps que le son et fait reconnaître aisément l'instrument qui a servi à produire le son.

Ces harmoniques sont des sons dont le nombre des vibrations est un multiple exact du nombre des vibrations du son fondamental. Si ce dernier est n , le premier harmonique est l'octave ($2n$ vibrations), le second, la douzième du son fondamental ($3n$), etc...

La hauteur des sons que peut émettre la voix humaine correspond à un nombre de vibrations par seconde compris entre 80 et 1000.

Ces sons, comme tous les sons observés dans la pratique, sont composés d'un son fondamental et d'harmoniques.

La parole comporte l'émission de voyelles précédées ou suivies de consonnes.

Les voyelles, très nombreuses et variant avec les langues, *a, e, i, o, ou, u*, etc... sont des sons musicaux ayant des timbres particuliers, produits par la vibration des cordes vocales plus ou moins tendues et renforcés dans la cavité de la bouche. Cette cavité formant résonateur donne d'ailleurs naissance à la plupart des harmoniques.

Les consonnes sont des modes de commencer ou de finir les voyelles par une sorte d'explosion : on les produit par un coup de langue ou un mouvement des lèvres. Le nombre des vibrations correspondant aux consonnes est fort variable, mais la durée d'émission de ces vibrations est toujours extrêmement courte.

Le diagramme suivant (*fig. 76*), représentant les syllabes *Be* et *eb* montre nettement la différence d'allure des vibrations correspondant aux voyelles et aux consonnes.

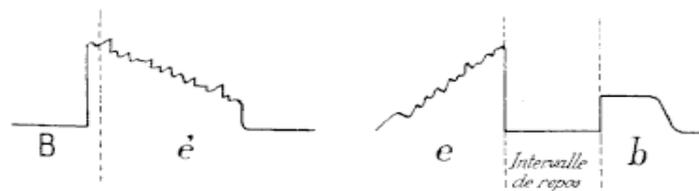


FIG. 76.

Il résulte de cet examen que si l'on veut communiquer à une plaque vibrante les vibrations émises par la parole, cette communication se fera presque toujours aisément pour les voyelles qui correspondent à des alternances régulières et difficilement pour les consonnes.

II. — Plaque vibrante

La plaque vibrante est soit en bois léger, soit en charbon, soit en mica, soit en tôle.

Le bois choisi est en général du sapin : son épaisseur atteint en moyenne 2 millimètres. On le double quelquefois avec une feuille de mica de manière à éviter les fendillements (Mix et Genest).

Les lames de charbon sont des lames très minces, qui quelquefois n'affectent pas la forme plane, mais une forme ellipsoïdale.

Les lames de mica et de tôle sont toujours argentées sur une face. Elles sont généralement très minces (un tiers de millimètre environ).

Les plaques vibrantes sont, soit collées sur une bande de caoutchouc, soit pincées entre une bande de caoutchouc et une bande de carton, soit enfin pincées entre deux bandes de carton.

III. — Contact variable

Le contact variable constitue l'organe essentiel du microphone.

On sait que lorsque la pression de deux corps conducteurs en contact varie, la résistance électrique présentée par ce contact varie en sens inverse (du Moncel, 1856).

Les pièces choisies pour établir le contact variable dans un microphone sont l'une en charbon, l'autre généralement en charbon, très rarement en métal.

Suivant que le contact normal entre les deux pièces est assuré par un ressort ou par la pesanteur, on peut diviser les microphones en deux classes : les microphones type Edison, et les microphones type Hughes.

1° *Type Edison*. — Les microphones type Edison sont actuellement peu en usage. Ils comportent essentiellement une pas-

tille de charbon portée par un chassis en cuivre et une plaque de platine venant presser sur ce charbon et en contact elle-même avec la lame vibrante. La pression de la lame faisant ressort suffit à assurer le contact entre le platine et le charbon (microphone Edison, *fig. 77*). Quelquefois, également, des ressorts spéciaux r et r' portant ces pièces permettent de faire varier ce contact. — (Microphone Blake, *fig. 78*.)

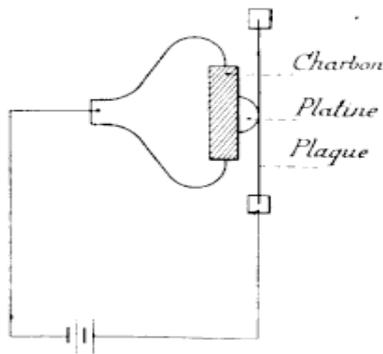


FIG. 77.

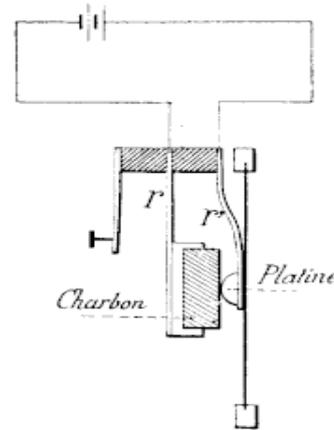


FIG. 78.

2° *Type Hughes*. — Les microphones type Hughes sont de beaucoup les plus répandus. On peut les diviser en deux grandes catégories, les *microphones à crayons* et les *microphones à grenaille*.

Le type du microphone à crayon est le suivant (*fig. 79*).

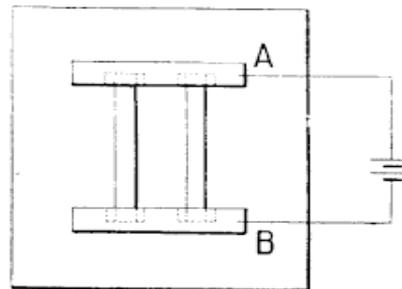


FIG. 79.

Deux sellettes en charbon A et B en communication avec les

pôles de la pile sont boulonnées sur la plaque vibrante. Des bâtons de charbon en nombre variable, sont engagés dans des mortaises creusées dans les sellettes et y reposent par leur propre poids. Lorsque la plaque vibre, on voit qu'il y a, en réalité, 2 ou 4 contacts qui sont modifiés suivant que la planchette est verticale ou horizontale.

Tous les microphones de cette catégorie ne diffèrent entre eux que par le nombre et le mode d'insertion de ces contacts dans le circuit.

Les formes élémentaires suivantes sont les plus répandues (*fig. 80*).

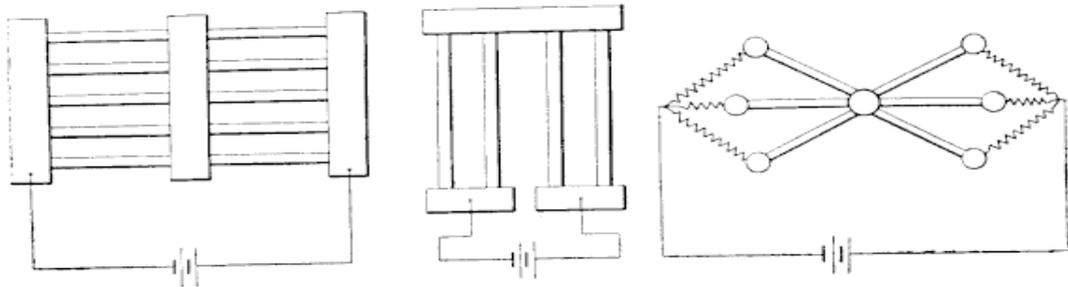


FIG. 80.

Certains constructeurs en vue d'éviter le dépôt des poussières de charbon au point de contact, percent la sellette et donnent à l'extrémité du cylindre de charbon une forme de cône strié (*fig. 81*).

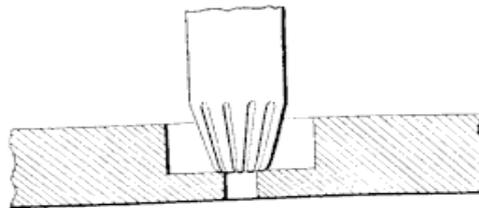


FIG. 81.

Enfin, un artifice applicable aux microphones sur planchette verticale permet également de faire varier la pression au contact bien que celle-ci soit assurée par la pesanteur. On recouvre jusqu'à mi-hauteur les cylindres de charbon d'une gaine de

tôle nicklée. En approchant plus ou moins un aimant, l'attraction de celui-ci sur les gaines diminue plus ou moins la mobilité des cylindres (appareils d'Arsonval).

Le type du microphone à grenaille comporte essentiellement une cuvette en charbon, entourée d'un cylindre en feutre ou en papier et au-dessus de laquelle est placée la lame vibrante qui est toujours dans ce cas un corps conducteur (tôle argentée, mica argenté, charbon).

Le logement compris entre cette lame, la cuvette et le cylindre de feutre ou de papier est rempli par de la grenaille de charbon (*fig. 82*).

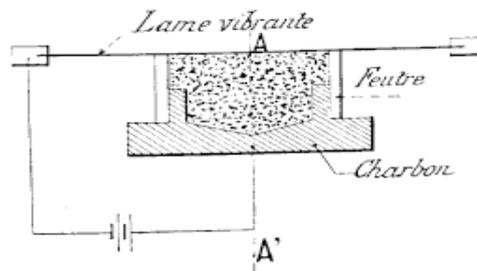


FIG. 82.

La forme de la cuvette est extrêmement variable.

Elle est unie ou striée; les variations de pression ont probablement lieu presque exclusivement au contact de la grenaille et des surfaces soit de la lame vibrante, soit des parties latérales de la cuvette; toutefois les lois de construction de ces appareils sont encore le plus souvent livrées au hasard.

La grenaille est composée tantôt de charbon finement granulé, tantôt de charbon moulé de forme sphérique; ce charbon est lui-même tantôt homogène et tantôt déposé à la surface de petites sphères métalliques. Pas plus que pour la forme des cuvettes, il n'a été fait encore d'étude rationnelle permettant de dégager les lois régissant ce choix.

Les transmetteurs à grenaille ont aujourd'hui la préférence; à l'inverse des microphones à crayons, ils ne donnent point de

crachements, c'est-à-dire de bruits désagréables provenant d'un brusque ressaut du microphone. Ils reproduisent remarquablement l'articulation et le timbre de la voix.

L'emploi du charbon granulé provoque à la longue des tassements dans la poudre, qui réduisent la sensibilité de l'appareil. Aussi l'ensemble est-il presque toujours agencé de façon qu'on puisse le faire tourner de 180° autour d'un axe AA' perpendiculaire à la lame vibrante : on rend ainsi à la grenaille sa mobilité initiale (*fig. 82*).

Cet inconvénient n'existe pas pour le charbon moulu.

Certains constructeurs se sont efforcés, dans le microphone à grenaille comme dans le microphone à crayon, de faire varier à volonté la pression du contact établi par la seule action de la pesanteur.

A cet effet, on emprisonne la grenaille entre deux cuvettes, pouvant être rapprochées plus ou moins et dont l'une est rendue par une vis solidaire de la lame vibrante (*fig. 83*).

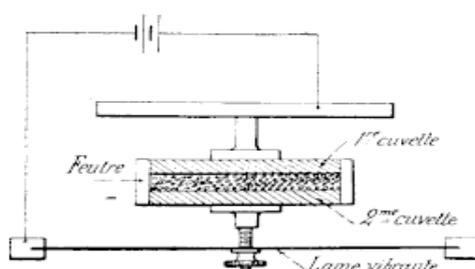


FIG. 83.

Mais ce réglage est toujours délicat et n'est pas toujours stable (appareil Solid Back). La plupart des microphones à grenaille sont donc *sans réglage* et c'est le mieux.

Remarque. — Si peu déterminées que soient les lois de construction des microphones à grenaille, il semble que l'on puisse dès maintenant formuler comme des résultats expérimentaux les indications suivantes :

1° Il y a intérêt à constituer le microphone avec une seule lame vibrante. La présence de deux lames réglables a pour

résultat de produire de véritables résonances dans le microphone et d'atténuer la netteté ;

2° Il y a intérêt à avoir le minimum de grenaille, tout en lui laissant une surface de contact considérable avec la plaque vibrante. L'emploi des alvéoles paraît par suite recommandable ;

3° Il y a intérêt à éviter l'introduction des surfaces métalliques dans le contact microphonique.

Variation du courant produite par un microphone. — Cherchons à déterminer quelle variation d'intensité du courant de la pile insérée dans un circuit microphonique, correspond à la variation maximum des pressions dans le contact.

Soit :

E , la force électromotrice de la pile ;

R_1 , la résistance totale du circuit, non compris le contact ;

R_2 , la résistance du contact au repos ;

$\pm r_2$, les variations de résistance de ce contact correspondant aux deux variations extrêmes de la pression ;

i et i' , les intensités des courants permanents qui passent dans le circuit, l'un quand le contact est supposé au repos, l'autre quand il subit une des pressions extrêmes.

En appliquant la loi d'Ohm, on a les relations :

$$i = \frac{E}{R_1 + R_2},$$

$$i' = \frac{E}{R_1 + R_2 \pm r_2},$$

$$i - i' = \frac{\pm Er_2}{(R_1 + R_2)(R_1 + R_2 \pm r_2)}.$$

La variation de résistance r_2 étant nécessairement très faible par rapport à la résistance totale du circuit ($R_1 + R_2$) on peut la négliger devant cette résistance. La relation précédente devient alors :

$$(1) \quad i - i' = \frac{\pm Er_2}{(R_1 + R_2)^2},$$

On voit que la variation de l'intensité qui seule doit provoquer le fonctionnement du récepteur est proportionnelle à la force électromotrice de la pile, à la variation de résistance du contact et s'atténue en raison inverse du carré de la résistance totale du circuit.

On ne peut songer à augmenter beaucoup la force électromotrice de la pile, car au-delà d'une certaine limite, il se produit des étincelles au contact variable et un bruit de *friture* de nature à couvrir la transmission.

Pour obtenir un appareil utilisable, il faut donc faire soit un microphone où les variations de résistance du contact $\pm r_2$ deviennent comparables à la résistance totale du circuit, soit, encore, s'astreindre à n'employer que des circuits de résistance totale très faible.

La première solution a conduit à construire des microphones dont la résistance au repos atteignait 1000 ohms. Une faible variation dans l'état du contact provoque en effet dans ce cas une grande variation de la résistance. Toutefois l'emploi de ces appareils a donné des mécomptes et ne s'est pas étendu.

Reste la seconde solution. — Un artifice ingénieux permet en effet de laisser toujours au circuit une résistance totale très faible.

Le circuit du microphone est fermé sur l'enroulement primaire à gros fil et à petit nombre de tours d'un transformateur (1,5 ohms environ) ; le circuit de la ligne est fermé sur l'enroulement secondaire du même transformateur, enroulement à fil fin et à grand nombre de tours de fil (150 ohms environ).

On obtient ainsi deux résultats :

La résistance du circuit primaire est ramenée à une valeur très faible, 5 ou 6 ohms, comparable aux variations du contact microphonique ;

La tension efficace du courant alternatif dans le secondaire est élevée et facilite la transmission à longue distance.

L'appareil ainsi construit est la bobine d'induction télépho-

nique. L'ensemble des communications d'un transmetteur téléphonique devient alors le suivant (fig. 84).

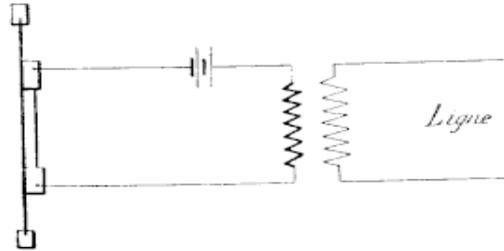


FIG. 84

En admettant que les variations de résistance du contact soient de 1 ohm environ, que le circuit primaire ait 6 ohms (bobine d'induction 1,5 ohm, pile 0,5 ohm, liaisons et contact 4 ohms), on constate, en appliquant la formule (1), que pour une diminution de résistance du contact de 1 ohm, l'intensité varie de 14 0/0 ; que pour une augmentation de même valeur, l'intensité varie de 20 0/0 ; soit au total 34 0/0.

Enfin l'intensité efficace des courants alternatifs émis sur la ligne dans ces conditions est encore comprise entre 8 et 12 microampères, soit environ mille fois moindre que celle des courants ordinaires usités en télégraphie.

D. — TRANSMETTEURS POUR ONDES HERTZIENNES

Il reste enfin à examiner la dernière classe des transmetteurs, utilisée pour l'émission des ondes hertziennes.

Nous avons dit qu'en pratique, dans ce cas, on se contentait de former les signaux en donnant à e et à t des valeurs approximatives. C'est encore une transmission Morse, et l'on fait usage d'un manipulateur ordinaire intercalé sur le circuit primaire de la bobine de Ruhmkorff qui alimente l'excitateur. En raison de la forte intensité des courants, ce manipulateur doit toutefois être muni de contacts larges et très conducteurs ;

quelquefois aussi, pour éviter les étincelles, le butoir est plongé dans un bain d'huile (manipulateur Ferrié *fig. 85*).

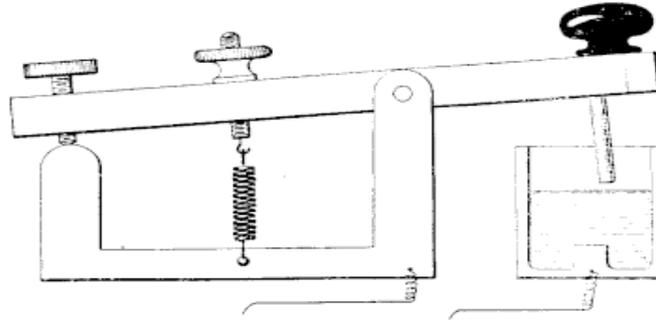


FIG. 85.

D'autre part, les ondes émanant de l'excitateur rayonnent dans tous les sens, se dispersant à mesure, comme le font les rayons lumineux émis par un point. Il importe d'orienter en quelque sorte ces ondes et de les réunir en faisceau pour les envoyer dans une direction donnée.

La pratique montre qu'on y parvient à peu près en reliant les bornes de l'excitateur, d'une part à la terre, d'autre part à un long fil métallique vertical, parfaitement isolé à son extrémité, et qui porte le nom *d'antenne*.

L'ensemble de l'installation d'un poste transmetteur est dès lors le suivant (*fig. 86*).

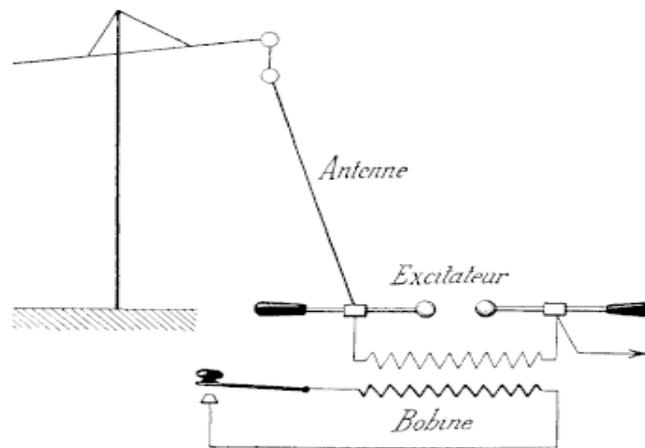


FIG. 86.

Le rôle de l'antenne est incertain. On sait seulement que l'antenne est nécessaire pour obtenir une transmission à distance, que la portée est d'autant plus grande que l'antenne est plus élevée. Celle-ci doit être à peu près verticale et en tout cas dans un plan perpendiculaire à la direction de propagation choisie. Elle peut être constituée par un fil métallique de diamètre quelconque. On augmente quelquefois sa capacité en la munissant à la partie supérieure de plaques métalliques; mais l'effet correspondant est peu sensible. La self-induction doit être la plus faible possible.

La communication avec la terre doit être *excellente*.

Telles sont, brièvement résumées, les constatations faites. Nous n'insisterons pas sur les explications données du rôle de l'antenne, aucune en l'état actuel n'étant satisfaisante (Tissot, Blondel, Broca, Blochman, Ferrié).

La distance la plus grande à laquelle il a été possible de communiquer *régulièrement* avec les ondes est de 118 kilomètres.

CHAPITRE IV

RÉCEPTEURS

Comme pour les transmetteurs nous distinguerons, dans l'étude des récepteurs, trois cas suivant que les émissions au départ sont faites à l'aide de courants continus, de courants alternatifs ou d'ondes hertziennes.

A. — RÉCEPTEURS POUR COURANTS CONTINUS

Ces récepteurs comportent essentiellement un organe de transformation d'énergie électrique en énergie mécanique — c'est-à-dire un électro-aimant — ou d'énergie électrique en énergie chimique — c'est-à-dire un électrolyte.

Nous allons étudier en détail chacune de ces solutions.

Toutefois l'examen des électro-aimants utilisés dans les télécommunications suppose la connaissance d'un certain nombre de principes généraux qu'il est bon de rappeler tout d'abord et que nous allons exposer aussi sommairement que possible.

§ 1. — Étude des électro-aimants

Notions générales. — Chaque fois qu'un courant électrique passe dans une bobine de fil conducteur isolé, possédant ou non un noyau de fer doux, cette bobine jouit des mêmes propriétés magnétiques qu'un aimant permanent ordinaire.

En particulier, elle acquiert la propriété d'attirer les corps dits magnétiques et présente deux centres d'attraction maximum vers ses extrémités, correspondant aux deux pôles de l'aimant. Pour un enroulement donné, la polarité de ces pôles dépend uniquement du sens du courant.

L'appareil ainsi formé porte le nom d'*électro-aimant*.

De même que pour un aimant, si l'on prend le fantôme magnétique d'un électro-aimant droit en plaçant au-dessus de lui une mince feuille de papier recouverte de limaille de fer, on observe que la limaille s'oriente et forme une série de courbes régulières allant d'un pôle à l'autre (*fig. 87*).

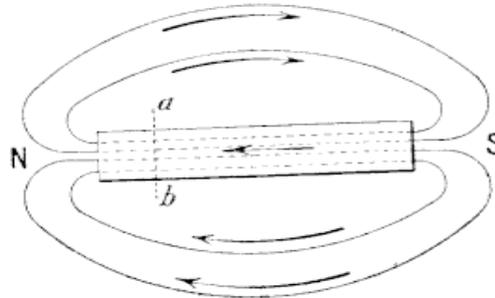


FIG. 87.

Les lignes ainsi rendues visibles à l'extérieur de l'électro-aimant sont en quelque sorte la représentation matérielle de la répartition des forces dans le champ; elles se ferment sur elles-mêmes à l'intérieur de l'électro et portent le nom de *lignes d'induction*.

L'ensemble de ces lignes d'induction constitue un *circuit magnétique*. Ce circuit est toujours fermé. Son intensité qui porte le nom de *flux d'induction*, est déterminée par le nombre des lignes d'induction qui traversent une section *ab* de l'électro-aimant, de même que l'intensité d'un courant électrique ou flux d'électricité est déterminée par la quantité d'électricité qui traverse une section du conducteur.

Il existe un parallélisme complet entre le circuit magnétique et le circuit électrique.

Alors que la production d'un courant est due à la présence d'une *force électromotrice*, la production d'un circuit magnétique est due à la présence d'une *force magnétomotrice*.

Alors que l'intensité d'un courant électrique dépend de la résistance des conducteurs qu'il parcourt, la valeur du flux d'induction dépend de la résistance magnétique ou *réductance* des milieux qu'il traverse.

Enfin, tandis que la relation :

$$\text{intensité} = \frac{\text{force électromotrice}}{\text{résistance}}$$

définit le régime d'un courant électrique continu, la relation :

$$\text{flux d'induction} = \frac{\text{force magnétomotrice}}{\text{réductance}}$$

définit le régime d'un circuit magnétique.

Il existe toutefois, en dépit de ces analogies apparentes, un certain nombre de différences fondamentales entre le circuit électrique et le circuit magnétique, sur lesquelles nous reviendrons après avoir étudié de plus près la force magnétomotrice et la réductance.

Force magnétomotrice. — La force magnétomotrice \mathcal{F} dans un électro-aimant a pour expression $1,25 NI$, où N est le nombre total des spires de fil isolé, I l'intensité du courant qui traverse les spires, et exprimée en ampères :

$$\mathcal{F} = 1,25 NI$$

La valeur du produit NI porte le nom d'ampères-tours. La force magnétomotrice se mesure donc pratiquement en ampères-tours.

Réductance. — La formule représentative de la réductance \mathcal{R} est la même que celle qui donne la résistance ohmique ordinaire R .

On a, en effet :

$$\mathcal{R} = \frac{l}{\mu S}$$

de même que l'on a :

$$R = \frac{l}{\gamma S}$$

l et S représentant la longueur et la section du conducteur.

Le coefficient μ porte le nom de *perméabilité* et correspond au coefficient γ de conductivité. Tous deux expriment la plus ou moins grande facilité avec laquelle le milieu se laisse traverser par le flux.

Mais à l'inverse de la conductivité qui est sensiblement constante, quelle que soit la force électromotrice et, par suite, l'intensité du courant qui parcourt le conducteur, la perméabilité varie avec la valeur du flux d'induction qui traverse le milieu.

Cette variation de la perméabilité entraîne une première complication considérable dans les phénomènes magnétiques.

En particulier, s'il s'agit d'un électro-aimant à noyau de fer, on constate que, par suite de la variation de la perméabilité du fer, on peut augmenter indéfiniment l'intensité du courant à partir d'une certaine limite sans produire aucun accroissement correspondant du flux d'induction : le flux d'induction ne peut plus dépasser une valeur déterminée : l'on dit alors que le fer est *saturé*.

Une seconde différence, non moins importante, entre la conductivité et la perméabilité est la suivante :

Au point de vue électrique, on trouve des corps de conductivités très différentes ; certains peuvent être considérés comme ayant une conductivité pratiquement nulle, alors que d'autres en possèdent une très élevée. On arrive donc aisément à isoler un conducteur.

Les perméabilités des corps sont au contraire assez voisines ; la moins élevée, celle de l'air, a encore une valeur notable par rapport à celle du fer, la plus élevée. En pratique, on ne peut donc pas réaliser d'isolement magnétique comparable aux isollements électriques, et l'étude du circuit magnétique offre les mêmes difficultés que celles d'un circuit électrique ayant des pertes considérables en divers points.

Différences entre le circuit électrique et le circuit magnétique. — On doit conclure de ce qui précède que si théoriquement la loi d'Ohm et la loi déterminant la valeur du flux d'induction sont semblables, leur application, en pratique, est loin d'être également aisée.

Une dernière différence fondamentale peut être relevée au moment de l'établissement ou de la cessation du flux, suivant qu'il s'agit du flux d'électricité ou du flux d'induction.

Alors que le flux d'électricité tend toujours à se disperser au maximum en profitant des chemins conducteurs qui lui sont offerts, le flux magnétique tend toujours au contraire à se raccourcir au maximum. En particulier, lorsque le flux d'induction disparaît par suite de la suppression de la force magnétomotrice, il semble que chacune des lignes d'induction qui le composent, se resserre sur elle-même, sans cesser d'être fermée, jusqu'à ce qu'elle se réduise, à la limite, à devenir un simple point. Tout se passe comme si les lignes d'induction étaient des bagues élastiques, tendues progressivement sous l'action de la force magnétomotrice et se ramassant sur elles-mêmes aussitôt que cette force cesse d'agir.

Cette notion de ce qu'on pourrait appeler le mécanisme magnétique, permet de prévoir dans un grand nombre de cas la marche des phénomènes.

Soit par exemple un électro-aimant en fer à cheval excité par le passage d'un courant d'intensité i . On constate que dans ce cas les lignes d'induction affectent la répartition représentée par la figure 88.

Supposons qu'on mette en regard des pôles de cet électro-aimant une pièce en fer doux mobile A et à laquelle on donne le nom d'*armature*. Le fer présentant une grande perméabilité, les lignes d'induction tendront à passer par le chemin conducteur qui leur est ainsi offert (*fig.* 89).

D'autre part, pour être aussi courtes que possible elles entraîneront cette armature en la rapprochant des pôles.

Enfin, en raison même de la grande diminution de la réluctance, dans le nouveau circuit ainsi formé, le flux d'induction

augmentera considérablement : le mouvement de l'armature ira en s'accéléralant.

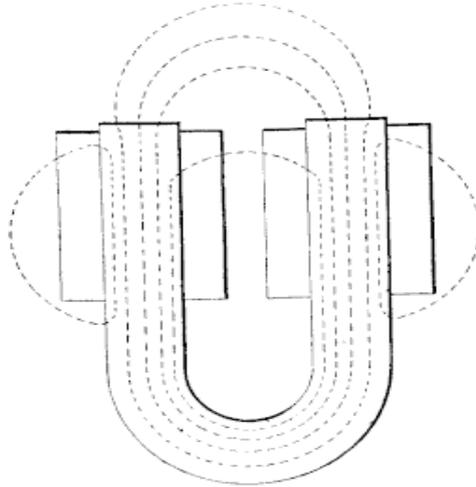


FIG. 88.

Une dernière observation importante résulte des considérations qui précèdent. Reprenons en effet la figure 88. Suppo-

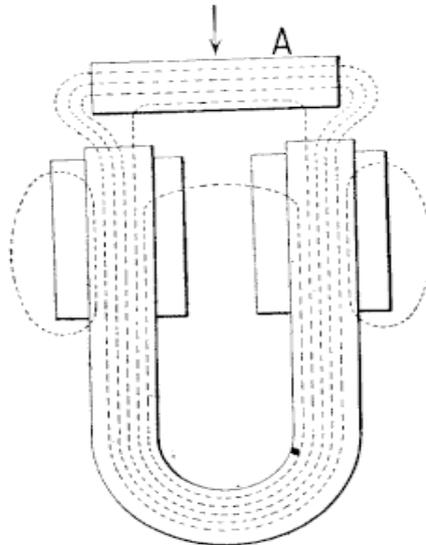


FIG. 89.

sons qu'on interrompe le courant d'excitation. Nous avons dit que chacune des lignes d'induction semble alors se resserrer sur elle-même indéfiniment.

Dans ce mouvement ces lignes coupent chacune les fils de la bobine d'excitation, y produisant des courants d'induction. Il en sera de même au moment où, faisant passer le courant, l'on provoque une nouvelle excitation de l'électro-aimant. On comprend donc que la self-induction d'un électro-aimant est toujours très élevée.

Hystérésis. — L'existence de cette self-induction pouvait se prévoir à priori.

La création du champ magnétique se fait, en effet, aux dépens de l'énergie électrique fournie par le courant. La suppression du même champ doit avoir pour corollaire la restitution — encore sous forme de courants — de l'énergie électrique dépensée en premier lieu. Toutefois, on constate que ces deux quantités d'énergie — énergie dépensée pour la création du champ, énergie restituée sous forme de courants, à la suppression du champ — ne sont pas égales : la première est supérieure à la seconde. Une partie en est dissipée sous forme d'échauffement des corps compris dans le circuit magnétique et n'est plus récupérable.

Ce phénomène connu sous le nom d'*hystérésis* est dû à un véritable frottement magnétique dans les diverses parties du circuit, de même que l'échauffement d'un conducteur traversé par un courant est dû à un véritable frottement électrique.

La loi qui régit l'hystérésis est en revanche assez complexe; nous nous abstenons de la donner, les effets d'hystérésis étant sensiblement négligeables dans les applications usuelles de télécommunication.

Ces principes généraux rappelés, nous pouvons étudier de plus près le fonctionnement des électro-aimants.

Nous examinerons deux cas suivant que l'excitation est faite par un courant continu ou par un courant alternatif.

Électro-aimant à courant continu. — En pratique un électro-aimant à courant continu servant aux télécommunications comporte les pièces suivantes :

- 1° Un ou plusieurs noyaux de fer doux ;
- 2° Une ou plusieurs bobines de fil enroulé autour de ce ou ces noyaux ;
- 3° Une partie mobile en fer doux placée en regard des pôles et qui porte le nom d'armature.

Lorsque l'électro comporte plusieurs noyaux, ces noyaux sont enfin réunis par une pièce de fer doux portant le nom de *culasse*.

Cette première indication donnée, examinons ce qui se passe lorsqu'on fait passer un courant continu dans un tel appareil. Au moment où l'on ferme le circuit, la création du champ magnétique produit une véritable force contre-électromotrice dans ce circuit : la bobine de l'électro présente une résistance apparente très élevée et l'intensité par suite met un certain temps avant d'atteindre sa valeur de régime.

On désigne sous le nom de *constante de temps* du circuit de l'électro-aimant, le temps que met le courant pour atteindre dans le circuit une fraction déterminée 0,634 de sa valeur finale. Cette constante a pour expression $\frac{L}{R}$ où L est le coefficient de self-induction du circuit, R la résistance ohmique.

Dans la pratique des télécommunications, la self-induction de la ligne étant négligeable, L n'est autre que la self-induction de l'électro-aimant.

Exemple : supposons que la pile de transmission ait une force électromotrice de 15 volts, que le circuit soit composé d'une ligne ayant une résistance de 500 ohms, et d'un récepteur Morse ayant lui aussi une résistance de 500 ohms. L'intensité finale du courant est de 0,015 ampère. La self-induction d'une bobine de Morse dont l'armature est au repos est de 6 henrys environ. Le courant atteindra la valeur $0,015 \times 0,625 = 0,009$ ampère au bout d'un temps égal à un six millième de seconde.

La self-induction d'un électro Hughes étant de 29 henrys, ce temps devient 0,029 seconde dans le cas où, toutes choses égales d'ailleurs, on substitue le Hughes au Morse.

Sans que nous puissions entrer ici dans une discussion

complète des éléments qui influent sur la constante de temps, on remarquera que le coefficient L de self-induction devient beaucoup plus élevé lorsque l'armature de l'électro-aimant vient au contact des noyaux. En particulier pour un électro-Morse, ce coefficient passe de 6 henrys à 11 henrys environ. Il y a donc toujours intérêt à limiter par une butée la course de l'armature.

Lorsque le courant a atteint sa valeur finale i et si le noyau de l'électro n'a pas atteint lui-même la saturation, on constate que le flux d'induction continue à augmenter quelque temps, et ceci bien que la force magnétomotrice demeure constante. Ce phénomène est connu sous le nom d'*aimantation progressive*.

Inversement, lorsqu'on supprime le courant, on constate que le flux d'induction ne devient pas nul, mais conserve une certaine valeur d'autant plus élevée que le circuit magnétique a une moindre réluctance. C'est le phénomène autrefois désigné sous le nom de *magnétisme rémanent*.

L'action de ce magnétisme rémanent est particulièrement nuisible toutes les fois que l'on demande à l'électro-aimant un fonctionnement très rapide. Aussi s'efforce-t-on, dans les appareils destinés aux télécommunications, de la réduire au maximum. Nous venons de voir qu'on pouvait y parvenir en augmentant dans une certaine mesure la réluctance, soit en séparant la culasse de l'électro en deux parties (*fig. 90*), soit

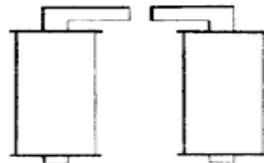


FIG. 90.

en interposant entre les noyaux et la culasse une substance non magnétique, par exemple une lame de clinquant (Héquet).

L'emploi d'une butée de contact pour l'armature aide encore au même résultat. A défaut de butée, on se contente parfois aussi de recouvrir les extrémités des noyaux avec une feuille de papier.

Une dernière particularité très importante doit encore être notée. Au moment où l'on ouvre le circuit d'un électro-aimant excité par un courant, il se produit toujours au point de rupture une violente étincelle.

Cet effet est aisément explicable. On a vu, en effet, qu'au moment où l'on excite l'électro-aimant, on dépense une certaine quantité d'énergie électrique pour créer le champ magnétique. Cette quantité ainsi emmagasinée est précisément celle qui aurait été transportée par le courant circulant à son intensité normale pendant un temps égal à la constante de temps. Le champ magnétique disparaissant, cette énergie est brusquement restituée.

L'étincelle produite dégrade très rapidement les contacts. Pour obvier à cet inconvénient, on a l'habitude de munir ceux-ci de platine ou d'argent, mais cette précaution ne suffit pas dans la plupart des cas.

Il existe un grand nombre de méthodes pour supprimer les étincelles à la rupture. Certaines, purement mécaniques, ne sont en usage que lorsqu'on emploie de très forts électro-aimants : ce sont notamment le soufflage de l'étincelle par un courant d'air, l'éloignement très rapide des extrémités du circuit par un interrupteur mécanique ou encore la production de la rupture dans l'eau ou l'alcool.

Les méthodes électriques sont en revanche très fréquemment employées dans les télécommunications.

La plus efficace consiste à mettre l'électro-aimant en court circuit au lieu de rompre le circuit (*fig. 91*).

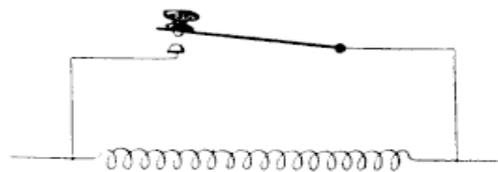


FIG. 91.

On peut aussi mettre un condensateur de capacité convenable en dérivation sur les points de rupture. D'une manière générale, en effet, on constate que lorsqu'un condensateur est

placé en dérivation sur un conducteur, les courants de charge et de décharge agissent toujours en sens inverse des courants produits par la force électromotrice de self-induction du conducteur. On peut même calculer la capacité du condensateur de manière à annuler entièrement les effets de la self-induction.

Une autre méthode encore très en usage consiste à revêtir soit la bobine de l'électro, soit les fils eux-mêmes d'une feuille de cuivre. Il est clair que l'énergie restituée est absorbée en partie par la production de courants induits dans ces revêtements de cuivre, l'étincelle en est diminuée d'autant.

Un dernier procédé enfin consiste à bobiner l'électro-aimant à l'aide d'une série de fils de grosseurs différentes montés en parallèles (*fig. 92*). L'ensemble se comporte normalement

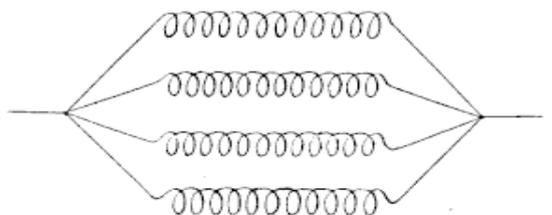


FIG. 92.

comme un seul fil ayant une section égale à la somme des diverses sections des fils ainsi accouplés : mais à la décharge, l'extra-courant s'écoule successivement de ces différents enroulements. La décharge est étalée et l'étincelle beaucoup moins forte.

Quelle que soit la méthode et en tout état de cause, le fait qu'il se produit dans un électro-aimant des forces électromotrices de self-induction extrêmement élevées, entraîne nécessairement l'obligation de recourir à d'excellents isolants pour le revêtement des fils et au besoin à la séparation des diverses couches de fil.

Formes d'électro-aimant usitées dans les télécommunications. — Les principales formes d'électro-aimant à cou-

rant continu usitées dans les télécommunications se réduisent à trois : la forme droite (*fig. 93*), la forme en fer à cheval (*fig. 94*) et la forme tubulaire (*fig. 95*).

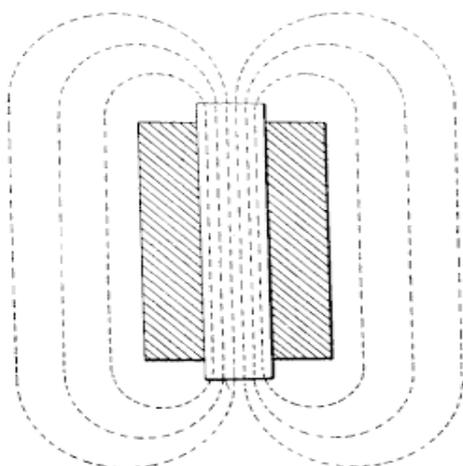


FIG. 93.

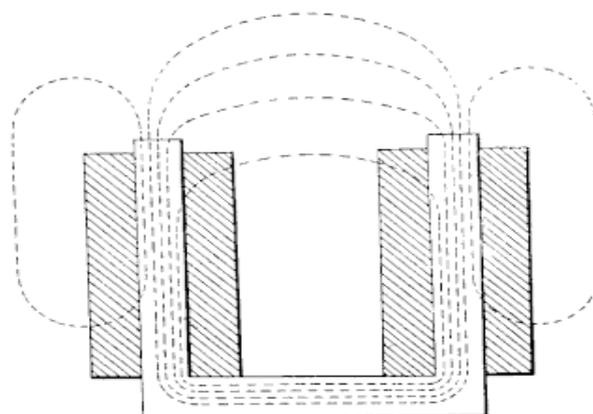


FIG. 94.

La forme en fer à cheval très usitée présente d'ailleurs d'assez nombreuses variantes dont les deux plus usuelles en

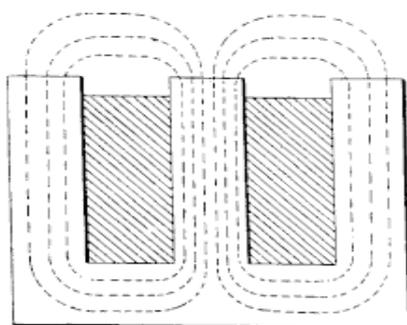


FIG. 95.

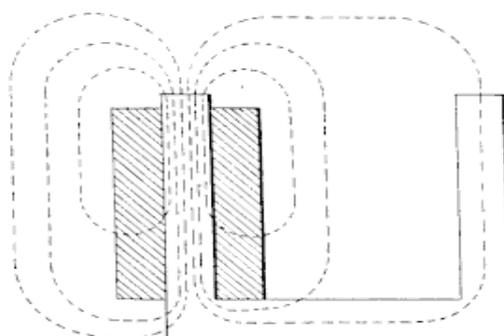


FIG. 96.

France sont l'électro-aimant dit boiteux (*fig. 96*) et le fer à cheval d'Arlincourt ou à épanouissement (*fig. 97*).

L'aspect du circuit magnétique dans chacun de ces types permet de se rendre compte *a priori* des avantages relatifs qu'ils comportent.

En particulier, on peut voir que l'électro-boîteux, bien que très en faveur en France, est caractérisé par un flux étalé et par suite, pour une même dépense d'énergie électrique, produit des actions magnétiques moins facile à utiliser.

La forme dite à épanouissement, caractérisée par deux petits épanouissements du fer en avant des bobines, donne également lieu à une remarque intéressante. Nous avons dit que plus la réluctance du circuit magnétique était faible, plus

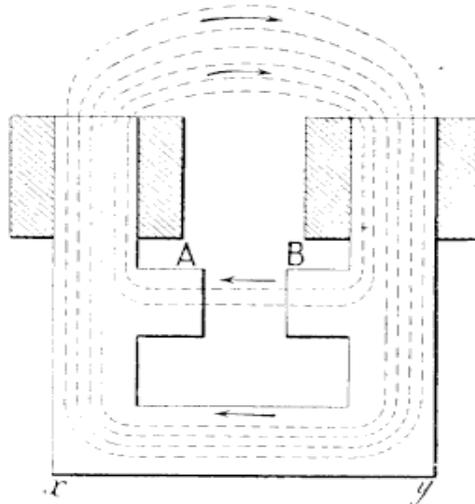


FIG. 97.

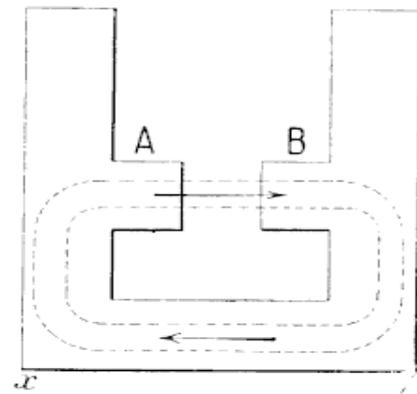


FIG. 98.

l'aimantation rémanente était considérable. Il en résulte qu'au moment où l'on cesse d'exciter un électro d'Arincourt, la partie xy perdra plus lentement son aimantation que la partie AB où existe un entrefer. A un moment donné le flux d'induction deviendra donc celui de la figure 98.

Le sens des lignes d'induction traversant $A B$ sera renversé. Les polarités initiales des pièces A et B paraîtront s'inverser.

Noyaux. — Quelle que soit la forme de l'électro-aimant, on doit employer pour les noyaux du fer très doux, moins sujet que l'acier aux phénomènes de rémanence.

Lorsque les électro-aimants doivent être soumis à des varia-

tions rapides, il y a de plus intérêt à diviser ce fer, soit en utilisant un noyau feuilleté, soit, si le noyau est de forme tubulaire, en y pratiquant une section longitudinale.

D'autre part, la force magnétomotrice est proportionnelle aux ampères-tours; l'intensité des courants usités dans les télécommunications étant toujours très faible, cette force magnétomotrice est donc elle-même très faible. On a constaté que dans ce cas la section des noyaux n'a pas d'influence sur la valeur du flux; aussi emploie-t-on assez fréquemment des noyaux creux.

La valeur du flux magnétique engendré par une force magnétomotrice donnée est enfin sensiblement indépendante de la forme de la section du noyau pour les électros en fer à cheval; elle est au contraire à peu près proportionnelle à la surface de cette section pour les aimants droits.

Bobinage. — La force magnétomotrice étant proportionnelle aux ampères-tours, il est à priori indifférent de bobiner l'électro avec un petit nombre de tours de gros fil parcourus par un courant intense ou avec un grand nombre de tours de fil fin parcourus par un courant faible. Il suffira que, dans chacun des cas, le produit NI qui représente les ampères-tours demeure le même.

Dans les télécommunications toutefois, les courants employés sont toujours de très faible intensité. Les électros correspondants sont donc nécessairement à fil fin et à grand nombre de tours.

L'enroulement des bobines doit être réparti autant que possible uniformément le long des noyaux et, en tout cas, symétriquement par rapport à la ligne neutre. On a pu constater plus haut que l'électro boiteux qui n'obéit pas à cette règle donne, en effet, des résultats inférieurs à un électro droit ou en fer à cheval normalement enroulé.

Enfin, il est d'usage d'admettre que pour obtenir le maximum d'effet, il convient de donner aux bobines une résistance sensiblement égale à la résistance du reste du circuit.

Cette règle, exacte seulement si l'on avait affaire à une excitation par des courants demeurant constants, est toujours erronée dans les applications de télécommunication, où en réalité le courant reste le plus souvent dans la période variable.

On peut dire simplement que, d'une manière générale, un électro placé à l'extrémité d'une ligne résistante doit être résistant, que placé à l'extrémité d'une ligne peu résistante il doit être peu résistant.

La règle théorique véritable serait la suivante :

Soit t le temps dans lequel on veut transmettre le signal, soit L le coefficient de self-induction de l'électro-aimant, R la résistance ohmique du circuit, non compris l'électro-aimant, R_1 celle de l'électro-aimant, le maximum d'effet sera obtenu si on a la relation :

$$R = \frac{R_1 \times e^{\frac{R_1}{L} t}}{e^{\frac{R_1}{L} t} - 1}.$$

Actions de l'électro-aimant à courant continu. — Les électro-aimants à courant continu sont susceptibles de produire deux effets fondamentaux également utilisés : des effets de traction et des effets d'attraction. Dans certains cas spéciaux, ils peuvent produire des effets de répulsion. Enfin, ils peuvent produire des effets mécaniques sur les molécules matérielles, effets de nature à modifier l'orientation des vibrations lumineuses. Tous ces effets ont lieu, quel que soit le sens du courant.

1. — Effets de traction

Soit β le nombre de lignes d'induction par unité de surface traversant la section de l'électro-aimant (ce nombre s'obtient en divisant le nombre total des lignes d'induction passant à travers la section S par la valeur de cette section et porte le nom *d'induction*).

La force portante d'un électro-aimant exprimée en grammes

est proportionnelle au carré de l'induction et donnée par la relation :

$$F = \frac{32S}{8\pi \times 981}$$

Cette force portante peut être considérable. On admet comme règle pratique qu'elle ne doit pas dépasser 10 kilogrammes par centimètre carré de section.

On voit qu'il n'est nullement question dans cette loi du poids de l'électro-aimant, mais seulement de sa *section*. Un électro-aimant peut donc porter plusieurs fois son propre poids. Il n'est pas rare de réaliser des électros portant 300 fois leurs poids; on a pu même en construire de très légers qui le portaient 2 500 fois.

Des diverses formes d'électro-aimants, la forme cuirassée étant celle qui donne lieu à la moindre réluctance, doit à priori être la plus favorable lorsqu'on veut produire des effets de traction. C'est ce que l'expérience confirme.

Les effets de traction ne sont pas utilisés actuellement dans les télécommunications. Ils peuvent être pourtant une ressource précieuse, notamment pour provoquer électriquement des embrayages.

II. — Effets d'attraction

On admet d'une manière générale que l'attraction exercée à distance par un électro-aimant sur une armature est en raison inverse du carré de la distance. C'est encore une loi théorique établie en supposant que les pôles de l'électro-aimant se réduisent à des points et inapplicable dans la pratique.

Supposons en effet, qu'une armature placée au-dessous d'un électro-aimant ne soit soumise qu'à l'action de la pesanteur. Soit i l'intensité juste suffisante pour donner à l'électro-aimant l'aimantation qui équilibre exactement l'armature et provoque un léger soulèvement de celle-ci.

A partir de cet instant et sans qu'il soit besoin d'augmenter la valeur de i , l'armature continuera son mouvement en l'accé-

lérant. En effet, dès le début de l'attraction, il se produit une diminution de la réluctance du circuit magnétique et le flux d'induction augmentant, l'attraction augmente.

La diminution de la réluctance du circuit intervient donc dans le phénomène, autant que la diminution de la distance ; l'on voit en outre, qu'en fin de compte, pour un courant d'intensité i donnée, l'action sur l'armature sera éminemment variable.

On s'efforce de régulariser le mouvement des armatures par divers procédés. Le plus usuel consiste à retenir l'armature par un ressort qui se tend progressivement à mesure qu'elle est attirée. Comme, d'autre part, il importe de maintenir, au repos, cette armature à une distance telle que l'attraction puisse s'exercer sur elle, on voit que dans ce cas, le type courant comportera un ressort et deux vis butoirs (*fig. 99*).

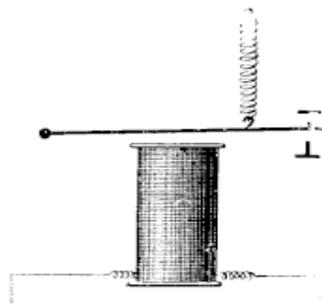


FIG. 99.

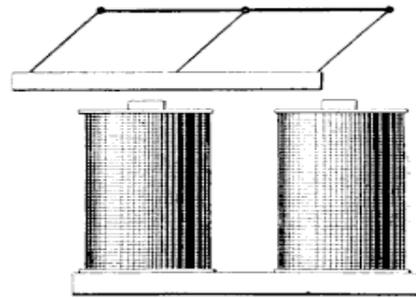


FIG. 100.

Une seconde méthode très ingénieuse imaginée par Froment consiste à substituer à l'attraction, un mouvement de glissement le long des pôles de l'électro (*fig. 100*). On peut alors calculer les dimensions de la pièce mobile de telle sorte qu'elle subisse toujours un effort constant et se déplace par suite, avec une vitesse constante (Guénée). De plus le dispositif Froment permet d'obtenir de longs déplacements (ce qui n'est pas possible avec la forme de la figure 99), l'attraction de l'électro-aimant cessant à une très faible distance d'avoir une valeur appréciable.

On fait aussi un grand usage de *bobines à plongeurs*. L'armature est alors un long noyau de fer qui pénètre à l'intérieur de l'électro-aimant et tend à se placer au milieu de la bobine. On démontre que, dans ce cas, la force d'attraction varie peu avec le déplacement de l'armature. On peut même arriver à annuler sensiblement cette variation en donnant au plongeur une forme conique convenablement calculée.

Remarque. — Le mouvement d'attraction de l'armature qui est un mouvement de va-et-vient, peut être également transformé en mouvement de rotation : par exemple on fera commander un échappement par l'armature. On peut même donner directement à l'armature elle-même ce mouvement de rotation. Il suffit pour cela de la monter sur un pivot placé entre les deux pôles PP' comme l'indique la figure 101.

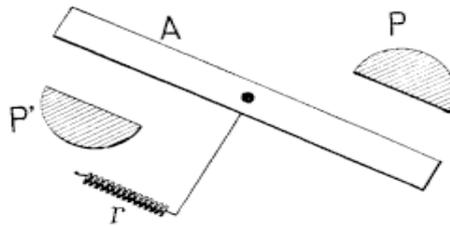


FIG. 101.

III. — Effets de répulsion

Dans certains cas spéciaux, on peut obtenir d'un électro-aimant des effets de répulsion. C'est ainsi qu'un disque de tôle très mince, placé sur un épanouissement polaire de surface supérieure à celle du disque, est violemment repoussé.

Ces cas ne sont qu'en apparence contraires aux lois fondamentales qui régissent les électro-aimants. Ils constituent d'ailleurs une curiosité scientifique restée jusqu'à ce jour sans application.

IV. — Actions mécaniques sur les molécules matérielles. Polarisation magnétique

Un faisceau lumineux qui a traversé un nicol jouit de propriétés particulières et est dit polarisé. En particulier si l'on

interpose sur le parcours de ce faisceau un deuxième nicol, orienté à angle droit par rapport au précédent, ce faisceau est complètement éteint.

Supposons que l'expérience étant ainsi établie (*fig. 102*) on interpose sur le parcours du faisceau polarisé un corps transparent, une lame de flint par exemple et que l'on soumette cette lame à l'action d'un champ magnétique en excitant dans le voisinage un électro-aimant : le faisceau primitivement éteint par le second nicol réapparaît au-delà de celui-ci.

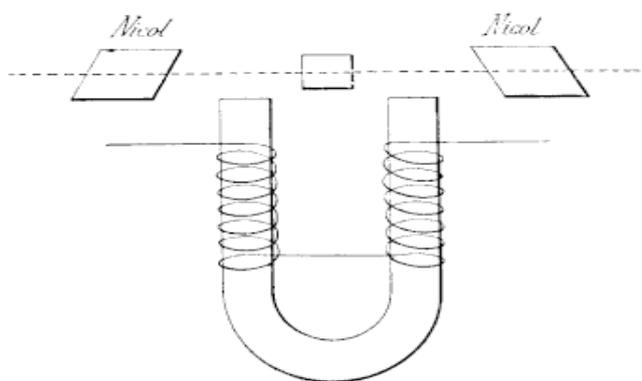


FIG. 102.

Il est nécessaire de tourner le deuxième nicol d'un angle α pour obtenir de nouveau l'extinction. Cet angle α est d'ailleurs proportionnel à l'intensité du champ et le sens de la rotation à donner au nicol dépend du sens du champ.

Ce phénomène important porte le nom de *polarisation magnétique*. Le mécanisme du phénomène est encore assez obscur ; il convient toutefois de retenir cet effet des champs qui constitue une ressource précieuse au point de vue des télécommunications.

Électro-aimant polarisé. — Un électro-aimant ordinaire agit toujours de la même manière sur une armature en fer doux, *quel que soit le sens du courant qui l'excite*.

Si, par contre, l'armature ou bien encore les noyaux de l'électro-aimant sont constitués par un aimant permanent, le

sens et la grandeur des actions sur l'armature dépendent essentiellement de la polarité de l'électro-aimant et, par suite, du sens du courant.

Les électro-aimants de cette sorte sont dits *polarisés*. Leur emploi est très fréquent. Ces appareils, en effet, agissant différemment suivant le sens du courant, constituent de véritables mécanismes à double action, ce qui est une ressource précieuse. Ils sont également plus sensibles : on démontre en effet, que la force portante d'un aimant polarisé est proportionnelle non plus seulement à la variation du flux d'induction produite par le passage du courant, mais au produit de cette variation par la valeur du flux initial dû à l'aimant permanent.

Un électro-aimant polarisé comporte :

- 1° Un électro ordinaire ;
- 2° Un aimant permanent ;
- 3° Une armature.

On peut dès lors diviser en quatre classes les électro-aimants polarisés suivant la position relative de ces éléments : elles sont caractérisées comme il suit :

1° *Un électro-aimant monté sur un aimant permanent ; une armature en fer doux.*

EXEMPLE. — L'électro-aimant Hughes (*fig. 103*). Au repos l'attraction de l'aimant permanent sur l'armature *m* surmonte la tension du ressort *r*. L'armature reste collée. Suivant qu'un courant positif ou négatif traverse l'électro, il développe dans les noyaux une polarité de même

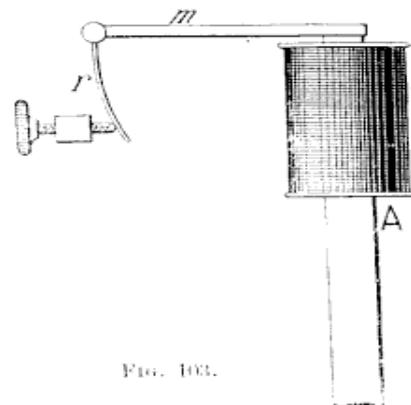


FIG. 103.

sens que celle due à l'aimant permanent ou de sens inverse. Dans le premier cas, la position de l'armature est confirmée ; dans le second cas, l'armature cède à l'action du ressort.

On remarquera que le travail de l'armature étant effectué sous l'action du ressort, un très faible courant peut

commander la production d'un travail mécanique considérable. En revanche, il est nécessaire de ramener par un moyen quelconque l'armature au repos.

2° Un électro-aimant ; une armature polarisée par l'aimant permanent.

Ce type, de beaucoup le plus usité, affecte un très grand nombre de formes.

Exemples : l'électro-aimant Baudot, l'électro-aimant Wheatstone, le rappel par inversion de courant.

Dans l'électro-aimant Baudot (*fig. 104*), l'armature A est supportée par un axe pivotant sur deux points insérés dans un aimant permanent M.

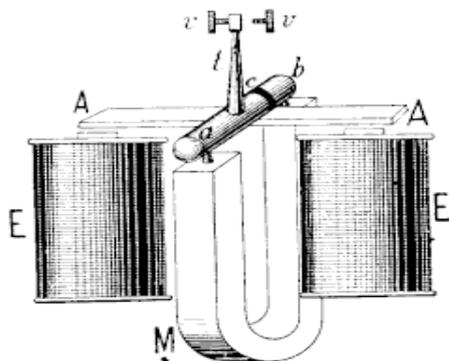


FIG. 104.

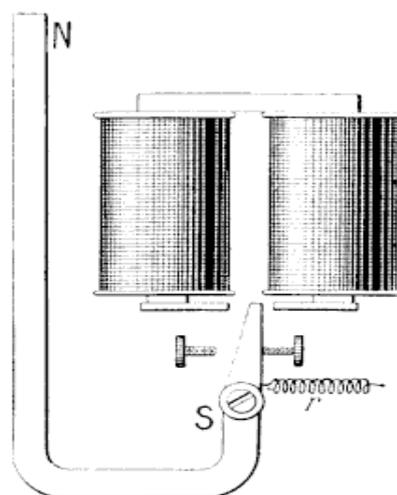


FIG. 105.

L'axe étant coupé en *c* par une section de métal non magnétique, l'armature participe à la seule aimantation de la partie *a*.

Suivant le sens du courant, elle est attirée par un noyau ou l'autre et bascule dans un sens ou l'autre. Dès que le courant cesse, elle reste dans sa position, car elle attire le noyau le plus voisin grâce à son aimantation.

Dans l'électro Wheatstone, les bobines de l'électro-aimant sont séparées et l'armature, montée sur l'aimant, a deux épaississements de polarités différentes oscillant chacun entre

deux des pôles de ces bobines. Le fonctionnement est identique à celui de l'électro-aimant Baudot.

Le fonctionnement du rappel par inversion, beaucoup plus simple de construction (*fig. 105*) s'explique enfin de lui-même.

3° *Un aimant permanent ; une armature servant de noyau à l'électro-aimant.*

Cette combinaison employée par Meyer (*fig. 106*) est à priori peu heureuse puisque, d'une part, la mobilité de l'armature est diminuée et, d'autre part, les liaisons de l'électro-aimant au circuit sont difficiles à établir. Nous nous contenterons donc de la mentionner.

4° *Un électro-aimant polarisé par un aimant permanent ; une armature également polarisée par un aimant permanent.*

Un tel agencement préconisé par Siemens permet, à l'inverse des précédents, de réaliser des rappels automatiques de l'armature à sa position de repos.

Soient, en effet, N et N' les extrémités de l'électro-aimant polarisées par l'aimant, S l'armature également polarisée. Nous admettrons par exemple que N et N' aient normalement une polarité nord, S une polarité sud. Soient, en outre, v et v' les vis butoirs de l'armature.

Supposons en premier lieu que ces vis soient situées symétriquement par rapport à l'axe OO' (*fig. 107*).

Initialement l'armature S attirée également par N et N' reste en équilibre instable suivant OO' .

Si un courant passe dans l'électro-aimant, tel qu'il affaiblisse N' et augmente N , l'armature sera projetée sur v . Le courant cessant, cette armature reste attirée par N plus proche d'elle que N' et conserve sa position.

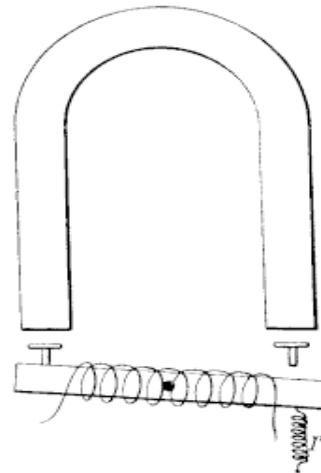


FIG. 106.

Un courant de sens inverse projetterait l'armature sur v' , etc... C'est un fonctionnement identique à celui de tous les électros polarisés que nous venons de passer en revue.

Supposons, au contraire, que les deux butées soient d'un même côté de l'axe OO' , à gauche par exemple (*fig.* 108).

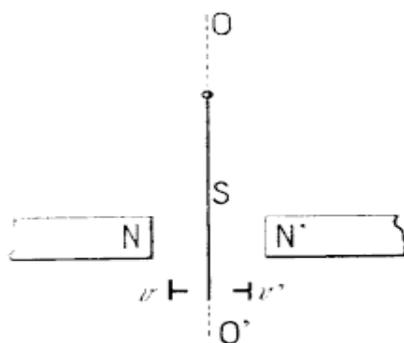


FIG. 107.

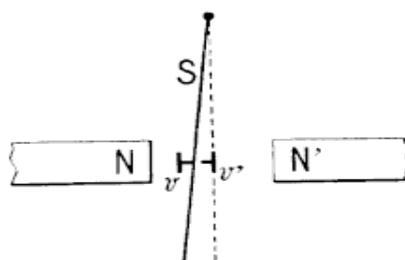


FIG. 108.

A l'état de repos, l'armature S, étant plus proche de N que de N' , sera attirée par N et projetée sur v . Un courant qui renforce N' et diminue N, la projettera au contraire sur v' : dès qu'il cesse, l'armature revient en v , rappelée comme par un ressort.

On verrait de même qu'en plaçant les butées à droite de l'axe oo' , on obtiendrait un fonctionnement inverse.

Remarque I. — Un électro d'Arincourt, muni d'une armature polarisée, jouira des mêmes propriétés que le dispositif ci-dessus.

Nous avons vu, en effet, que les épanouissements de cet électro prennent une polarité déterminée au moment de la cessation du courant et la gardent un instant après cette cessation. Tout se passe donc alors comme si l'électro-aimant lui-même était aussi polarisé.

Remarque II. — Au cours du fonctionnement on envoie toujours dans les bobines d'un électro-aimant polarisé des courants de nature à affaiblir soit l'aimantation des noyaux, soit celle de l'armature. Les aimants permanents servant à pola-

riser ces pièces ont donc une tendance à se désaimanter assez rapidement et la sensibilité de l'électro varie en conséquence.

On s'efforce d'atténuer cet inconvénient en donnant aux courants une durée aussi courte que possible et aux aimants une grande masse. A défaut de place, on se contente de rendre l'aimant très facilement démontable et de le réaimanter de temps à autre (matériel téléphonique).

Combinaisons d'électro-aimants polarisés et ordinaires.

— On voit qu'en résumé un électro ordinaire fonctionne sous l'action de tous les courants : son armature doit toujours être rappelée mécaniquement au repos. Avec un électro polarisé, au contraire, on ne fait fonctionner l'armature que sous l'action d'un courant de sens déterminé : en outre, suivant le cas, l'armature reste à la position prise tant qu'un courant de sens inverse n'a pas circulé dans l'électro, ou bien encore est rappelée brusquement à sa position de repos dès que le courant cesse de passer.

Il est dès lors possible, en embrochant sur un circuit deux électros, l'un ordinaire, l'autre polarisé, de réaliser un grand nombre de combinaisons. Les plus usuelles sont l'*enclenchement* et la *commutation sur réception*.

Le dispositif d'enclenchement est le suivant (*fig. 109*).

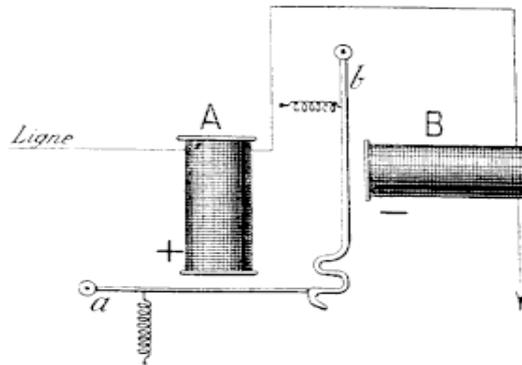


FIG. 109.

Deux électros polarisés obéissant l'un à un courant positif, l'autre à un courant négatif, ont leurs armatures placées à

angle droit. Lorsque le premier de ces électros fonctionne sous l'action d'un courant, positif par exemple, son armature *a* est attirée et vient s'engager dans une serrure portée par la seconde armature *b*. A partir de ce moment, cette armature *a* ne peut plus être dégagée que si l'on fait fonctionner l'électro B en envoyant un courant négatif.

Le dispositif de commutation sur réception a pour but de mettre automatiquement un poste sur réception dès qu'on cesse de lui envoyer des courants soit positifs, soit négatifs.

Il comporte deux électros polarisés, A et B, fonctionnant l'un sous l'action des courants +, l'autre sous l'action de courants — et un électro ordinaire C fonctionnant sous l'action de tous les courants.

Le schéma ci-dessous montre (*fig. 110*) que, tant qu'on envoie des courants sur la ligne, l'électro C fonctionne; le déplace-

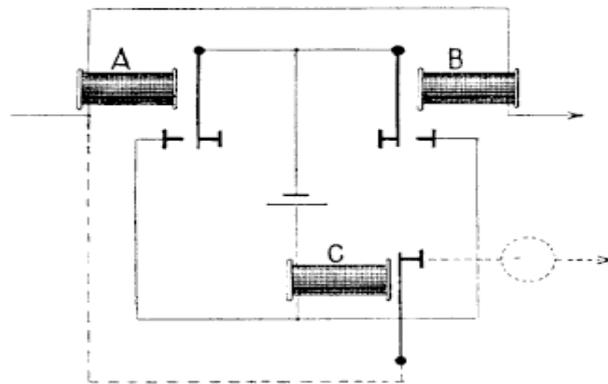


FIG. 110.

ment de son armature peut être dès lors utilisé pour supprimer pendant la transmission, la communication de la ligne avec un poste de réception. Nous en verrons, en particulier, un exemple dans l'étude des relais.

Électro-aimant à courant alternatif. — Les électro-aimants à courant alternatif ne diffèrent pas, comme principe de construction, des électros à courant continu.

En revanche, les effets mécaniques qu'ils sont susceptibles de produire sont entièrement différents des précédents. Les électro-aimants à courant alternatif agissent, en effet, sur les corps conducteurs non magnétiques.

Ce phénomène est dû à l'action réciproque des courants excitant l'électro-aimant et des courants induits dans le corps conducteur mis en regard. On peut se faire de la manière suivante une idée de l'origine du phénomène.

On sait que les corps conducteurs parcourus par des courants de même sens s'attirent et que ceux parcourus par des courants de sens contraire se repoussent.

Soit A la courbe représentative du courant alternatif parcourant un fil conducteur (*fig. 111*).

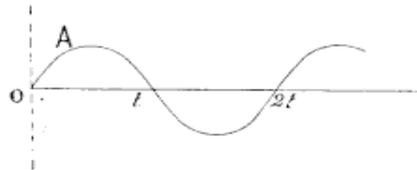


FIG. 111.

Imaginons que dans un second conducteur circule un courant alternatif passant par les mêmes séries de valeurs que le précédent mais avec un certain retard dû par exemple à la constante de temps de ce conducteur.

Ce second courant sera donc représenté par une courbe identique à A, décalée d'une certaine quantité vers la droite, quantité qui représente précisément le retard précité ou *différence de phase*.

Examinons les cas qui se produisent suivant que cette différence de phase est égale à un quart de période (*fig. 112*) à une demi-période (*fig. 113*) ou à une période entière (*fig. 114*).

Dans le premier cas, on voit que pendant la première moitié de la période les deux courants sont de même sens, pendant l'autre moitié de sens contraire. Ils se repoussent et s'attirent

alternativement avec une très grande rapidité. Le résultat moyen est une action nulle.

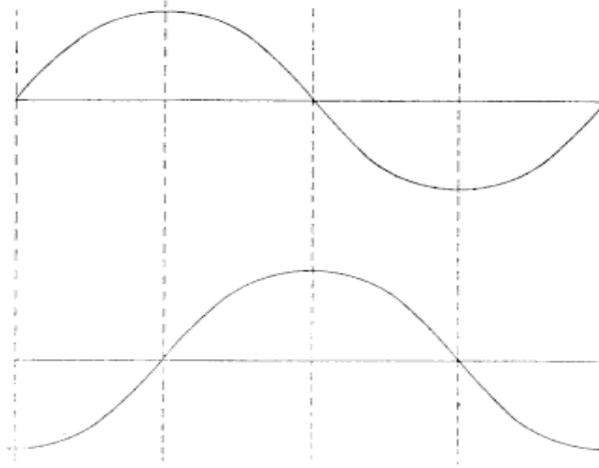


FIG. 112.

Dans le second cas, on voit que les deux courants sont toujours de sens contraires. Les conducteurs se repoussent constamment.

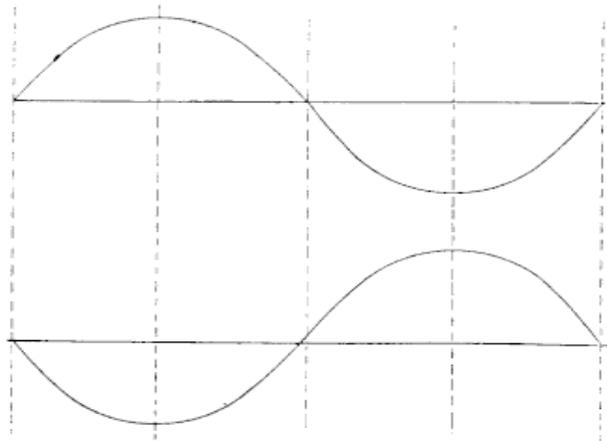


FIG. 113.

Dans le dernier cas, les deux courants sont enfin toujours de même sens et s'attirent : il y aura attraction des conducteurs.

Cette rapide analyse montre que, suivant la valeur du retard de phase, un conducteur placé en regard d'un autre peut être attiré, repoussé, ou immobile.

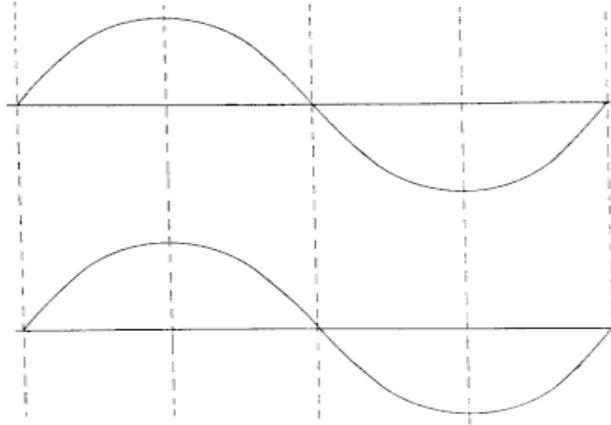


FIG. 114.

La différence de phase entre les courants parcourant un électro-aimant à courant alternatif et un conducteur placé en regard est l'origine de leurs actions réciproques.

On constate ainsi qu'un anneau de cuivre placé en regard d'un électro-aimant droit à courant alternatif est violemment

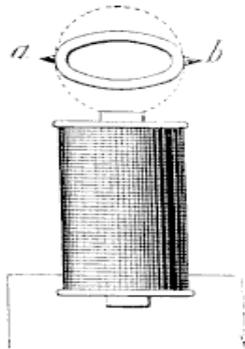


FIG. 115.

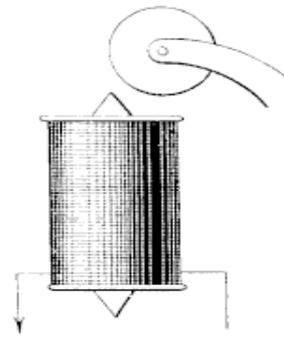


FIG. 116.

repoussé en même temps qu'il s'échauffe très rapidement; que, s'il est monté sur un pivot *a b*, cet anneau tend à prendre une position normale à la face polaire (*fig. 115*); qu'un disque de cuivre monté dissymétriquement par rapport au pôle de l'électro se met à tourner d'une manière continue (*fig. 116*), etc...

Ces effets des électro-aimants à courant alternatif, découverts par Elihu Thomson n'ont pas encore été appliqués dans les télécommunications. Il était important toutefois de les signaler, car on ne doit pas oublier qu'ils interviennent dans la plupart des phénomènes téléphoniques. Malheureusement l'étude du récepteur téléphonique à ce point de vue n'a pas encore été abordée.

§ 2. — Utilisation des électro-aimants comme récepteurs pour courant continu

Connaissant les lois générales qui régissent les électro-aimants, il nous reste à passer en revue leur utilisation comme récepteurs.

Il est bien entendu que, dans cette utilisation, le mécanisme fondamental de l'électro-aimant ne change pas. Ce qui varie est uniquement le procédé de transformation du mouvement élémentaire initial, attraction de l'armature, etc...

Dans les télécommunications à courant continu, cette transformation a pour objet de traduire l'action du courant sous forme soit d'un signal fugitif, soit d'un signal permanent conventionnel, soit d'un signal permanent imprimé.

α. — Production de signaux fugitifs

Les signaux fugitifs auxquels on a recours sont soit des signaux audibles soit des signaux lumineux.

Production de signal visible. — Les signaux visibles en usage comportent tantôt l'apparition d'un voyant, tantôt le déplacement d'une aiguille sur un cadran.

Les appareils provoquant l'apparition d'un voyant sont extrêmement répandus. Ils portent le nom d'indicateurs, d'annonceurs, et parfois de *signaux visibles* ce qui est une dénomination peu heureuse. Tous peuvent, quand on fait

usage d'électros polarisés, ne répondre qu'à un seul sens du courant continu.

L'un des premiers indicateurs, qui est encore fréquemment en usage dans la télégraphie française, se compose d'une aiguille aimantée (*fig. 117*) portant sur chacune de ses extrémités un voyant et supportée par un pivot en regard d'une bobine d'électro-aimant.

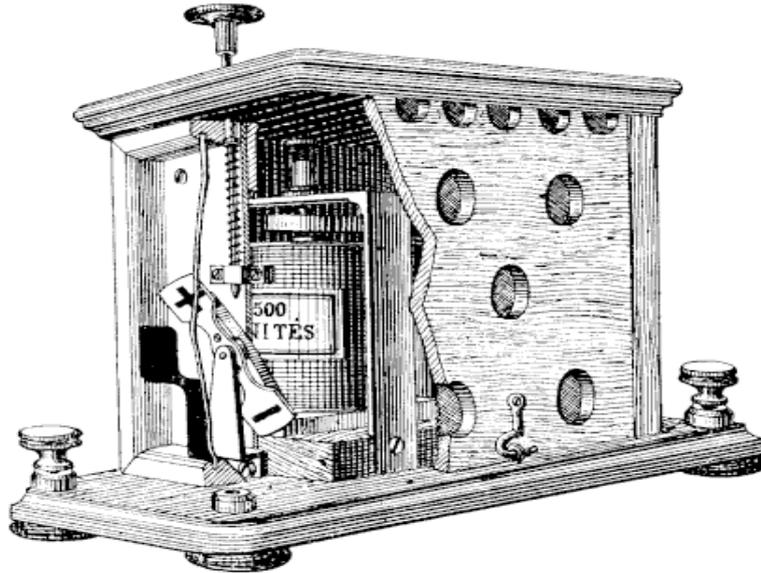


FIG. 117.

Quand un courant passe dans l'électro, l'aimant tend à s'orienter verticalement et, suivant le sens du courant dans l'électro, l'un ou l'autre des voyants apparaît derrière une fenêtre (Sambourg). L'aimant est ramené au repos par un doigt manœuvré à la main.

A cet appareil volumineux et d'une construction compliquée ainsi qu'aux nombreux indicateurs télégraphiques, il convient de préférer désormais les dispositifs d'*annonceurs* proprement dits.

Les types d'annonceurs sont très variés, mais tous identiques dans leur principe : nous ne décrivons que celui actuel-

lement usité dans l'administration française (*fig. 118*).

Il comporte un électro-aimant A. L'une des culasses B porte un prolongement latéral en fer doux sur lequel est articulé, avec l'aide d'un ressort plat ϵ , l'armature D. Deux petites goupilles en cuivre placées sur la culasse E empêchent l'armature de venir tout à fait au contact avec cette culasse, lorsque l'électro fonctionne.

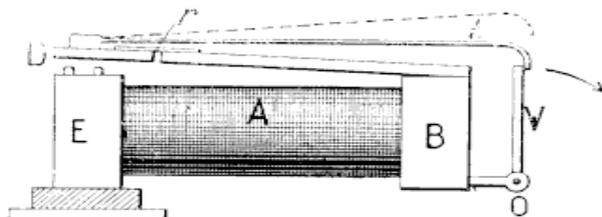


FIG. 118.

L'armature D porte une longue tige à crochet l qui, au repos, retient un volet V. Dès que l'armature fonctionne, la tige l lâche le volet et celui-ci tombe, pivotant sous l'action de son poids autour de son axe o .

On remarquera (*fig. 118*) que le montage de l'armature sur ressort plat évite tout réglage; d'autre part, le circuit magnétique est disposé pour obtenir le minimum de réluctance. Aussi peut-on donner à ces appareils des dimensions très faibles (6 centimètres sur 2,5 centimètres) et une extrême sensibilité. Leur résistance est variable suivant les cas et comprise entre 200 et 600 ohms.

Fréquemment on enroule extérieurement autour de la bobine un fil de cuivre. Il a pour effet, comme on l'a vu précédemment, de diminuer dans une certaine mesure l'étincelle à la rupture; il joue, d'autre part, le rôle d'un véritable écran électrique et permet d'installer des annonceurs dans des positions très voisines sans qu'il y ait entre eux une induction mutuelle appréciable.

Il est aisé de polariser un annonceur de ce genre. La figure 119 montre le dispositif actuellement adopté dans l'administration française. L'armature bascule autour d'un axe o

porté par un métal non magnétique. Un aimant fixé sur l'une des culasses de l'électro polarise à la fois cet électro et l'armature. A l'état de repos, cette armature occupe normalement la position indiquée sur la figure et retient le volet.

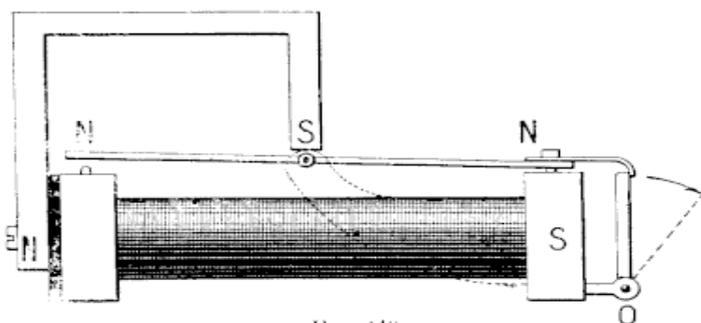


Fig. 119.

Un courant détruisant la polarisation de l'électro produit seul un mouvement inverse de l'armature et le déclenchement du volet. Remarquons qu'en raison des faibles dimensions des annonceurs, l'aimant est toujours assez petit. Nous avons dit que c'était une condition peu favorable. On est donc amené fréquemment à renouveler son aimantation.

Si réduit que soit le volume d'un annonceur, on a cherché à réaliser des appareils encore moins encombrants : ils sont connus sous le nom de *signaux visibles*. La figure 120 en représente une coupe.

Ces signaux comportent un petit électro-aimant E à noyau creux à l'intérieur duquel est un plongeur en fer doux P prolongé par une tige de laiton t . Cette tige est guidée par un anneau a et porte à son extrémité un bouton de couleur B. Un ressort à boudin enroulé autour de la tige t et pressant contre l'anneau a repousse normale-

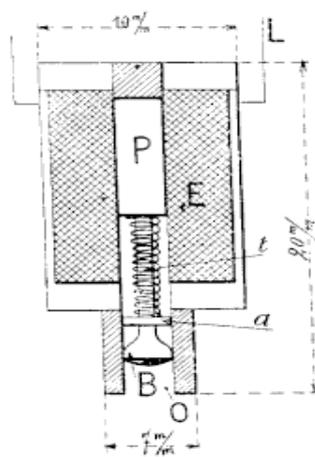


Fig. 120.

ment le plongeur au fond de l'électro : au repos le bouton de couleur disparaît donc en arrière de l'ouverture O.

Dès que l'électro fonctionne, le plongeur vient occuper le milieu de la bobine, et le bouton affleure en O.

Cet appareil, d'un fonctionnement très régulier, a toutefois l'inconvénient d'absorber environ 50 milliampères, alors que 6 milliampères suffisent pour un annonceur. Aussi n'a-t-on recours aux signaux visibles que dans le cas où les considérations d'encombrement priment celles d'économie. Il en est fait notamment un usage très fréquent dans les intercommunications des multiples téléphoniques.

La deuxième catégorie de signaux visibles comprend les signaux à aiguilles. Le problème revient dans ce cas à transformer le mouvement de va-et-vient d'une armature en un mouvement de rotation.

Ce problème a de nombreuses solutions.

On peut les diviser en deux grandes catégories, suivant que la roue portant l'aiguille est, normalement ou non, entraînée par un mouvement d'horlogerie.

Dans le premier cas, la fonction de l'armature consiste simplement à arrêter la roue quand elle est au repos, à libérer le mouvement quand elle fonctionne.

Exemple : l'appareil à cadran (*fig. 121*). L'armature horizontale A a un prolongement T armé d'une goupille qui pénètre dans une fourchette F. Chaque mouvement de l'armature fait osciller la fourchette et avec elle un doigt P tantôt à droite, tantôt à gauche.

La roue R portant l'aiguille est doublée par une seconde roue R' calée sur le même axe et portant le même nombre de dents, mais orientées de telle sorte que celles-ci alternent avec les dents de la roue R.

Supposons qu'au repos le doigt P arrête une dent de la roue R; dès que l'armature fonctionne, le doigt passe devant la roue R'; le mouvement d'horlogerie fait tourner l'ensemble des deux roues; puis la dent suivante de R' venant se caler

contre le doigt P, la rotation s'arrête. En tout, l'aiguille a avancé de l'espace correspondant à un demi-intervalle de dent.

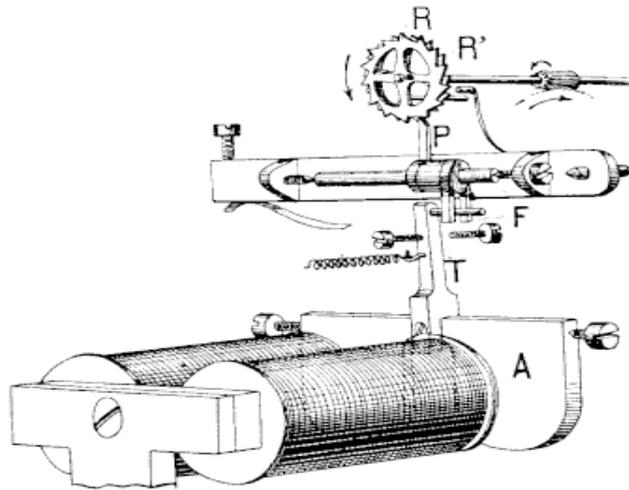


FIG. 121.

Le retour de l'armature au repos provoque une progression semblable, et ainsi de suite.

Dans le second cas, la solution est beaucoup plus simple et consiste à faire commander par l'armature un échappement à

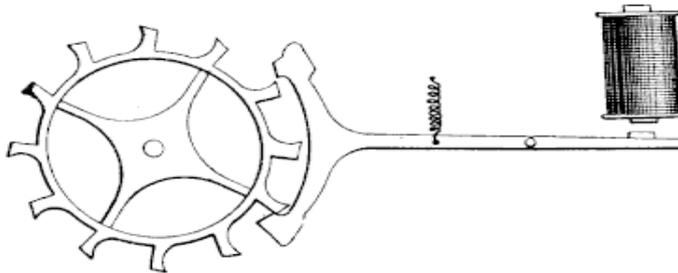


FIG. 122.

ancres (*fig. 122*). L'armature porte alors une fourche, qui à chaque oscillation fait avancer la roue dentée d'une demi-dent (appareil Siemens et Halske, etc.).

Les mécanismes à aiguilles, peu répandus en télégraphie car ils donnent lieu à une réception fort lente, tendent au

contraire à être d'un emploi général comme enregistreurs téléphoniques.

Nous citerons en particulier les compteurs de conversations usités par la Western C°.

L'échappement à ancre de ce compteur a de très faibles dimensions ; le mécanisme de l'ancre, de la roue dentée et de l'armature occupe une surface de 2 centimètres sur 3 centimètres et l'épaisseur est de 8 millimètres seulement.

Production de signal audible. — Le mode de production des signaux audibles diffère suivant que l'on veut produire un signal unique par émission de courant ou une série de signaux pendant toute la durée de l'émission.

L'appareil réalisé dans le premier cas est toujours fort simple : il suffit, en effet, de monter les pièces de l'électro de telle sorte que le choc de l'armature contre ses butées devienne perceptible à l'oreille. C'est une question de dimensions des pièces et de sonorité du socle.

La palette d'un annonceur quelconque produit le plus souvent un bruit suffisant pour attirer l'attention. En télégraphie, on fait usage toutefois d'appareils plus sonores et plus volumineux : ceux-ci portent le nom de *parleur*.

Le parleur longtemps usité en France à l'exclusion de tout autre consistait essentiellement en un électro aimant boiteux (*fig. 123*), dont l'armature montée sur la branche sans noyaux peut osciller entre le noyau de la bobine et une vis-butoir. Un ressort dont la tension est réglée par une vis, maintient au repos l'armature contre la butée.

Nous avons vu que l'usage des électros boiteux était peu recommandable. Aussi préfère-t-on actuellement recourir à un modèle d'électro-aimant à deux bobines (*fig. 124*). L'armature est solidaire d'un levier massif dont l'extrémité se déplace entre deux fortes butées métalliques. La boîte qui porte l'appareil sert de caisse de résonance : on coiffe, en outre, celui-ci d'un abat-son en bois ou de préférence en métal.

Lorsqu'on veut produire une série de signaux pendant la

durée de l'émission au poste de départ — c'est le cas de toutes les sonneries — il est nécessaire de recourir à un montage élec-

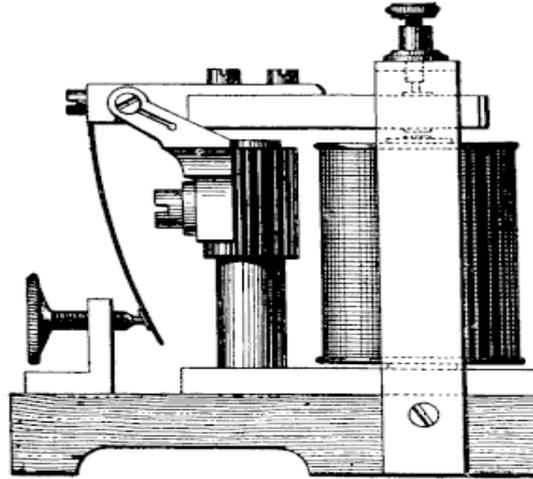


Fig. 123.

trique spécial qui permette de donner pendant ce temps à l'ar-

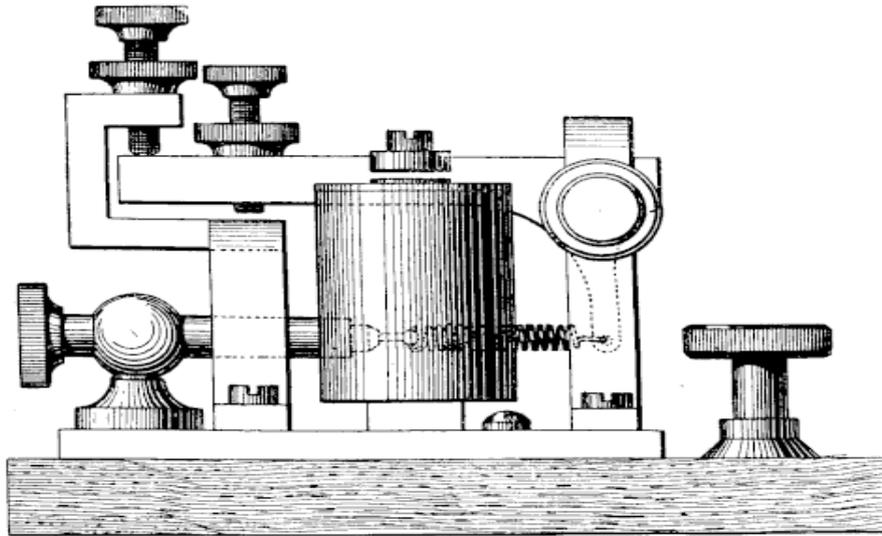


Fig. 124.

mature un mouvement continu de va-et-vient. L'armature ainsi agitée est terminée par un marteau et vient battre un timbre.

Le problème revient à transformer, par l'un des procédés généraux que nous connaissons déjà, le courant continu envoyé par le poste en courants interrompus. On intercale à cet effet l'armature et sa butée de repos dans le circuit. A chaque attraction de l'armature le circuit est coupé, l'attraction cesse; l'armature revient à sa position de repos, le circuit se rétablit, et ainsi de suite.

Un tel mécanisme donne lieu à une série de ruptures de courant et par suite à de nombreuses étincelles. En vue d'éviter les étincelles, il convient donc d'adopter de préférence, pour le montage, un dispositif de mise en court-circuit.

Le schéma de l'appareil est dès lors le suivant (*fig. 125*):

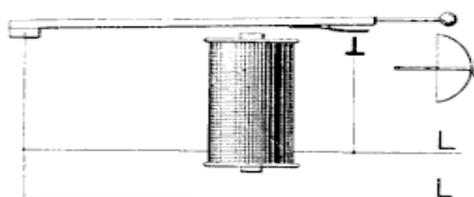


FIG. 125.

Outre l'avantage de supprimer les étincelles, il procure la facilité de pouvoir embrocher sans inconvénient une série de sonneries semblables dans le circuit.

Cependant le montage le plus fréquemment adopté par les constructeurs est le suivant (*fig. 126*):

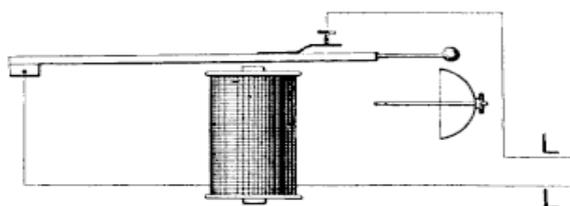


FIG. 126.

On vient de voir par ce qui précède qu'il n'est pas recommandable.

Les critiques que l'on doit adresser aux sonneries ainsi

établies ne se bornent pas d'ailleurs à celle-ci. Il est encore d'usage de donner aux électro-aimants de ces appareils des résistances très faibles, parfois 25 ohms, souvent 50. Or, dans la pratique, un bureau téléphonique par exemple peut être appelé à sonner simultanément plusieurs abonnés en puisant le courant à la même source d'énergie. Supposons que l'on fasse ainsi des appels sur trois lignes très courtes de 50 ohms de résistance (y compris la résistance de la sonnerie), et sur une ligne très longue. L'ensemble des trois lignes courtes équivaut à une résistance de $\frac{50}{3}$, soit de 16 ohms environ. Si la ligne longue a 300 ohms, on voit que les lignes courtes produiront l'effet d'un véritable shunt placé sur la source d'énergie : l'appel ne parviendra pas sur la ligne longue.

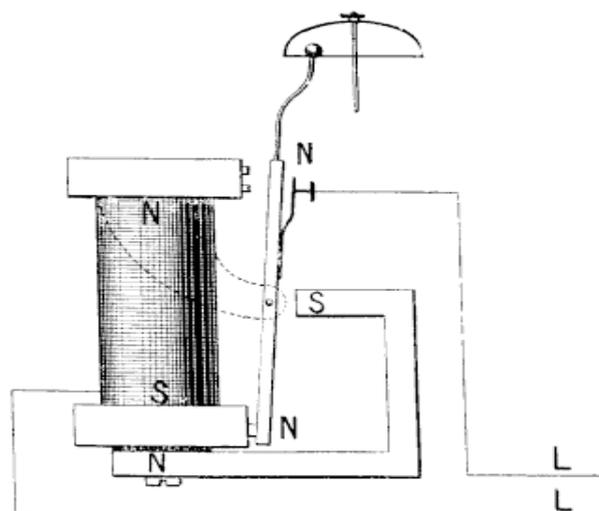


FIG. 127.

L'administration française a dû pour cette raison adopter 200 ohms comme résistance des sonneries. Il y a un intérêt pratique considérable à ne jamais descendre au-dessous de cette limite.

Un électro-aimant de sonnerie, comme un électro-aimant quelconque, peut être polarisé et monté de telle sorte que la

sonnerie ne fonctionne que sous l'action d'un courant de sens déterminé. La sonnerie est dite alors *polarisée*, dénomination qu'il importe de ne pas confondre avec la dénomination *sonnerie magnétique* réservée aux sonneries répondant à des courants alternatifs.

La figure 127 représente un modèle de sonnerie polarisée qui ne diffère pas comme montage de l'annonceur polarisé précédemment décrit.

Production de signal lumineux. — Il existe actuellement trois méthodes — très inégalement répandues — pour produire un signal lumineux à l'aide de l'électro-aimant.

La première et la plus connue consiste à utiliser comme récepteur un galvanomètre à miroir généralement du type Thomson. On fait tomber un rayon lumineux sur le miroir ; ce rayon se réfléchit sur une échelle ; le miroir, étant dévié chaque fois qu'un courant passe dans l'appareil, on observe sur l'échelle l'élongation correspondante.

Les premiers appareils récepteurs employés dans le service des câbles ont été ainsi des appareils à miroir. Ils sont doués d'une grande sensibilité. La lecture en est fatigante et on tend à en abandonner l'usage.

On peut aussi prendre, en guise de galvanomètre, un récepteur téléphonique dont la plaque vibrante est armée d'un miroir (appareil Pollak et Virag).

La seconde méthode consiste à utiliser le phénomène de la polarisation magnétique.

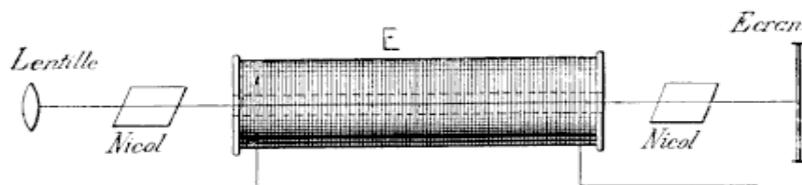


FIG. 128.

Au centre d'un électro-aimant tubulaire E, on installe un tube rempli de sulfure de carbone (*fig. 128*). A l'entrée et

à la sortie du tube sont installés deux nicols à angle droit. Un jeu de lentilles envoie un rayon de lumière suivant l'axe du tube. A l'état normal, les deux nicols étant à angle droit, aucune lumière n'est recueillie sur un écran placé à la suite des appareils : dès que le courant passe au contraire dans l'électro-aimant, la lumière reparait sur l'écran (Crehore et Squier).

La troisième méthode consiste enfin à profiter du mouvement de l'armature pour fermer un circuit spécial comprenant une petite lampe électrique et une source d'énergie.

Les lampes employées dans ce cas sont naturellement très petites (*fig. 129*). Elles fonctionnent avec une intensité de 0,10 ampère, sous des tensions comprises entre 12 et 24 volts suivant le modèle, et présentent des résistances variant entre 240 et 120 ohms. Elles peuvent en général brûler 300 heures. Il est d'usage, pour en atténuer l'éclat et envoyer leur lumière dans toutes les directions, de les coiffer d'un petit capuchon opalisé.

L'utilisation des lampes comme signal tend à se répandre en téléphonie. On peut lui reprocher, comme à celle des signaux visibles, d'entraîner des dépenses élevées. En outre, un signal visible peut, dans un grand nombre de cas, être branché directement sur le circuit d'utilisation. Le circuit d'une lampe, au contraire, doit toujours être un organe spécial. C'est une complication peu favorable à l'extension de ce mode de réception.

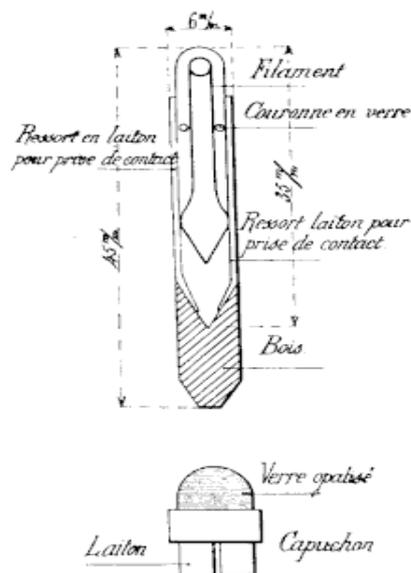


FIG. 129.

3. — Production des signaux permanents conventionnels

Les signaux permanents conventionnels en usage se réduisent universellement aux signaux du code Morse, c'est-à-dire à des combinaisons de traits et de points.

Il existe deux moyens de produire ces signaux.

On peut, en premier lieu, utiliser un des récepteurs produisant un signal lumineux précédemment décrit et enregistrer photographiquement sur un papier sensible les émissions lumineuses ainsi produites.

A titre d'exemple, on peut mentionner le récepteur Ader pour ligne sous-marine (*fig.* 130). Dans un champ magnétique

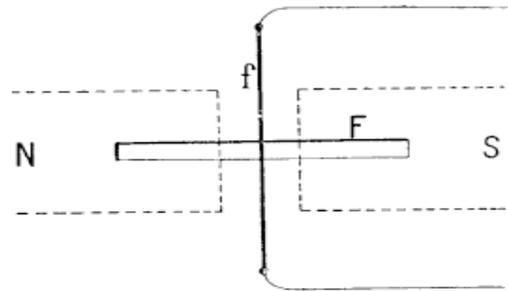


FIG. 130.

très puissant, on établit un fil fin et court f destiné à recevoir le courant d'émission et qui tend à se déplacer au moment de chaque émission. Étant fixé à ses deux extrémités, le mouvement de ce fil sous l'action du passage du courant se réduit à une vibration transversale. Si l'on regarde ce fil en plaçant derrière lui une fente F dirigée transversalement, la tache lumineuse produite sur un papier placé derrière la fente est toujours interrompue par un intervalle obscur correspondant à la position du fil; cet intervalle se déplace en même temps que le fil lui-même. Un papier sensible déroulé enregistrera dès lors l'image des vibrations du fil sous forme d'une courbe continue.

Les récepteurs basés sur la polarisation magnétique se prêtent également bien à l'enregistrement photographique.

Le second moyen consiste à utiliser directement le mouvement de l'armature d'un électro-aimant pour provoquer une inscription sur une bande qui se déroule sous l'action d'un mouvement d'horlogerie.

Cette méthode, la première en date, est aussi la plus répandue.

Le récepteur comprend alors nécessairement :

- 1° Un électro-aimant qui peut être polarisé ;
- 2° Une bande sur laquelle s'opère l'inscription ;
- 3° Un mouvement d'horlogerie entraînant la bande ;
- 4° Un organe inscripteur.

Le jeu de l'armature a pour résultat, soit de porter la bande contre l'organe inscripteur, soit de porter cet organe contre la bande.

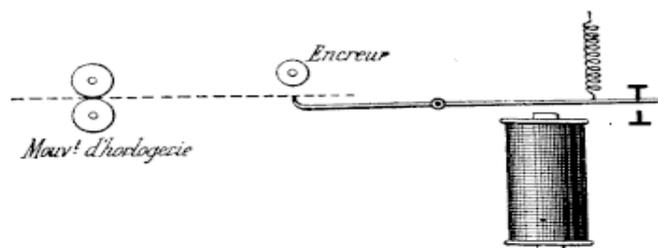


FIG. 131.

L'organe inscripteur est quelquefois un stylet, le plus souvent un encreur à molette, exceptionnellement un encreur à siphon.

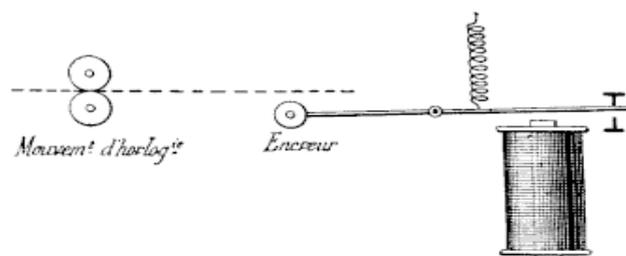


FIG. 132.

La figure théorique d'un récepteur à enregistrement direct est par suite, soit la figure 131, si c'est la bande qui doit être déplacée, soit la figure 132, si la combinaison est inverse.

L'appareil Morse français réalise exactement la première de

ces deux solutions : l'appareil Morse allemand, l'appareil Wheatstone réalisent la seconde.

Dans l'appareil Morse français ou allemand, l'électro-aimant est toujours un électro en fer à cheval à deux bobines et l'armature est une palette portant transversalement un long levier destiné à provoquer le transport soit du papier, soit de l'encreur.

L'encreur fixe dans le Morse français (*fig. 133*) est une molette participant au mouvement imprimé par le rouage d'horlogerie ; cette molette se charge constamment en frottant

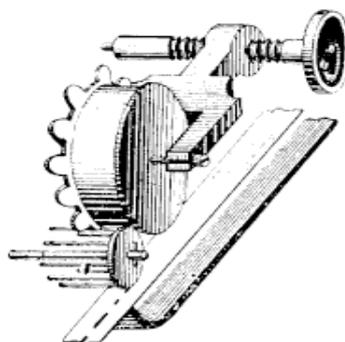


FIG. 133.

contre un tampon imbibé d'encre à la main. On a souvent proposé de modifier ce mode de chargement de la molette qui est en réalité assez défectueux (encreurs Herodote, Rault et Chassang, de Lirac, Lefilleul, etc...). Il n'est pas douteux que l'on tirerait un grand profit, à ce point de vue, des méthodes d'encreur imaginées depuis quelques années pour les appareils enregistreurs.

Dans le Morse allemand, au contraire, l'encreur est mobile, et tourne simplement dans un encrier fixe.

Même disposition (encreur mobile tournant dans un réservoir fixe) dans l'appareil Wheatstone. L'électro-aimant est du type Wheatstone décrit plus haut (*fig. 134* et *135*).

L'axe *b* portant les armatures est terminé par un bras Λ_7 , qui supporte une fourchette dans laquelle est engagée la tige de la molette *M*. Une chaînette liée à l'axe *b* par un ressort *r* per-

met d'ailleurs de régler à volonté la sensibilité de l'armature et de limiter des déplacements.

Lorsqu'on utilise des courants des deux sens pour la formation des signaux (e , une valeur approximative; e' , une valeur approximative; t , valeurs approximatives), le récepteur est pola-

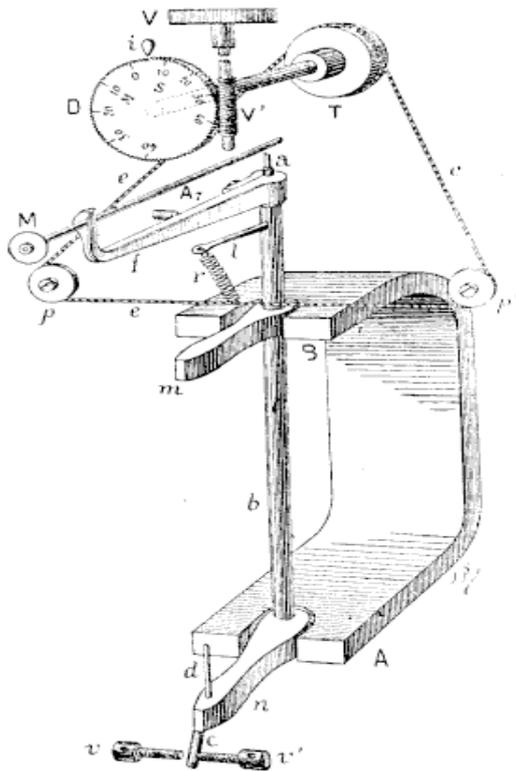


FIG. 134.

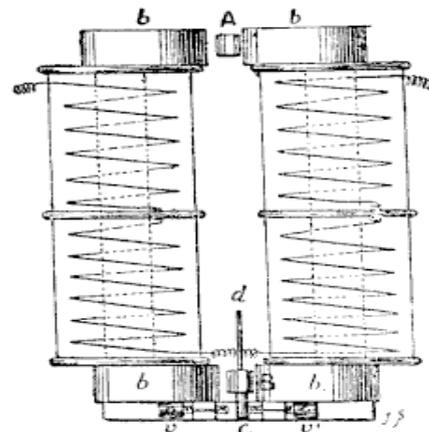


FIG. 135.

risé et on doit disposer de deux encres distincts servant, le premier à l'inscription des signaux provoqués par un sens du courant, le second à l'inscription des signaux provoqués par l'autre sens du courant. Cela revient à faire commander deux effets mécaniques différents, suivant que l'armature oscille dans un sens ou dans un autre. Ce problème est susceptible d'assez nombreuses solutions.

Un dispositif ingénieux dû à Estienne est, par exemple, le suivant (*fig. 136*).

L'armature polarisée porte une fourche BB ; sur chacun des bras de la fourche reposent par leur propre poids deux plumes p, p , dont les extrémités inférieures trempent dans un encrier. Le papier se déroule en regard de ces deux plumes. Lorsque l'armature est dans la position neutre, aucune des plumes n'est

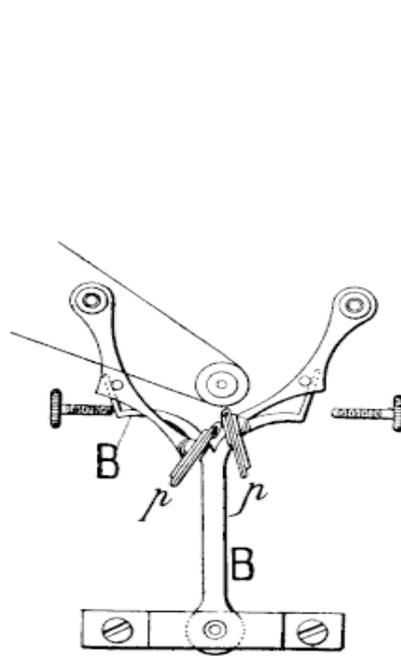


FIG. 136.

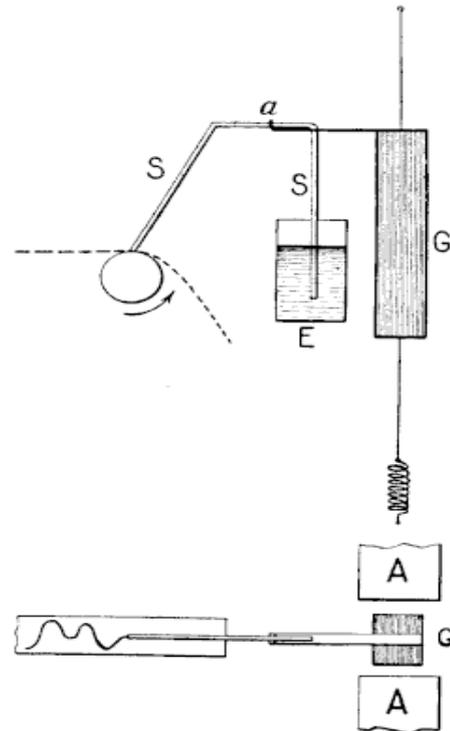


FIG. 137.

en contact avec le papier ; si l'armature oscille soit à droite, soit à gauche, sous l'action d'un courant, soit positif, soit négatif, la plume de gauche ou la plume de droite est projetée contre le papier.

Remarque. — Nous avons vu précédemment qu'on employait dans certains cas de véritables galvanomètres en guise de récepteurs. Il est évident que les dispositifs d'enerage qui précèdent seraient inapplicables à de tels appareils doués d'une

extrême sensibilité, mais d'une faible puissance mécanique.

On a recours, dans ce cas, à l'emploi d'un siphon constitué par un tube de verre très fin.

L'exemple le plus remarquable d'une disposition de ce genre est le récepteur connu sous le nom de *siphon recorder* (fig. 137).

Il comporte essentiellement un cadre galvanométrique G, aussi mobile que possible, comprenant quelques spires de fil et suspendu entre les branches d'un très fort électro-aimant A.

Ce cadre porte, par l'intermédiaire d'une petite chape en aluminium *a*, un siphon de verre S ayant la forme représentée sur la figure 137.

L'une des branches de ce siphon plonge dans un encrier E rempli d'encre d'aniline, l'autre repose sur la bande qu'un dérouleur mù par un mouvement d'horlogerie entraîne régulièrement.

Tous les déplacements du cadre dans le champ s'enregistrent donc sur la bande et l'appareil ainsi établi présente une extrême sensibilité.

7. — Production de signaux imprimés

Principe. — Les appareils imprimeurs quel qu'ils soient rentrent tous dans la catégorie des appareils où l'on donne à la durée d'émission une valeur caractéristique et à l'intervalle d'émission des valeurs caractéristiques.

Nous avons vu que ce système de formation de signaux était caractérisé en pratique par l'établissement de deux organes tournants qui fonctionnent synchroniquement, l'un au poste de départ et l'autre au poste d'arrivée.

Ceci rappelé, un appareil récepteur d'appareil imprimeur comporte toujours une *roue d'impression* portant sur sa tranche les signaux à imprimer et, suivant les cas, confondue avec l'organe synchrone du poste récepteur, ou en dépendance de mouvement avec cet organe.

Cette disposition universellement employée a pour résultat

de définir immédiatement les fonctions de l'électro-aimant récepteur.

Cet électro-aimant doit d'abord projeter le papier contre la roue d'impression *au moment précis* où le signal transmis passe en regard de lui, et produire ainsi une véritable impression à la volée; il doit en second lieu, cette impression terminée, donner au papier un avancement convenable de manière à permettre d'opérer l'impression d'un nouveau signal.

Examinons dès lors ces deux fonctions.

Étude du mécanisme d'impression. — Le problème de l'impression présente deux aspects très diversement complexes, suivant que la lecture du signal résulte de l'examen d'un seul récepteur ou de l'examen des positions simultanées de plusieurs récepteurs.

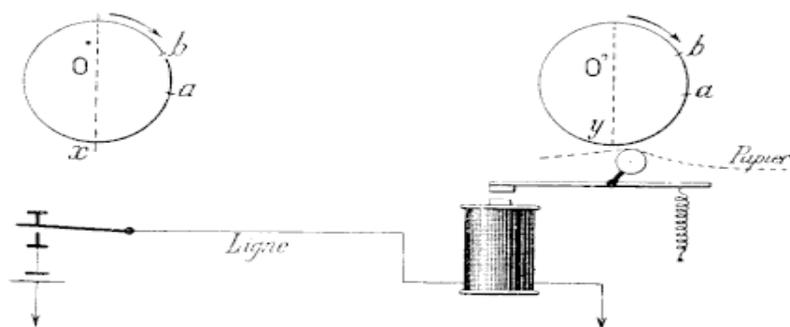


FIG. 138.

Dans le premier cas, en effet, rappelons qu'une émission est envoyée sur la ligne au moment précis où la lettre que l'on veut transmettre occupe dans l'espace une position déterminée. Si deux roues des types O et O' sont, par exemple, les deux organes synchrones, on convient, pour transmettre la lettre a , d'envoyer un courant au moment où cette lettre a occupera dans les postes les positions correspondantes x et y (*fig. 138*).

On conçoit immédiatement qu'il suffira, pour obtenir l'im-

pression de cette lettre, de disposer l'électro-aimant récepteur au poste de réception de telle sorte que, dans tous les cas, le papier porté par l'armature vienne toucher la roue des types en g .

Le second cas est, au contraire, beaucoup plus complexe.

Un signal déterminé ne se traduit plus cette fois par une émission unique faite au moment où ce signal occupe une position définie dans l'espace, mais par un ensemble d'émissions successives envoyées dans divers récepteurs et par l'examen de la combinaison ainsi réalisée dans les diverses armatures, si ces récepteurs sont des électro-aimants.

Remarquons, toutefois, que l'adoption d'un tel mode de transmission a toujours deux conséquences essentielles :

- 1° Il n'est envoyé qu'un seul signal par tour ;
- 2° Le nombre x des plots, soit de transmission, soit de réception, est défini par la relation :

$$2x = n + 2$$

($2n$ étant le nombre total des signaux à transmettre).

Nous avons vu que ce nombre était de 5 au minimum : il est, en pratique, toujours très faible.

Les plots peuvent donc être répartis sur un arc de cercle assez petit, et il en résulte que la durée d'un tour de l'organe synchrone peut normalement se décomposer en deux parties : la première, assez courte, consacrée aux émissions déterminant dans les récepteurs la formation de la combinaison voulue, la seconde durant laquelle la ligne demeure disponible.

Voyons comment on peut utiliser cette seconde période pour reconnaître la combinaison formée et, celle-ci reconnue, imprimer le signal correspondant.

La succession des opérations qui constitue, à proprement parler, la *traduction* du signal, doit être la suivante :

- 1° La combinaison des armatures une fois définie, faire défiler devant des organes spéciaux qui porteront le nom de *chercheurs* et qui seront en nombre égal à celui des arma-

tures, la série des combinaisons dont la transmission est possible ;

2° Amener en regard de l'électro-imprimeur, le signal correspondant à chaque combinaison, au moment où cette combinaison passe devant les chercheurs ;

3° Au moment où la combinaison transmise est rencontrée par les chercheurs, provoquer automatiquement le fonctionnement de cet électro-aimant imprimeur.

Il existe deux méthodes générales permettant d'arriver à ces divers résultats.

La première est entièrement électrique, la seconde entièrement mécanique. Elles dérivent d'ailleurs l'une de l'autre. Examinons-les successivement.

1° Traduction électrique

Soient A les armatures d'électro-aimant qui, par leurs positions diverses, représentent la combinaison à traduire : nous les supposons, pour plus de clarté, réduites à cinq (*fig. 139*).

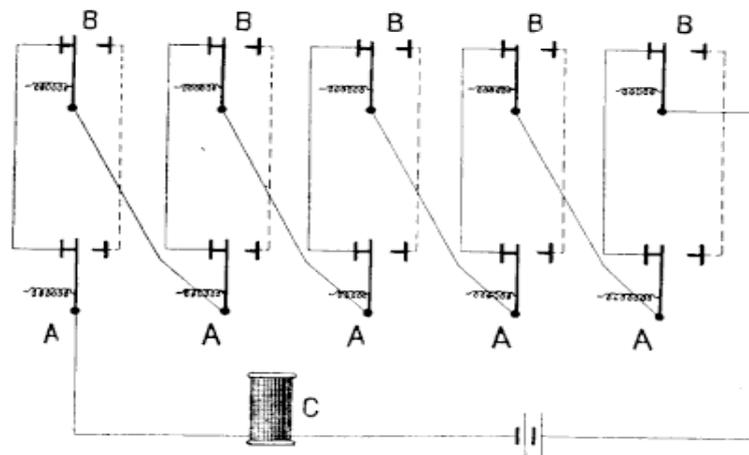


FIG. 139.

Soient B des leviers oscillant entre deux butées, en nombre égal à celui des armatures, et qui constitueront les chercheurs.

Soit enfin C, un électro-aimant imprimeur.

Constituons un circuit unique comprenant l'électro C, une pile et successivement toutes les armatures et butées de repos des électros et des chercheurs. L'envoi d'une combinaison dans les armatures ayant pour résultat de faire passer une au moins de ces armatures sur sa butée de travail, on voit que normalement le circuit ainsi constitué sera toujours ouvert et que l'électro C ne fonctionnera pas.

Si, en revanche, on relie deux à deux les butées de travail des armatures et des chercheurs, il suffira, une combinaison étant transmise, de ramener sur leurs butées de travail les chercheurs correspondant aux armatures qui sont elles-mêmes sur butées de travail, pour que le circuit de l'électro C soit de nouveau fermé et que, par suite, cet électro fonctionne.

En d'autres termes, il suffira de réaliser sur les chercheurs la combinaison enregistrée sur les armatures pour qu'alors, et alors seulement, l'impression ait lieu.

Donc, si nous faisons faire mécaniquement aux chercheurs toutes les combinaisons transmissibles, nous reconnaitrons précisément la combinaison transmise à ce fait que l'électro C fonctionnera.

L'organe qui va faire exécuter successivement par les chercheurs toutes les combinaisons possibles porte le nom de *combinateur* et peut avoir des formes très diverses.

La première qui se présente à l'esprit est la suivante. Imaginons un cylindre composé de cinq couronnes *a, b, c, d, e* portant une série de reliefs et de creux et d'une sixième couronne (*fig. 140 et 141*).

Supposons que les creux et les reliefs de ces cinq couronnes *a, b, c, d, e*, soient tels qu'ils présentent suivant l'axe du cylindre la succession normale des combinaisons dont la transmission est possible; la sixième couronne sera d'ailleurs la roue des types et portera en regard de chaque combinaison la lettre qui correspond à cette combinaison.

Faisons tourner les cinq premières couronnes en regard des cinq chercheurs, de telle sorte qu'au passage d'un creux à un

plein, ou inversement, le chercheur oscille de sa butée de repos à sa butée de travail ou inversement. Il suffira que le cylindre opère une rotation complète pendant le temps dont on dispose (temps compris, on l'a vu plus haut, entre la fin des émissions et la fin du tour de l'appareil synchrone), pour que successivement les chercheurs aient exécuté toutes les combi-

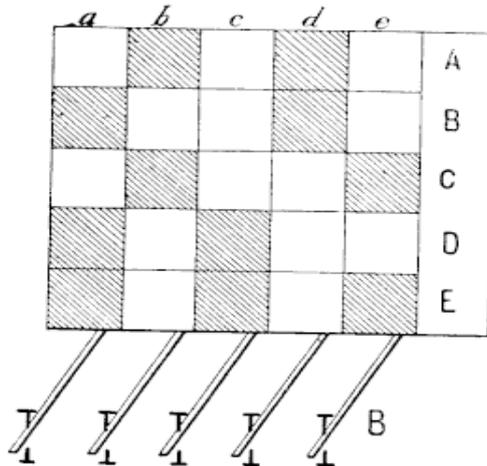


FIG. 140.

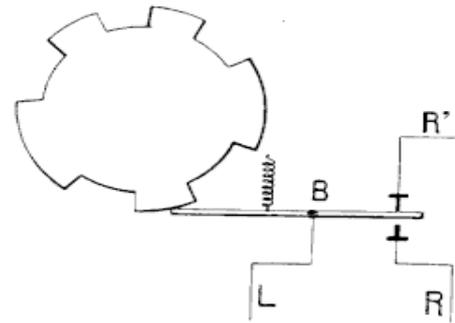


FIG. 141.

naisons possibles. De plus, au moment où la combinaison s'exécute, la lettre correspondante placée sur la roue des types est toujours en un même point de l'espace bien déterminé. Dès lors, si l'armature de l'électro C projette, au moment de son fonctionnement, le papier en ce point, le problème est résolu.

Nous avons, en effet, pendant la durée d'une révolution de l'organe synchrone, la série d'opérations suivantes :

1° Une série d'émissions sur la ligne : les armatures A se déplacent formant une combinaison.

2° Les émissions cessent : la combinaison est formée ; le combinateur tourne en regard des chercheurs.

3° Au moment où les chercheurs rencontrent sur le combinateur la combinaison enregistrée par les armatures, l'électro imprimeur C fonctionne. La lettre correspondant à la combinaison, se trouvant à ce moment en regard de son armature, est imprimée.

Nous venons de supposer, pour plus de simplicité dans l'exposition, que le combinateur était un organisme indépendant, tournant en un temps t inférieur au temps T de la révolution de l'organe synchrone et se mettant en mouvement dès que les émissions sont terminées sur la ligne.

En réalité, on donnera au cylindre du combinateur la même vitesse de rotation que l'organe synchrone: on se contentera de répartir la série des combinaisons (*fig. 142*) non plus sur une circonférence complète, mais sur un arc

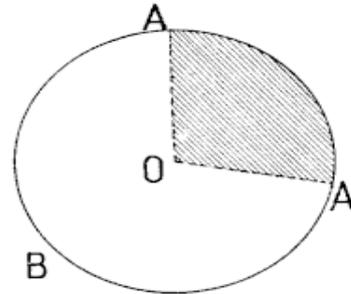


Fig. 142.

ABA', l'arc AA' durant lequel les chercheurs seront immobiles correspondant précisément à la durée des émissions.

On peut donner au combinateur une seconde forme plus avantageuse dans certains cas.

Remarquons en effet que le chercheur a pour fonction de mettre un conducteur L (*fig. 141*) en communication avec un conducteur R' aboutissant à la butée de travail, lorsqu'une saillie passe en regard de lui, avec un conducteur R aboutissant à la butée de repos, lorsqu'un creux passe en regard de lui.

On peut arriver exactement au même résultat en remplaçant le chercheur par un simple ressort en communication avec le conducteur L, et les saillies et les creux par des plots normalement reliés les uns avec le conducteur R', les autres avec le conducteur R.

(Cette solution, indiquée par Baudot est, en particulier, appliquée dans le Rowland.)

Nous n'avons enfin rien spécifié en ce qui concerne l'ordre de succession des combinaisons sur le combinateur: il nous a suffi que toutes les combinaisons transmissibles y fussent représentées.

Un choix judicieux de cet ordre de succession va nous conduire à une simplification considérable de l'appareil.

On peut, en effet, toujours choisir, parmi les arrangements des combinaisons entre elles, un arrangement tel que, dans chacune des cinq couronnes du combinateur, les creux et les saillies se succèdent dans le même ordre et simplement avec un décalage d'une unité.

On obtiendra ainsi, par exemple, la succession de combinaisons suivantes (en représentant les saillies par le signe +, les creux par le signe —) :

LETTRE		1 ^{re}	2 ^e	3 ^e	4 ^e	5 ^e
		COURONNE	COURONNE	COURONNE	COURONNE	COURONNE
A	Chercheur 5	+	—	—	—	—
E	Chercheur 4	—	+	—	—	—
Y	Chercheur 3	—	—	+	—	—
J	Chercheur 2	+	—	—	+	—
X	Chercheur 1	—	+	—	—	+
U		+	—	+	—	—
etc..						

On voit que la succession + — — ... de la première couronne se reproduit sur la seconde avec un retard d'une unité, sur la troisième avec un retard d'une unité sur la seconde et par conséquent de deux unités sur la première, etc...

On arrivera dès lors au même résultat, que l'on place les cinq chercheurs en regard des cinq couronnes, ou qu'on les dispose à la file sur la première couronne, séparés les uns des autres par une unité, c'est-à-dire le second chercheur étant en retard d'une unité sur le premier, le troisième en retard d'une unité sur le précédent, etc...

Le combinateur se réduit dans ces conditions à *une seule* couronne et à la roue des types.

2° Traduction mécanique

Reprenons le combinateur mécanique à cinq couronnes a, b, c, d, e , et les cinq chercheurs K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 . Mais supposons cette fois que les chercheurs soient mobiles autour d'un axe commun AA et indépendants électriquement des armatures. Quelle que soit la combinaison passant devant eux, ils ne seront jamais abaissés simultanément et toujours l'un au moins d'entre eux sera soulevé par le passage d'une saillie existant sur l'une des cinq couronnes.

Par exemple, dans le passage de la combinaison représentée sur la figure 143, K_1, K_3 , et K_4 , sont soulevés; K_2 , et K_5 seuls sont en regard de creux et, par suite, à la position de repos.

Doublons chaque couronne d'une couronne complémentaire juxtaposée a_1, b_1, c_1, d_1, e_1 , présentant le même nombre de creux et de saillies que la couronne initiale, mais disposés de telle sorte qu'à une saillie sur l'une corresponde un creux sur l'autre, et inversement. Obtenons également par un jeu de leviers convenable que le fonctionnement de l'armature d'un électro ait pour résultat de déplacer le chercheur correspondant en l'amenant en regard de la couronne complémentaire.

Cette fois, au moment où la combinaison transmise, par exemple celle de la figure, passera en regard des chercheurs, les trois chercheurs K_1, K_3, K_4 , qui primitivement étaient soulevés par des saillies auront passé en regard des couronnes complémentaires et seront, en regard de creux. Les chercheurs K_2, K_5 n'ayant pas été actionnés sont demeurés devant les couronnes b et e et seront eux aussi en regard de creux. Le passage de la combinaison cherchée se reconnaîtra à ce fait que la totalité des chercheurs aura pu s'abaisser simultanément.

Il est dès lors aisé de concevoir que l'on puisse utiliser cet abaissement simultané de tous les chercheurs pour provoquer mécaniquement la projection du papier contre la roue des types montée sur le combinateur. Il suffirait, par exemple, de

faire reposer un cadre rectangulaire sur l'ensemble des chercheurs. Ce cadre ne pourrait basculer que lorsque la totalité

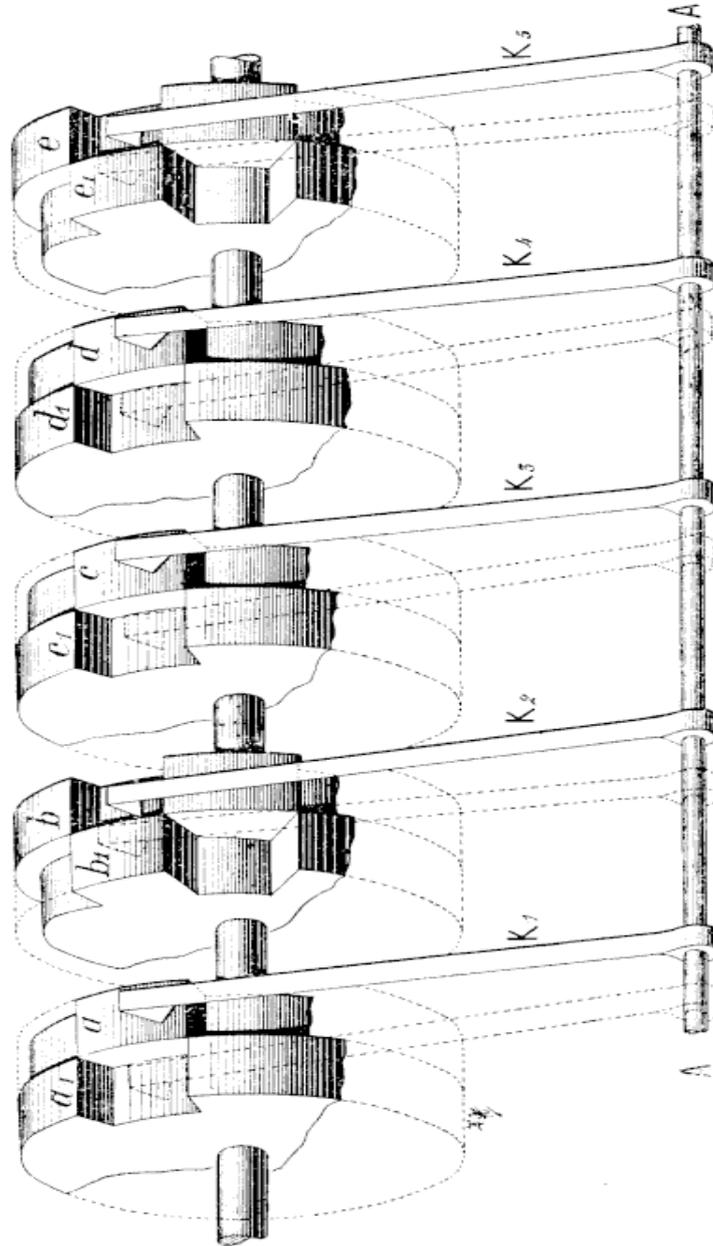


FIG. 146.

des chercheurs se serait abaissée : il actionnerait à ce moment un levier projetant le papier.

Le traducteur Baudot donne un exemple remarquable de combinaisons mécaniques utilisant cette chute des chercheurs.

Remarquons, toutefois, qu'a priori la traduction mécanique est une solution plus sûre peut-être comme fonctionnement, mais plus compliquée que la traduction électrique. Elle exige, en effet, deux fois plus d'organes sur le combinateur (chaque couronne est doublée par une couronne supplémentaire).

Rien n'empêche d'ailleurs de simplifier encore le combinateur mécanique comme on l'a vu précédemment, en disposant les différents chercheurs non plus parallèlement, mais à la file, et en séparant ceux-ci par un intervalle convenable. Ainsi réduit, le combinateur comporte alors une couronne et sa couronne complémentaire, soit une de plus encore que dans le cas de la traduction électrique.

Progression du papier. -- La deuxième fonction d'un receptrer pour signaux imprimés doit être, après chaque impression de signal, de faire progresser la bande de papier d'une quantité convenable pour permettre l'impression du signal suivant.

Le procédé est toujours basé sur le même principe. Il consiste à utiliser le mouvement de la pièce qui projette le papier.

Ce mouvement est double : une avance vers la roue des types au moment de l'impression, un retrait quand l'impression est terminée.

On profite de l'un de ces deux temps pour faire avancer un cliquet sur une roue dentée faisant partie du tambour qui porte le papier, et de l'autre pour obliger le cliquet à faire tourner le tambour.

C'est à la fois très simple et très sûr.

§ 3. — Utilisation de l'électrolyte comme récepteur à courant continu

Un récepteur électrolytique comporte toujours essentiellement (*fig. 144*) :

- 1° Un tambour T métallique et en liaison avec la terre ;
- 2° Une bande de papier imprégnée d'électrolyte placée sur le tambour et entraînée par lui ;
- 3° Un stylet S métallique en communication avec la ligne.

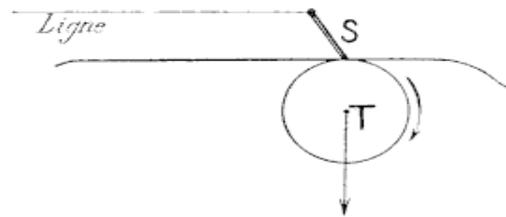


FIG. 144.

Le courant arrivant par la ligne traverse l'électrolyte pendant toute la durée des émissions.

Un récepteur étant ainsi monté, on peut utiliser pour déceler le passage du courant, soit les modifications physiques, soit les modifications chimiques que subit l'électrolyte sous l'action du courant.

α. — Modifications physiques

Edison a constaté que le frottement d'un stylet métallique sur un papier imprégné d'un sel métallique varie suivant que le sel est soumis ou non à l'action d'un courant.

Dès lors si, dans le récepteur type que nous avons indiqué plus haut, on prolonge le stylet par une pièce spéciale placée entre deux butoirs v et v' (*fig. 145*), le frottement entre le stylet et le papier est assez fort, lorsque le courant ne passe pas, pour que le papier entraînant le stylet amène l'extrémité de celui-ci contre la butée v ; au contraire, dès que le courant passe, le frottement devient à peu près nul et l'action du res-

sort v ramène le stylet contre la butée v' . On a ainsi un moyen commode pour provoquer à volonté la fermeture ou l'ouverture d'un circuit local.

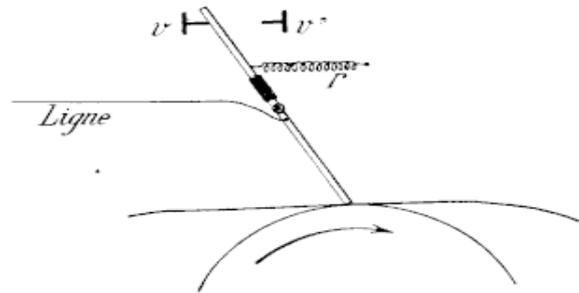


FIG. 145.

L'électrolyte employé et qui donne de bons résultats à ce point de vue, est une solution de chlorure de sodium et d'acide pyrogallique.

β. — Modifications chimiques

Le procédé qui consiste à utiliser les modifications chimiques de l'électrolyte sous l'action du courant, peut être considéré comme à peu près universellement employé.

On choisit un électrolyte tel que, parmi les produits de sa décomposition sous l'action du courant, se trouve un sel colorant; le papier présente dès lors une trace colorée sous le passage du stylet, trace qui se poursuit tant que dure l'émission.

L'électrolyte universellement choisi est un mélange de ferrocyanure de potassium, d'azotate d'ammoniaque et de chlorhydrate d'ammoniaque: sous l'action du passage du courant, il se forme, à l'électrode positive, du bleu de Prusse qui est à la fois très visible et indélébile.

Remarque. — Lorsqu'on fait usage d'une transmission avec les deux sens du courant, une disposition très simple du récepteur permet de recevoir sur un côté de la bande des émissions d'un sens; sur l'autre côté, les émissions de l'autre sens.

Il suffit de disposer au-dessus du papier deux stylets au lieu d'un seul, reliés comme il est montré ci-dessous (*fig. 146*).

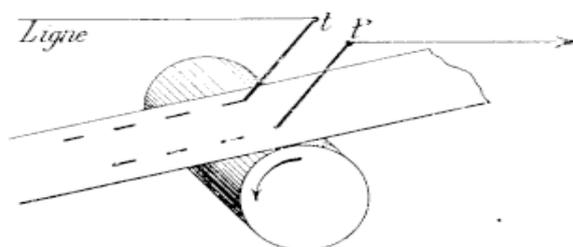


FIG. 146.

On voit en effet que, suivant le sens du courant, l'électrode positive sera tantôt le stylet *l*, tantôt le stylet *l'*; les signaux apparaîtront donc tantôt sous l'un des stylets, tantôt sous l'autre.

B. — RÉCEPTEURS POUR COURANTS ALTERNATIFS

Les récepteurs pour courants alternatifs employés dans les télécommunications sont toujours des électro-aimants. De même que dans le cas des courants continus, on les emploie pour produire soit des signaux fugitifs, soit des signaux permanents conventionnels, soit enfin des signaux permanents imprimés.

a. — Production de signaux fugitifs

Les signaux fugitifs produits actuellement à l'aide des courants alternatifs sont toujours des signaux audibles. Les récepteurs correspondant se ramènent à deux types généraux : la *sonnerie magnétique* et le *récepteur téléphonique*.

Sonnerie magnétique. — La sonnerie magnétique se compose de deux électro-aimants *E* et *E'* polarisés par un aimant permanent *A*, en regard desquels oscille une armature également polarisée par cet aimant (*fig. 147*).

Au repos, l'armature, également sollicitée par chacun des pôles de l'électro-aimant, demeure en équilibre.

Quand le courant alternatif traverse les bobines, l'action d'un des noyaux est renforcée pendant la phase positive, celle de l'autre est affaiblie : l'effet inverse a lieu pendant la phase négative. Le barreau oscille et vient frapper alternativement les timbres entre lesquels il est placé.

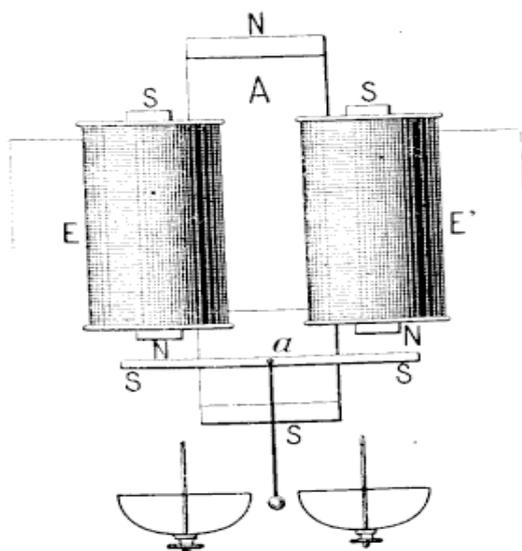


FIG. 137.

Remarque. — Une sonnerie polarisée peut toujours être aisément transformée en sonnerie magnétique : il suffit pour cela d'y supprimer le mécanisme interrupteur.

Récepteur téléphonique. — Le récepteur téléphonique est identique au générateur téléphonique. Nous avons vu que ce générateur, comme tous les alternateurs synchrones, était réversible. Si l'on envoie dans l'appareil des ondes alternatives produites par un transmetteur, la membrane métallique entrera donc en vibration et deviendra susceptible de reproduire les sons émis devant le transmetteur. Le générateur fonctionne comme un moteur. C'est ce que l'expérience confirme.

Il n'existe pas actuellement de théorie établie de la réception téléphonique.

On a supposé, en premier lieu, que la plaque était une véritable lame vibrante mise en mouvement par l'électro-aimant et transmettant à l'air ses vibrations.

Cette opinion dût être rapidement abandonnée.

Une lame vibrante n'est, en effet, susceptible que de fournir un seul son fondamental et une série d'harmoniques déterminées. Le fait d'encaster la lame vibrante sur tout son pourtour a, d'ailleurs, précisément pour but d'empêcher la production de ce son fondamental et de ces harmoniques. Au surplus, si on a soin d'encaster la lame sur trois points seulement, choisis sur la première circonférence correspondant à la ligne nodale du son fondamental, on obtient un récepteur qui n'est plus susceptible que de rendre ce son fondamental à l'exclusion de tout autre. L'appareil ainsi établi, dû à M. Mercadier, porte le nom de *monotéléphone* et peut être employé avec avantage pour recevoir des courants alternatifs dont la fréquence correspond exactement à la fréquence du son fondamental en question.

On a supposé en second lieu que les vibrations sonores étaient dues à des vibrations moléculaires produites sous l'action de l'électro-aimant excité par le courant alternatif.

On peut, en effet, recevoir sans difficulté avec un récepteur dont la lame vibrante est remplacée par une feuille de papier sur laquelle on a jeté de la limaille de fer, ou encore par une toile métallique.

L'hypothèse des vibrations moléculaires ne donne, à vrai dire, aucune explication du phénomène. On peut, en outre, lui opposer de graves objections tirées des expériences d'Ader et des phénomènes de réception par le condensateur dont il sera parlé plus loin.

En l'absence d'idées théoriques assises, on s'est donc ingénié simplement à faire une étude expérimentale de la *forme actuelle* des récepteurs. Cette étude a donné les résultats suivants.

Lorsqu'on fait varier dans un récepteur donné (toutes choses

égales d'ailleurs) l'épaisseur du diaphragme, on constate qu'il existe une épaisseur déterminée pour laquelle on obtient un maximum de sensibilité ; cette épaisseur est d'ailleurs variable suivant les types.

Même résultat lorsqu'on fait varier dans un récepteur donné (toutes choses égales d'ailleurs) le diamètre du diaphragme.

L'emploi de métaux magnétiques pour la plaque vibrante augmente notablement l'intensité de l'audition ; celui de métaux diamagnétiques (cuivre, aluminium) accroît notablement la netteté.

Lorsqu'on fait varier (toutes choses égales d'ailleurs) l'intensité du champ, on arrive très rapidement à un maximum d'intensité d'audition ; l'emploi d'électro-aimants pour créer le champ inducteur est inutile et même, dans certains cas, nuisible.

On ne saurait trop insister sur ce fait que les lois qui précèdent ne sont applicables qu'aux formes de récepteurs actuellement en usage.

Il semble cependant que le téléphone puisse être étudié méthodiquement, en se basant sur le fait qu'il est un moteur alternatif synchrone fonctionnant durant le régime variable, et en profitant des indications fournies par l'étude des moteurs industriels similaires.

En particulier, le fait que le téléphone est un moteur entraîne immédiatement comme conséquence qu'on ne saurait l'accoupler indifféremment à un générateur quelconque. En d'autres termes, un récepteur ne donne son maximum d'effet qu'avec un transmetteur déterminé. C'est ce que l'expérience confirme.

Autres récepteurs téléphoniques. — Bien que tous les récepteurs téléphoniques utilisés industriellement soient pourvus d'électro-aimant, il n'est pas inutile d'indiquer, sommairement au moins, qu'il existe des récepteurs fondés sur des principes entièrement différents.

Ce sont notamment les récepteurs thermiques et les condensateurs chantants.

Le récepteur thermique se compose d'une membrane métallique encastrée sur tout son pourtour et tendue normalement par un fil métallique mince attaché au centre de cette membrane.

Les courants variables passant dans ce fil y provoquent des dilatations également variables; sous l'action de ces variations, la plaque se met en vibration et reproduit les sons actionnant le transmetteur.

Le condensateur chantant est un condensateur ordinaire intercalé sur le circuit de réception. Les pulsations du courant produisent dans ce condensateur une série de charges et de décharges et les actions mécaniques correspondantes, exercées sur le diélectrique qui sépare les lames, ont pour résultat la production d'ondes sonores reproduisant la parole transmise. Il est nécessaire toutefois que le condensateur soit normalement chargé par une pile de 10 à 12 volts environ insérée dans le circuit (*fig. 148*).

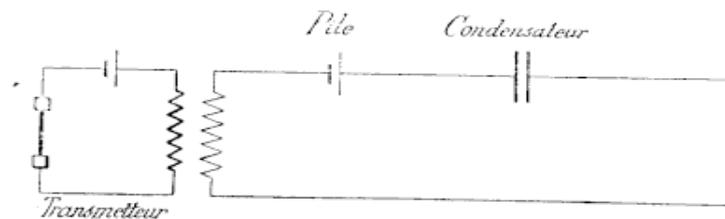


FIG. 148.

Ces récepteurs sont restés sans application pratique. Ils montrent toutefois qu'on aurait tort de croire définitive la forme usuelle des récepteurs téléphoniques.

5. — Production de signaux permanents conventionnels

Les récepteurs pour courants alternatifs et destinés à produire des signaux permanents conventionnels se réduisent à un seul type.

Ils comportent un électro-aimant en regard duquel est placée en guise d'armature une lame L encastrée dont la période de

vibration correspond à la fréquence du courant; une masse métallique déplacée le long de cette lame permet d'ailleurs d'effectuer ce réglage une fois pour toutes.

Sur la lame vibrante L repose par son extrémité une deuxième lame I ayant une période de vibration très différente de la précédente.

Au repos, les deux lames restent en contact (fig. 149) et un circuit local est normalement fermé sur un appareil récepteur à courant continu.

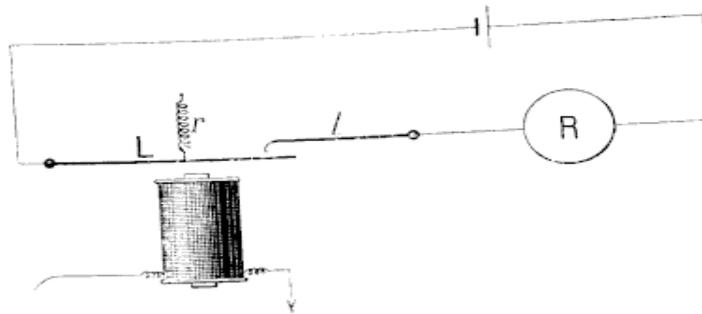


Fig. 149.

Au contraire, dès que le courant passe, la lame L se met à vibrer avec sa période propre: la lame I ne pouvant suivre ce mouvement, le contact est rompu et avec lui le circuit local (Gray).

Les signaux ici correspondent donc à une interruption de courant dans le circuit local.

On remplace quelquefois la lame I par une simple butée. Le fonctionnement de l'électro ne produit plus alors une interruption du circuit, mais une augmentation de sa résistance électrique au point de contact avec la butée (phonopore).

γ. — Production de signaux permanents imprimés

Théoriquement, les récepteurs précédents pourraient être utilisés pour la formation de signaux imprimés. En pratique, les récepteurs employés pour cet office sont toujours des récepteurs pour courant continu.

Les seuls appareils imprimeurs à courant alternatif réalisés jusqu'à ce jour sont, en effet, des appareils synchrones et l'on a vu que, dans ces appareils, on décomposait la période du courant reçu en deux parties, l'une positive arrivant à une première série de plots, l'autre négative arrivant à une seconde série de plots. Les courants allant de ces plots aux appareils récepteurs sont donc des courants de même sens et non plus des courants alternatifs.

C. — RÉCEPTEURS POUR ONDES HERTZIENNES

Principe. — Le récepteur uniquement employé jusqu'à ce jour dans les systèmes de transmission par ondes est le cohéreur ou radioconducteur imaginé par Branly.

Nous avons vu que les ondes hertziennes jouissent de la propriété d'orienter les particules métalliques constituant le radioconducteur et de diminuer considérablement la résistance électrique de cet appareil ; un choc mécanique suffit pour détruire cette orientation et ramener la résistance à sa valeur primitive.

Les cohéreurs le plus généralement employés en télégraphie sans fil et qui paraissent avoir donné les meilleurs résultats sont les cohéreurs à limailles. La figure 450 indique la forme

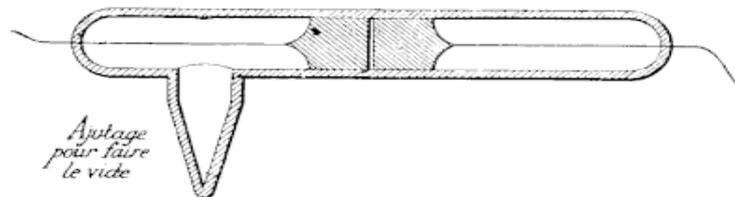


FIG. 450.

la plus répandue. Elle est due à Branly. La limaille est insérée dans un tube en verre entre deux électrodes métalliques placées à environ 0,5 millimètre. La variation de la distance entre ces électrodes est d'ailleurs sans action appréciable sur la sensibilité de l'appareil. La pression de ces électrodes sur la limaille a, au

contraire, une grande importance. Il est également nécessaire, en pratique, que l'un des deux métaux constituant la limaille et l'électrode soit légèrement oxydable. Il est convenable de faire le vide dans le tube ou de le remplir d'un gaz inerte pour que le cohéreur ait une longue durée.

Les limailles les plus employées sont soit en nickel (Marconi), soit en argent (Marconi, Slaby), soit en fer (Tissot), soit en or (Boulangier et Ferrié).

Ces détails donnés, l'agencement d'un poste-récepteur pour ondes hertziennes est le suivant.

Le radioconducteur est normalement relié à l'antenne et à la terre; il est intercalé d'autre part dans un circuit comprenant une pile locale et un électro-aimant très sensibles. L'armature de cet électro-aimant est réglée de telle sorte qu'elle ne fonctionne pas lorsque le radioconducteur a sa résistance normale, et fonctionne franchement lorsque celui-ci est impressionné par les ondes (*fig. 151*):

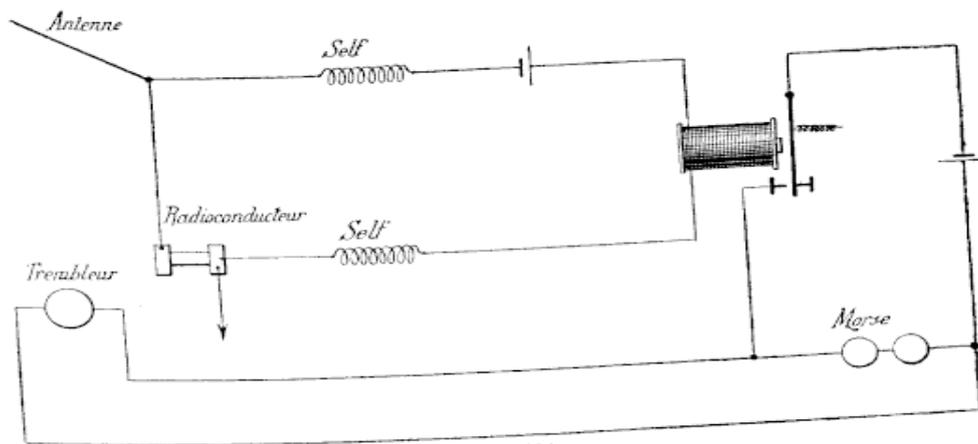


FIG. 151.

Ce premier circuit local contient, en outre, deux bobines de résistance à forte self-induction, destinées à atténuer les perturbations qui pourraient y être produites par les ondes.

L'armature de l'électro-aimant ferme, d'autre part, au moment où elle est attirée, la pile d'un deuxième circuit local

sur une double dérivation comprenant, l'une un récepteur Morse ordinaire, l'autre un électro-aimant trembleur dont le battant vient frapper le radioconducteur de manière à le décoherer.

L'ensemble théorique des communications est représenté par la figure 151.

Les précautions exigées au poste de transmission pour l'établissement de l'antenne et sa liaison à la terre, sont encore nécessaires au poste de réception. Nous ne les rappellerons pas. En outre, il y a lieu d'enfermer l'ensemble du poste dans une boîte en fer pour éviter, au moment de la transmission, l'action violente de l'excitateur sur le circuit du cohéreur.

Syntonisation. — Tel quel le récepteur qui vient d'être décrit est susceptible d'être actionné par les ondes provenant d'un poste transmetteur quelconque.

Une communication transmise par un poste A à un poste B peut donc être interceptée par un poste C. En outre, si deux communications voisines sont établies, les deux postes récepteurs reçoivent simultanément les deux transmissions et la lecture est impossible dans chacun d'eux.

Pour qu'un tel inconvénient ne se produise pas, il serait nécessaire de réaliser un résonateur qui ne résonne que pour des ondes transmises par un excitateur déterminé.

Le problème, connu sous le nom de *syntonisation*, n'a pas encore reçu de solution satisfaisante.

Parmi les très nombreuses tentatives faites jusqu'à ce jour pour réaliser la syntonie, on doit toutefois mentionner les expériences de M. Slaby.

Deux postes A et B émettaient des oscillations de longueurs d'ondes bien déterminées.

Au poste récepteur C, l'antenne était directement mise à la terre et deux cohéreurs étaient placés à l'extrémité de fils horizontaux de longueurs convenablement calculées, reliés au pied de l'antenne (*fig.* 152).

On a pu recevoir distinctement sur chacun des cohéreurs les

deux transmissions, l'un d'eux n'enregistrant que les signaux du poste A, et l'autre ceux du poste B.

En l'état actuel, il ne semble pas, en résumé, que la télégra-

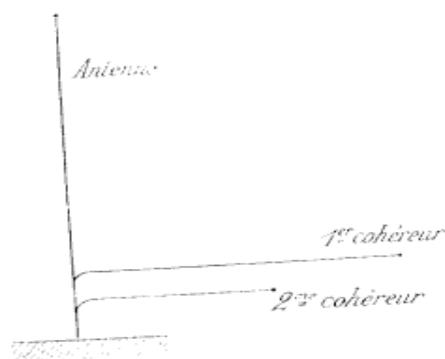


Fig. 152.

phie sans fil par ondes hertziennes puisse être encore d'un usage commercial. Son utilisation est pour le moment limitée à des cas particuliers, en nombre restreint.

D. — APPAREILS SERVANT A LA FOIS DE RÉCEPTEURS ET DE TRANSMETTEURS

Nous avons supposé dans tout ce qui précède que la fonction unique demandée à un récepteur était la production d'un signal. Il est clair que, lorsqu'on fait usage d'un électro-aimant comme récepteur, le mouvement de l'armature sous l'action du passage du courant peut être utilisé à tout autre fonction convenablement choisie, notamment à produire une nouvelle transmission automatique. Les récepteurs de cette sorte portent le nom de *relais*.

Jusqu'à ce jour, on n'a fait usage de relais que dans le cas des transmissions à courant continu.

Relais pour courants continus d'un seul sens. — Soit, en particulier, un électro-aimant A monté à l'extrémité d'une

ligne L_1 , on voit (*fig. 153*) qu'il suffit de relier l'armature de cet électro à une ligne L_2 , et sa butée de travail à une source d'énergie pour que l'armature fonctionne exactement comme

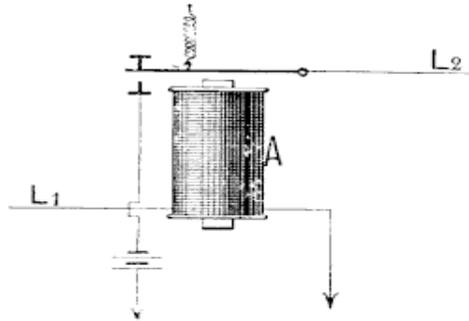


FIG. 153.

un manipulateur ordinaire intercalé sur la ligne L_2 .

Tout électro-aimant récepteur peut évidemment servir de relais. On a l'habitude, toutefois, d'employer pour cet usage les électros polarisés qui n'ont pas de ressort antagoniste et dont le fonctionnement est à la fois plus sûr et plus sensible.

De plus, si l'on veut que les émissions de courant provenant de la ligne L_2 provoquent à leur tour une manipulation automatique sur la ligne L_1 , on doit intercaler sur cette ligne L_2 un second récepteur monté semblablement.

L'ensemble des communications est alors le suivant (*fig. 154*):

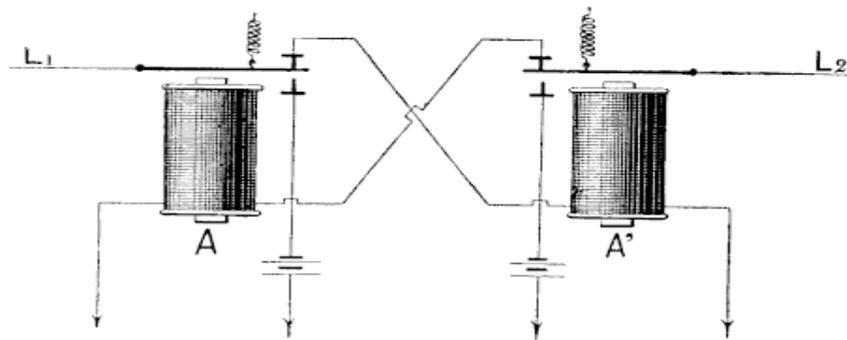


FIG. 154.

Un appareil de cette sorte représente un véritable poste intermédiaire effectuant à volonté les transmissions dans les deux sens. On peut le constituer avec des récepteurs quelconques, des Morse par exemple.

Fréquemment aussi ces récepteurs sont groupés sur une

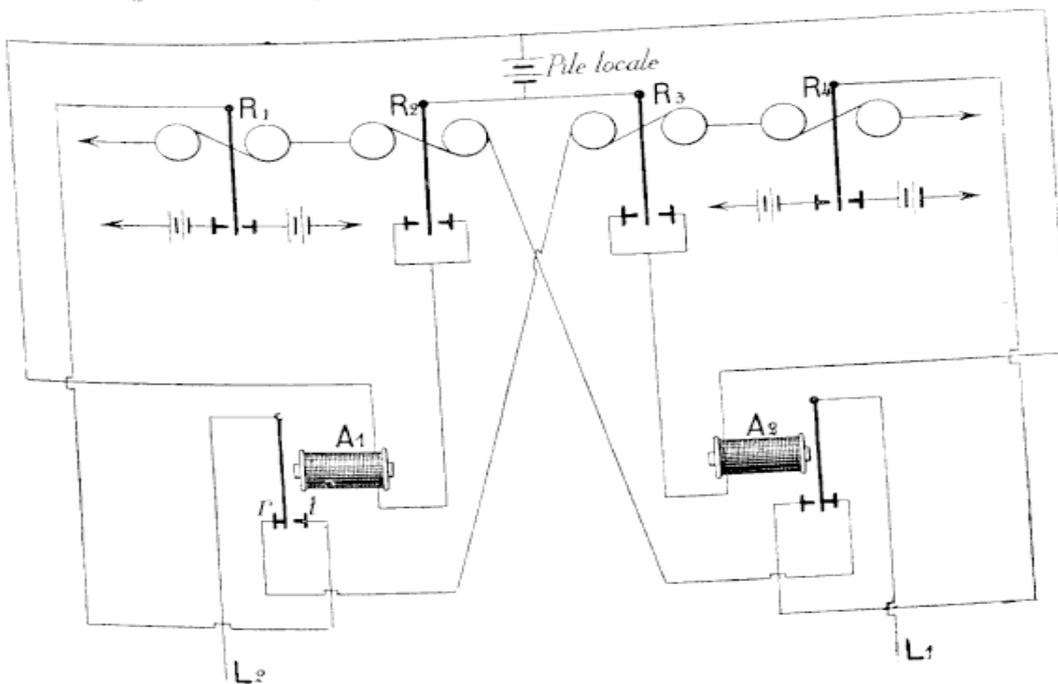
même planchette (relais Froment, relais de l'administration française dits « des Ateliers »).

Relais pour courants continus des deux sens. — Le dispositif précédent est insuffisant lorsqu'il est fait usage de courants continus des deux sens. Dans ce cas, en effet, on sait que le manipulateur comporte trois positions : au repos, liaison de la ligne avec le récepteur, en cours de transmission, suppression de la liaison précédente et liaison de la ligne tantôt avec une source positive, tantôt avec une source négative.

La solution consiste dans l'emploi, sur chacune des lignes, de deux électro-aimants polarisés au lieu d'un seul. L'un est chargé d'effectuer la manipulation proprement dite ; le second supprime en temps voulu, c'est-à-dire pendant la transmission, la liaison avec le récepteur.

Cela revient à adjoindre au dispositif général de relais un dispositif de commutation sur réception.

La figure 155 représente le montage :



Sur la ligne L_1 , par exemple, sont installés les électro-aimants polarisés R_1 et R_2 .

Quel que soit le sens du courant parvenant dans R_2 , le jeu de l'armature de R_2 a pour résultat de fermer le circuit d'une pile locale à travers un électro-aimant ordinaire A_1 ; l'armature de cet électro, reliée normalement à la ligne L_2 , passe donc, toutes les fois que L_1 transmet, de la butée de repos x sur la butée de travail y , rompant ainsi la communication de L_2 avec les appareils de réception R_3 et R_4 .

Le second relais polarisé R_3 , intercalé sur la ligne L_1 , a pour fonction de relier à la butée de travail y sur laquelle repose désormais l'extrémité de la ligne L_2 , tantôt une source d'énergie positive, tantôt une source d'énergie négative, et cela suivant le sens du courant envoyé sur L_1 .

Le dispositif étant entièrement symétrique, toute émission effectuée sur L_2 est transmise dans les mêmes conditions sur L_1 .

Remarque. — L'armature du relais R_2 oscillant constamment entre ses butées, il se produit sur le circuit local commandant l'électro-aimant A_1 de très brèves interruptions. Il importe cependant que l'armature de A_1 , une fois attirée, ne quitte pas son butoir de travail pendant ces interruptions.

On obtient ce résultat, d'une part, en augmentant l'inertie de cette armature et, d'autre part, en recourant au dispositif électrique suivant (*fig. 156*).

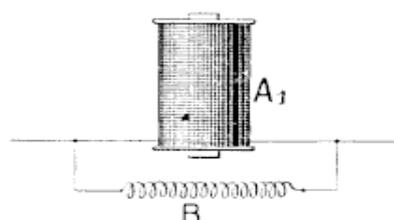


FIG. 156.

L'électro-aimant A_1 est shunté par une résistance R . Au moment de l'interruption, l'extra-courant de rupture produit dans la bobine s'écoule à travers le shunt et prolonge, par son passage, la durée d'action de l'électro-aimant.

Nous avons achevé ici l'exposé des principes généraux qui régissent la construction des organes élémentaires d'une télécommunication.

Il reste à examiner le rendement que peuvent fournir les divers groupements de ces organes. Toutefois, avant d'aborder cette étude, il ne sera pas inutile d'appliquer les principes précédents à quelques cas particuliers.

A titre d'exemple, nous allons donc procéder à la revue des appareils le plus fréquemment en usage dans l'administration française. Cette exposition montrera la marche à suivre lorsqu'on veut se rendre compte, à la lumière des théories générales données plus haut, du mécanisme d'un appareil déterminé.

CHAPITRE V

APPLICATION DES PRINCIPES PRÉCÉDENTS A L'ÉTUDE DES APPAREILS TÉLÉGRAPHIQUES USUELS

A. — ÉTUDE DE L'APPAREIL MORSE

Formation des signaux. — Les signaux utilisés dans l'appareil Morse sont obtenus à l'aide d'émissions de courants continus d'un seul sens et en donnant aux durées d'émission e et aux intervalles d'émission i des valeurs approximatives.

L'appareil Morse comporte donc un manipulateur à main.

Les signaux conventionnels formés de traits et de points — conformément à un code, dit code Morse — sont inscrits par le récepteur.

Transmetteur. — Le transmetteur Morse est le transmetteur type de cette catégorie (*fig. 35*).

Deux particularités spéciales méritent seules d'y être signalées. Les contacts sont tous terminés par une goutte de platine. Le contact d'arrière est, en outre, constitué par la pointe d'une vis qui peut être plus ou moins abaissée et permet ainsi de régler l'amplitude des déplacements du levier. Le jeu moyen du levier qu'il convient d'adopter est d'environ 2 millimètres.

Récepteur. — Le récepteur est un récepteur à électro-aimant, pour signaux conventionnels permanents et à enregistrement direct (*fig. 157*).

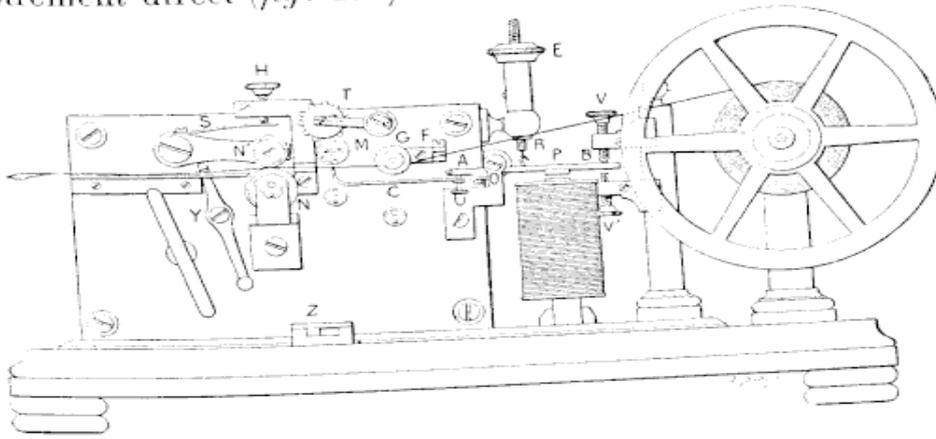


FIG. 157.

Il comporte donc :

- 1° Un électro-aimant ;
- 2° Une bande sur laquelle s'opère l'inscription ;
- 3° Un mouvement d'horlogerie entraînant la bande ;
- 4° Un organe inscripteur.

a) Électro-aimant

L'électro-aimant du Morse est un électro ordinaire, en fer à cheval, armé de 2 bobines ayant chacune 250 ohms de résistance.

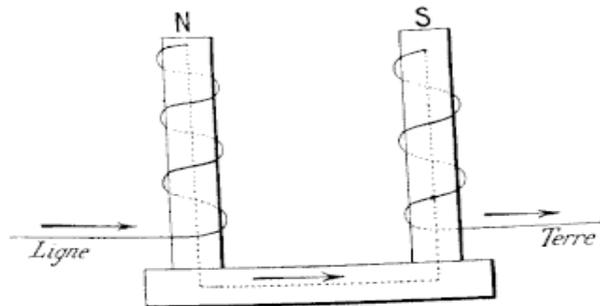


FIG. 158.

La communication entre les fils des deux bobines a lieu par le noyau (*fig. 158*). Les extrémités extérieures de ces fils abou-

tissent à deux bornes extérieures marquées L et T et reliées, quand l'appareil est en station, l'une à la ligne, l'autre à la terre.

L'armature de l'électro-aimant est une palette en fer doux montée à angle droit sur un levier oscillant autour d'un point O. L'extrémité de ce levier oscille entre deux butées (*fig. 159*).

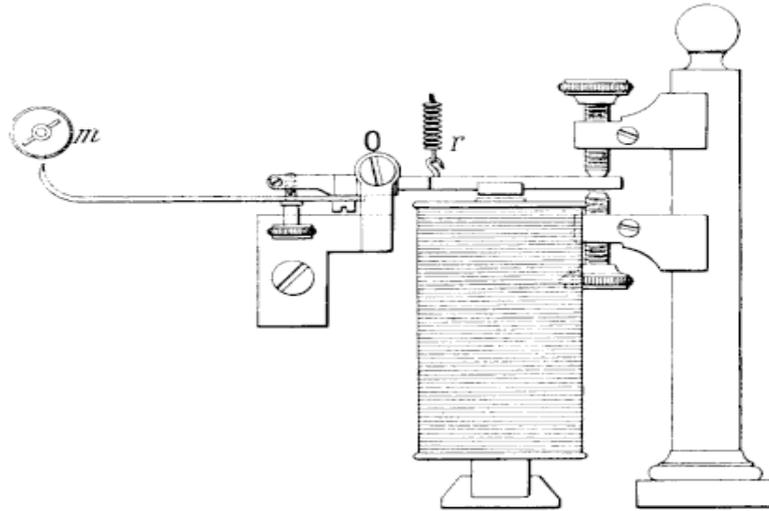


FIG. 159.

Le ressort antagoniste de l'armature est un ressort en boudin *r* suspendu à une vis qui permet d'en régler la tension.

b) Bande

La bande, en rouleau, est placée sur un dévidoir, à droite de l'appareil; elle passe dans une fourchette, s'engage entre les joues mobiles d'un guide G, puis entre deux cylindres entraîneurs, N et N', dont l'un, mû par le mouvement d'horlogerie, provoque le déroulement; elle vient enfin s'étaler sur une platine (*fig. 157*).

Une manette Y permet de soulever l'un des cylindres entraîneurs pour l'introduction de la bande: un ressort S commandé par une vis H assure la pression convenable des cylindres l'un sur l'autre.

La vitesse normale de déroulement est d'environ 1^m,20 à la minute.

c. Mouvement d'horlogerie

Le mouvement d'horlogerie est actionné par un ressort enfermé dans un barillet; ce ressort peut être tendu à l'aide d'une clé : un cliquet maintenu contre un rochet le maintient tendu, après le remontage (*fig. 160*).

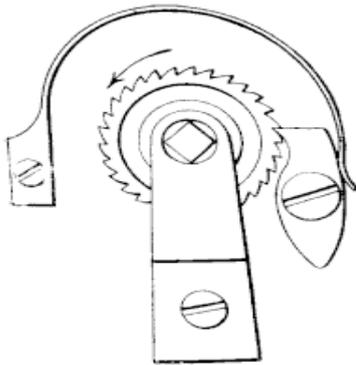


FIG. 160.

7 concaves et 1 convexe. Au bout du septième tour pour le remontage, le doigt se trouve arrêté par la croix de Malte, et l'on ne risque pas de donner au ressort une tension exagérée.

Une série de roues dentées et de pignons sert à la transmission du mouvement.

Ce mouvement est enfin régularisé par un volant à force centrifuge engrenant par une vis sans fin avec le dernier mobile.

Ce volant est formé de deux ailettes s'écartant sous l'action de la force centrifuge; deux légers ressorts appuient sur des goupilles placées sur les ailettes (*fig. 161*).

On remarquera que ce dispositif est défectueux : l'ensemble

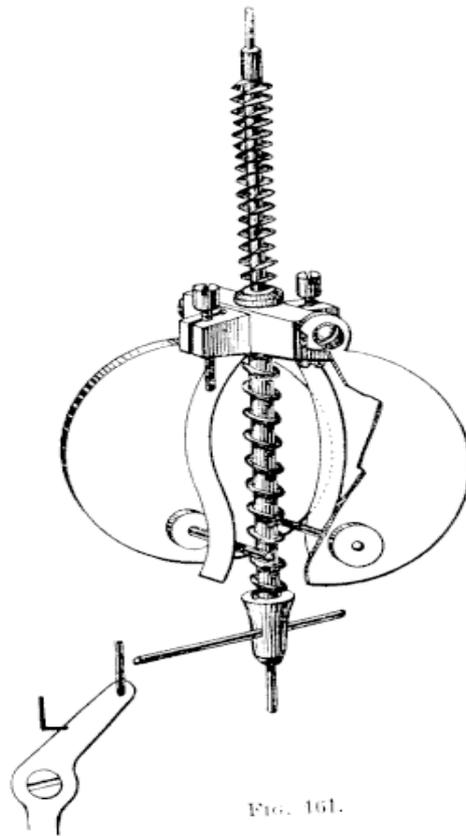


FIG. 161.

du volant est, en effet, disposé de telle sorte qu'il puisse absorber un excès de travail moteur, mais il est incapable de restituer du travail, en cas d'excès du travail résistant. Une des formes mentionnées dans l'étude générale des régulateurs serait donc préférable.

Un levier L, manœuvré à la main, permet d'arrêter, à l'aide d'un doigt, le volant et par suite le mouvement d'horlogerie.

d) Organe inscripteur

Cet organe est à encreur fixe. L'encreur (*fig. 133 et 157*) est constitué par une molette M entraînée par le mouvement d'horlogerie et faisant tourner un tampon imprégné d'encre oléique. Le tampon, porté par une chape T repose sur la molette par son propre poids.

Le levier qui porte l'armature (*fig. 157 et 159*) est prolongé par un couteau C pouvant être plus ou moins soulevé à l'aide d'une vis V et dont l'extrémité vient aboutir sur le papier en regard de la molette.

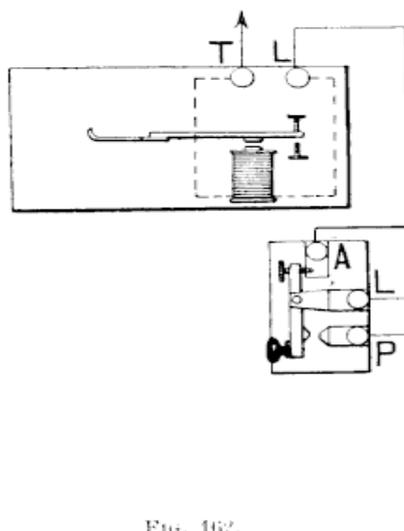


FIG. 162.

en regard de la molette.

Chaque fois que l'armature est attirée, elle soulève le papier et la molette laisse une trace sur la bande.

Ensemble des communications. — L'ensemble des communications d'un poste Morse est représenté ci-contre (*fig. 162*).

Réglage. — Il reste à mentionner les différents réglages qu'entraîne l'utilisation de l'appareil Morse.

On désigne, sous le nom de *réglage d'un appareil*, les opérations permettant de donner aux divers organes de cet appareil la meilleure position pour obtenir une réception régulière.

Le réglage du manipulateur Morse consiste à déterminer exactement le jeu du levier. Nous avons vu que ce jeu doit être de 2 millimètres environ.

Le réglage du récepteur comprend les opérations suivantes :

- 1° Déterminer la hauteur du couteau, en agissant sur la vis qui le soutient, de manière à obtenir un contact franc entre le papier et la molette au moment du soulèvement de l'armature ;

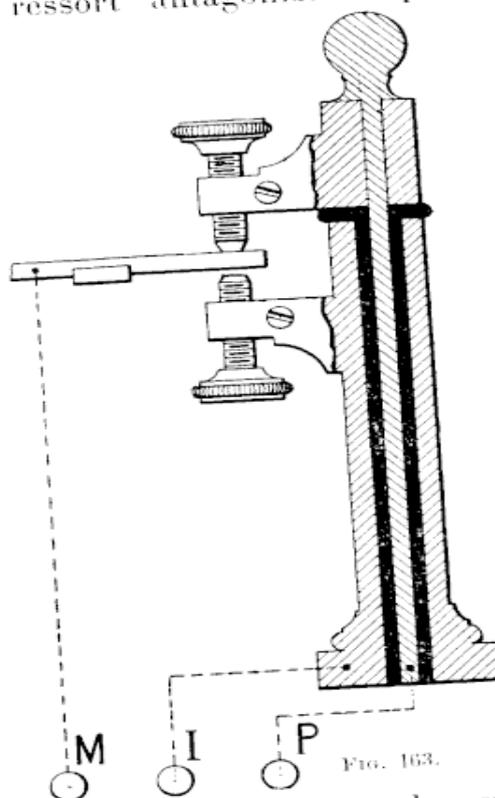
- 2° Déterminer la position des vis butoirs : la vis butoir inférieure doit être fixée, une fois pour toutes, de manière qu'en aucun cas l'armature ne vienne au contact du noyau ; la vis supérieure doit être placée de telle sorte qu'au repos le papier soit à 2 millimètres environ de la molette ;

- 3° Déterminer la tension du ressort antagoniste. Après avoir détendu au maximum le ressort, on le tend de nouveau jusqu'à ce que, abaissée à la main, l'armature se relève très franchement. On invite ensuite le correspondant à transmettre. Si les signaux ne sont pas nettement séparés, la tension est encore insuffisante. Si au contraire des signaux manquent, la tension est trop forte.

Au cas enfin où, les limites de déplacement de la vis étant atteintes, la tension est encore trop forte ou trop faible, on agit ensuite sur la vis butoir supérieure, en l'abaissant ou en la relevant.

Morse translateur. —

Dans certains appareils anciens, la colonne portant les vis butoirs est composée de deux parties isolées et l'armature est reliée à une borne spéciale, comme l'indique la figure 163.



Le Morse ainsi monté peut alors servir à une translation ; ce dispositif, toutefois, n'est pas recommandable et il est préférable, pour les relais, de recourir toujours à des organes spéciaux.

Examen critique. — Tel quel, l'appareil qui vient d'être décrit prête à un certain nombre de critiques.

On peut lui reprocher sa construction qui manque de solidité et la complication du mouvement d'horlogerie qui, grâce à la forme et à la commande du volant, exige un ressort hors de proportion avec la force utilement dépensée.

Il est permis, en outre, de croire que l'encreur mobile donnerait de meilleurs résultats que l'encreur fixe.

Enfin la commande du ressort antagoniste est particulièrement lente et difficile à surveiller.

B. — ÉTUDE DE L'APPAREIL HUGHES

Formation des signaux. — L'appareil imprimeur Hughes rentre dans la catégorie des appareils dans lesquels on donne à e une valeur constante et à t des valeurs caractéristiques.

Il comporte un transmetteur automatique à obstacles mécaniques et deux organes synchrones non reliés à la ligne.

Transmetteur. — Le transmetteur, entièrement conforme dans son principe au transmetteur à obstacles mécaniques que nous avons déjà décrit comprend :

- 1° Un clavier composé de 28 touches ;
- 2° Un cercle fixe comportant 28 logements dans lesquels sont abrités des obstacles mécaniques commandés par les touches et portant le nom de *goujons* ;
- 3° Un bras mobile nommé chariot tournant au-dessus du cercle fixe et en synchronisme avec une roue des types placée au poste récepteur ;
- 4° Le manipulateur proprement dit.

a) Clavier

Le clavier ne comporte, nous l'avons dit, que 28 touches.

On a appliqué, en effet, à l'appareil le système d'inversion permettant de réduire à $n + 2$ le nombre de touches correspondant à la production de $2n$ signaux.

Sur ces 28 touches, 26 peuvent donc déterminer la production de 52 signaux différents : 2 servent au passage du premier au second groupe de n signaux et inversement, sans produire aucune impression de signal correspondant.

Chaque touche commande un levier prolongé sous la table de manipulation et contourné de manière à aboutir sous le goujon qu'elle doit soulever. Elle porte l'indication des 2 signaux dont elle détermine la production.

L'ensemble du clavier, analogue à un clavier de piano, présente les touches sur deux rangées; les touches de la rangée postérieure sont noires, celles de la rangée antérieure blanches.

b) Cercle fixe

Le cercle fixe forme la partie supérieure d'une boîte cylindrique fixée sur la table de l'appareil et comporte 28 logements.

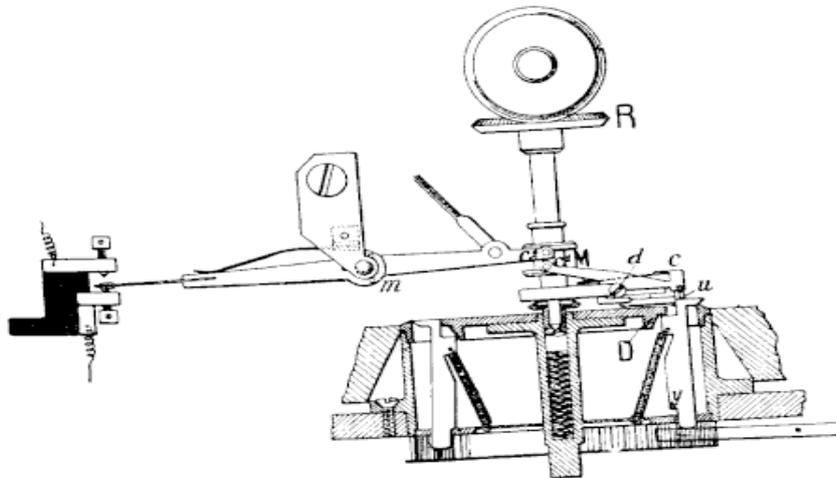


FIG. 164.

Une saillie conique D, placée à la partie inférieure, sert de guide aux goujons lorsqu'ils sont soulevés (fig. 164).

Les goujons y en acier ont la forme représentée par la figure 164. Au repos, un ressort en boudin appuie leur encoche sur le cercle D et la tête affleure au niveau du cercle fixe.

Lorsqu'on appuie sur la touche correspondante, celle-ci soulève le goujon qui prend la position marquée sur la figure et devient ainsi l'obstacle chargé de déterminer le fonctionnement du manipulateur en temps utile, grâce à sa rencontre avec le chariot. Les positions de repos et de travail sont donc les suivantes (fig. 165 et 166).

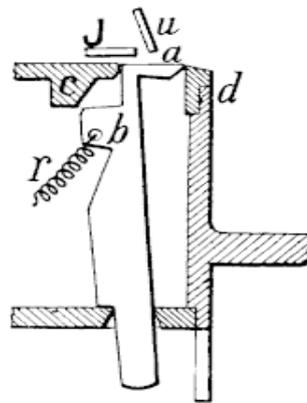


FIG. 165.

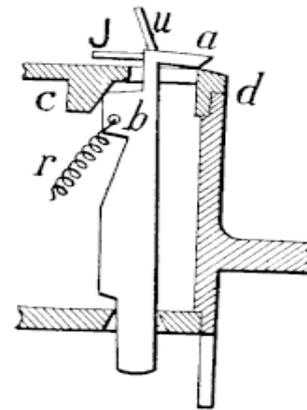


FIG. 166.

c) Bras mobile

Le bras mobile ou chariot est porté par un axe participant au mouvement général de l'appareil (fig. 164).

Cet axe tourne exactement à la même vitesse que la roue des types du poste, grâce à une roue d'angle R engrenant avec une roue semblable portée par l'axe de la roue des types. Il repose sur une sellette supportée elle-même par un ressort. Un manchon M muni de deux rebords est monté à frottement doux sur lui et sert à le lier au chariot.

Le chariot se compose d'un bras coudé ec_1 pivotant autour d'un axe d dont l'extrémité e_1 repose sur le bord inférieur du manchon M, tandis que son extrémité e porte une lèvre u .

Un second levier mc_2 , lié au manipulateur proprement dit,

appuie contre le rebord supérieur du même manchon. Il tend, sous l'action d'un ressort, à maintenir le manchon M relevé et, par suite, le levier cc_1 abaissé.

Supposons que le levier cc_1 rencontre un goujon soulevé. Pour franchir cet obstacle, ce levier pivote autour de d , abaisse le manchon M et du même coup fait aussi pivoter le levier mc_2 . C'est ce mouvement qui est utilisé pour l'émission proprement dite, émission qui durera évidemment tant que le levier mc_2 occupera sa nouvelle position.

Nous avons vu que, dans un mode de transmission de cet ordre, il était essentiel d'obtenir les résultats suivants :

1° Une fois soulevé, l'obstacle doit être assujéti nettement dans sa position de travail et y rester tant que dure l'émission, même si l'employé abandonne trop tôt la touche;

2° L'émission terminée, l'obstacle doit être mis hors d'une nouvelle atteinte, même si l'employé oublie de relever la touche.

Pour obtenir ces résultats, le chariot porte au-dessus de la lèvre u une plaque J dite plaque de sûreté (*fig. 167*).

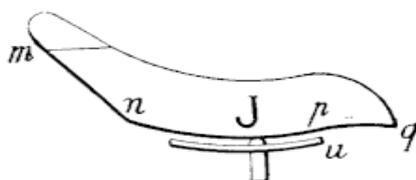


FIG. 167.

Au moment où cette plaque aborde par sa partie m le goujon, elle accentue le mouvement de celui-ci vers la circonférence du cercle fixe. Tant que la lèvre passe sur le goujon, la plaque maintient le goujon dans cette position : l'opérateur peut lâcher la touche. Dès que la lèvre a fini de passer, la plaque, agissant par sa partie $p q$, rejette encore le goujon vers l'extérieur et, si par hasard la touche reste abaissée, celui-ci demeure coincé entre la touche et le plateau du cercle fixe; il ne peut plus être atteint, même au cas où le chariot

passerait de nouveau. Les conditions requises sont bien remplies.

Lorsqu'enfin l'employé abandonne la touche, le goujon reprend place dans son logement sous l'action de son ressort de rappel.

d) Manipulateur

Le manipulateur proprement dit (*fig. 164*) est le prolongement du levier mc_2 ; relié à la ligne, il oscille entre deux butées, en communication l'une — la butée supérieure — avec la pile, l'autre — la butée inférieure — avec la réception et la terre.

Synchronisme. — Le synchronisme entre l'axe du chariot et l'axe de la roue des types au poste récepteur est obtenu par les moyens ordinaires.

Dans chacun des deux postes, le mouvement des axes est provoqué par un mécanisme d'horlogerie qui emprunte sa force soit à un poids, soit à un moteur quelconque à marche régulière.

Le mouvement des deux mécanismes est réglé par des régulateurs et parfois par des volants. Il est maintenu rigoureusement synchrone par un mécanisme de correction.

Le régulateur est un régulateur pendulaire.

Le mécanisme de correction est mécanique.

a) Régulateur

Le régulateur pendulaire (*fig. 52*) comporte une tige vibrante cylindrique, fixée au bâti de l'appareil par une forte mâchoire G. La partie rectiligne de cette tige, légèrement conique, traverse une sphère massive B en cuivre qui peut être déplacée grâce à une tringle d'acier contournant plusieurs fois la tige vibrante et commandée elle-même par une crémaillère.

Ainsi qu'on l'a vu à l'occasion de l'étude des régulateurs de

cette catégorie, le déplacement de la sphère entraîne la modification de la période de vibration propre de la lame et permet de modifier à volonté la vitesse de régulation.

La liaison entre la lame du régulateur et le dernier mobile du mouvement d'horlogerie n'est pas rigide (*fig. 168*).

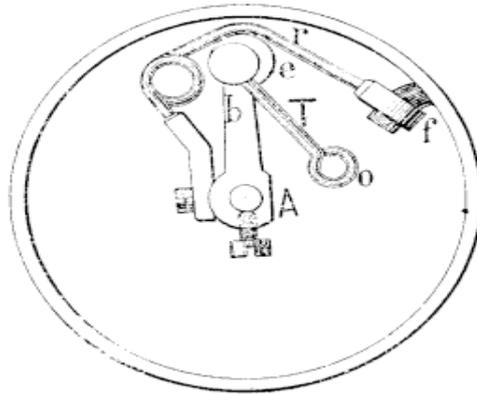


FIG. 168.

L'arbre du dernier mobile porte un bras Ab , à l'extrémité duquel sont articulés à frottement doux, d'une part une tige T , d'autre part un petit excentrique en ivoire e .

La pointe de la lame vibrante est engagée simplement dans l'œillet o , à l'extrémité de T . Quand, sous l'action de la force centrifuge, cette tige T s'écarte de l'axe A , l'excentrique agissant sur un ressort r presse un frotteur sur la surface intérieure d'un cylindre de cuivre.

On évite ainsi les écartements exagérés de l'extrémité de la tige lorsque celle-ci doit brusquement absorber un excès de travail moteur, écartements qui seraient susceptibles d'entraîner la cassure de la tige.

b) Correction

On a vu que la correction avait pour but de compenser les légers écarts de vitesse qui peuvent subsister en dépit du régulateur et qui s'ajoutent à chaque tour : nous avons dit, d'autre

part, que le plus souvent cette correction s'opérait électriquement.

Dans l'appareil Hughes, la correction s'opère mécaniquement et à chaque envoi de signal, un peu avant l'impression de ce signal.

Le principe en est le suivant :

L'impression de $2n$ signaux étant commandée par $n + 2$ goujons seulement, la roue des types est doublée d'une seconde roue comportant n dents, liée à elle de telle sorte que l'on puisse modifier leur position respective d'un angle égal à $\frac{2\pi}{2n}$, soit $\frac{1}{56}$ de circonférence dans le cas du Hughes. C'est le mécanisme d'inversion déjà décrit et sur lequel nous ne reviendrons pas (*fig. 169*).

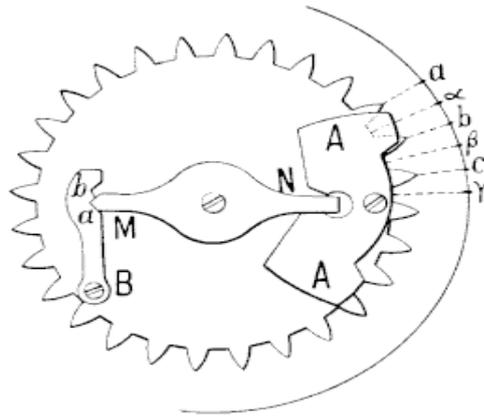


FIG. 169.

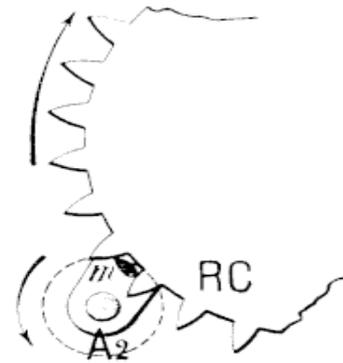


FIG. 170.

Supposons que l'ensemble de ces deux roues soit monté à *frottement doux* sur l'axe qui l'entraîne.

Une came m (*fig. 170*) portée par un autre axe A_2 fait sa révolution dans le même plan que la roue dentée RC liée à la roue des types et dite *roue correctrice*. Cette révolution est provoquée par l'émission de courant destinée à la transmission du signal. La came m est orientée sur son axe de telle sorte que, si le signal à imprimer occupe exactement sa position normale, c'est-à-dire si le synchronisme est parfait, elle passe exacte-

ment dans le creux séparant deux dents consécutives dans la roue correctrice.

Si la roue des types est en retard, la came m frappant la dent fait glisser l'ensemble des roues sur leur axe et leur rend l'avance convenable.

Si, au contraire, la roue des types est en avance, la came refoule la dent postérieure et, arrêtant le mouvement de l'ensemble des roues, l'oblige à prendre le retard nécessaire.

En résumé, la correction s'opère par le choc d'une came et d'une dent de la roue correctrice, choc qui a pour résultat une avance ou un retard de la roue des types, à condition que cette roue des types et la roue correctrice invariablement liées puissent glisser à frottement doux sur l'axe qui les entraîne.

Nous voyons apparaître ici pour la première fois la caractéristique de l'appareil Hughes, c'est-à-dire un mécanisme par choc : nous allons voir, en étudiant le récepteur, que cette caractéristique reparait dans toutes les opérations relatives à l'impression du signal.

Remarquons, en outre, que, si le creux en regard duquel vient la came de correction, est occupé par l'extrémité A ou A' du levier d'inversion (*fig. 169*), cette came chasse le levier et provoque l'inversion.

On a ainsi le moyen de passer du premier système de signaux au second.

e) Volant

Bien que le régulateur et sa correction puissent suffire à maintenir le synchronisme, on munit encore d'un volant l'appareil Hughes dans certains montages, notamment en France.

Ce volant, monté sur le même axe que le régulateur, est formé par une roue très massive sur son pourtour; il est fixé de la manière suivante (*fig. 171*).

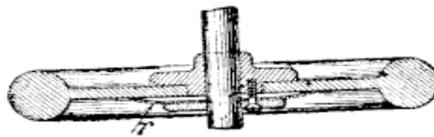


FIG. 171.

Sa partie centrale est pressée contre une assiette métallique par un fort ressort bombé r percé de trois trous à travers lesquels passent trois vis qui permettent de faire varier la pression.

Normalement, la pression du ressort suffit pour assurer la solidarité entre l'axe et le volant : mais dans le cas d'un arrêt brusque de l'appareil, le volant peut encore se déplacer en vertu de la vitesse acquise.

Dans l'appareil français, on utilise la présence du volant pour provoquer l'arrêt du mécanisme moteur. A cet effet, un levier M (*fig. 172*) commande, par un excentrique e , un

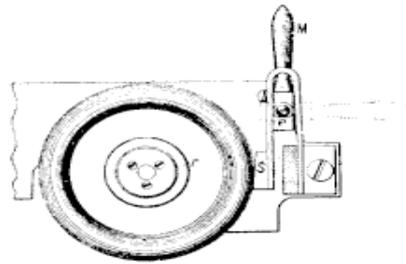


FIG. 172.

sabot S qui, suivant la position donnée au levier, vient frotter contre le volant ou reste à distance de celui-ci.

Récepteur. — Le récepteur Hughes est un électro-aimant agissant sur une armature.

Le jeu de cette armature a pour seule fonction de provoquer, par voie d'embrayage avec le mécanisme moteur, la mise en marche d'un arbre spécial dit *arbre des cames*. C'est cet arbre qui, empruntant sa force au mécanisme moteur, effectue toutes les opérations afférentes à l'impression. Le travail mécanique demandé au courant est ainsi réduit au minimum.

Étudions donc successivement l'électro-aimant, l'embrayage de l'arbre des cames sous l'action de l'armature, enfin le jeu de l'arbre des cames une fois embrayé.

a) Électro-aimant

L'électro-aimant récepteur est un électro polarisé du type Hughes (*fig. 173*). Il comporte un aimant permanent D formé de quatre plaques d'acier en fer à cheval juxtaposées par leurs pôles de même nom.

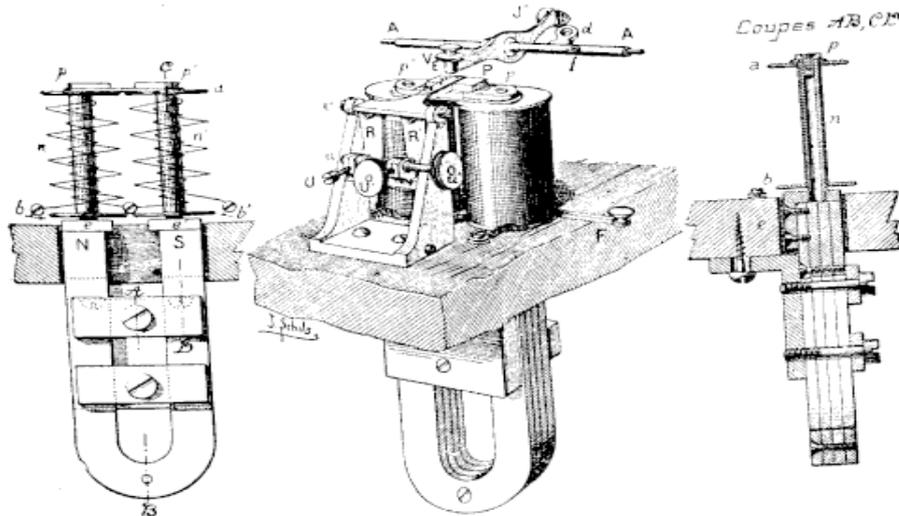


Fig. 173.

Les deux branches de cet aimant sont terminées par deux bobines à noyaux de fer doux constituant l'électro.

A l'état de repos, l'armature est en contact avec les plaques polaires des bobines, l'attraction de l'aimant permanent surmonte l'action des ressorts antagonistes R, R'.

Dès que le courant d'émission atteint une valeur suffisante et si le sens du courant est de nature à affaiblir l'action de l'aimant permanent, l'armature se détache et, obéissant à l'action des ressorts antagonistes, se soulève. Elle agit alors sur un levier LL' dit *levier d'échappement*, obligeant la partie L' et le bec muni de talon T qui la termine à s'abaisser (*fig. 174*).

C'est ce mouvement de levier qui est utilisé pour provoquer l'embrayage demandé.

Remarquons tout de suite que, ainsi qu'il a été dit à propos des électros de ce type, l'armature doit être rappelée mécani-

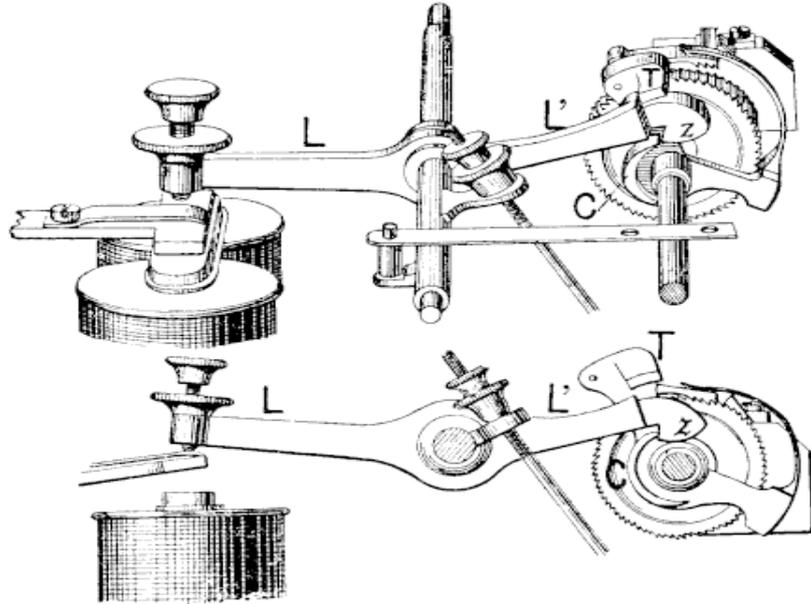


FIG. 175.

quement au repos. C'est une nouvelle fonction qui devra donc être demandée à l'arbre des cames, une fois l'embrayage opéré.

b) Embrayage

L'embrayage est opéré mécaniquement.

Il existe un grand nombre d'embrayages mécaniques : celui choisi par Hughes est l'embrayage à rochet dont le principe est le suivant (*fig. 175*) :

Soient A , A_1 , les deux extrémités d'arbres à embrayer. L'arbre A est muni d'une roue à rochet R faisant corps avec lui. L'arbre A_1 est muni d'un cliquet C qui tend à retomber sur la roue R sous l'action d'un ressort, mais qu'un obstacle O , une goupille par exemple, retient à distance de cette roue.

Tant que l'obstacle O est en place, les deux arbres sont indépendants.

Dès que l'obstacle O est supprimé, le cliquet C retombe sur

la roue R, les deux arbres deviennent solidaires. Il suffit, enfin, de ramener l'obstacle pour rompre la liaison; la rupture s'opère au moment où le cliquet dans sa rotation rencontre à nouveau l'obstacle ainsi rétabli.

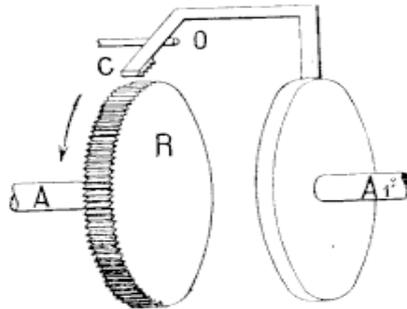


FIG. 175.

L'obstacle dans l'embrayage Hughes est constitué par le talon T du levier L', ce levier étant dans la position de repos (*fig. 174*).

Avant d'examiner le détail d'exécution de cet embrayage, il importe de rappeler que l'arbre des cames ne doit évidemment faire qu'une seule révolution pour chaque émission, puisque chaque émission correspond à l'impression d'une seule lettre. L'obstacle supprimé au début de cette révolution doit donc être rétabli avant la fin de cette révolution. L'arbre des cames devra ramener, avant la fin de sa révolution, le levier L' et, par suite, l'armature dans leurs positions de repos.

Cette opération est réalisée d'une manière très simple grâce à une saillie C en forme de colimaçon qui passe sous l'extrémité ε du levier L' (*fig. 174*) et relève progressivement celui-ci.

Les figures schématiques suivantes permettent dès lors de comprendre le dispositif complet de l'embrayage (*fig. 176, 177, 178*).

p est un plan incliné fixe, à deux faces.

R est la roue à rochet solidaire du mécanisme moteur.

AB est une pièce coudée solidaire de l'arbre des cames à embrayer. L'une des branches A porte le cliquet C. L'autre B porte un ressort qui, appuyant sur le cliquet, tend toujours à l'abaisser normalement sur la roue à rochet.

T est enfin le talon du levier L.

Au repos, ces différentes pièces occupent la position 1 (*fig. 176*). Le talon T retient la branche A, le cliquet est

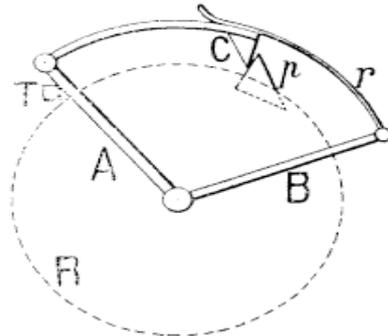


FIG. 176.

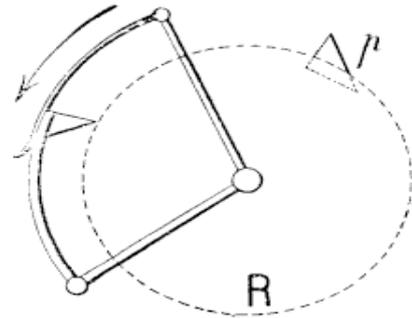


FIG. 177.

maintenu sur la face gauche du plan incliné et, ne pouvant obéir à son ressort, ne touche pas la roue R. Les arbres sont indépendants.

Dès que l'émission de courant provoque l'abaissement du levier L, le talon T s'efface (position 2 *fig. 177*). Le cliquet descend le long du plan incliné sous l'action du ressort r ; la pièce A basculant sous l'action de son poids aide au mouvement; l'embrayage s'effectue; les deux axes tournent ensemble.

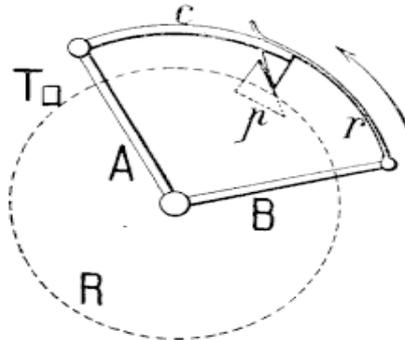


FIG. 178.

A la fin de la rotation, le talon T a repris sa position, grâce au colimaçon; mais le cliquet atteint la face droite du plan incliné, avant que la branche A atteigne ce talon (position 3, *fig. 178*). Gravissant cette face, le cliquet se détache de la roue, l'embrayage est supprimé. Tou-

tefois l'arbre des cames, en vertu de sa vitesse acquise, poursuit son mouvement, fait franchir au cliquet le sommet du plan et a perdu ainsi la majeure partie de sa vitesse lorsque la branche A, rencontrant de nouveau le talon, provoque l'arrêt définitif.

Nous avons encore ici un choc à l'arrivée ; ce choc est d'ailleurs amorti dans une certaine mesure.

c) Jeu de l'arbre des cames

L'arbre des cames embrayé et effectuant une révolution unique, on doit maintenant profiter de cette révolution pour produire les opérations de l'impression proprement dite.

Ces opérations sont les suivantes :

- 1° Préparer la progression du papier ;
- 2° S'assurer que la position du signal est bien la position convenable pour une impression nette, c'est-à-dire opérer la correction ;
- 3° Lancer le papier contre le signal à imprimer ;
- 4° Enfin, en retirant le papier, profiter de ce retrait pour opérer la progression du papier.

Ce sont précisément les opérations élémentaires que nous avons énumérées dans l'étude générale des appareils imprimeurs, mais confiées à une pièce douée d'une grande énergie mécanique au lieu d'être exécutées par l'armature elle-même.

Des cames placées sur l'arbre tournant sont chargées des différents offices énumérés ci-dessus.

Ces cames sont au nombre de trois et désignées d'après leurs fonctions. Ce sont : la *came de progression*, la *came de correction* et la *came d'impression*.

Nous avons vu à propos du synchronisme quel est le jeu de la came de correction : il est inutile d'y revenir. Il suffit de retenir que l'arbre sur lequel cette came est montée, est précisément l'arbre des cames que nous examinons.

Restent la came de progression et la came d'impression.

Chacune de ces cames représentées, la première figure 179, la seconde figure 180, agissent sur des leviers L_1 ou L_2 qui leur correspondent.

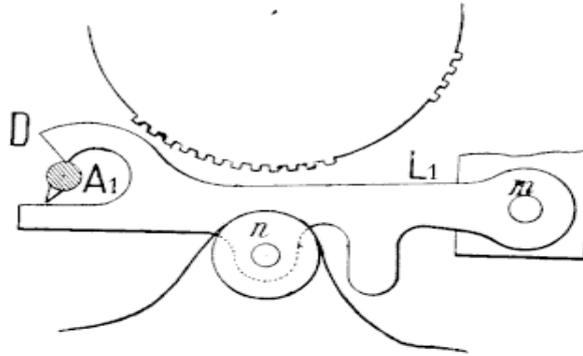


FIG. 179.

Le levier L_1 dit *levier d'impression* porte un cylindre dit également *cylindre d'impression* sur lequel passe la bande de papier et solidaire d'une roue à rochet R. Il est terminé par une fourchette dans laquelle s'engage la came d'impression A_1 , formée par une sorte de prisme triangulaire.

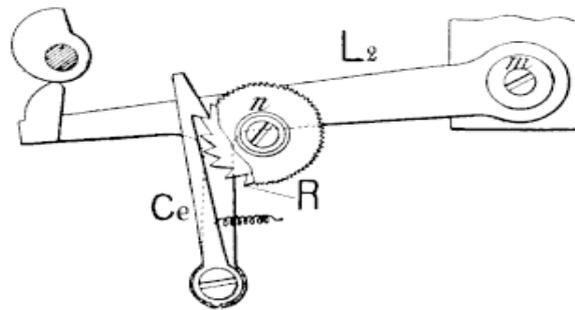


FIG. 180.

Le levier L_2 dit *levier de progression*, presse constamment par son extrémité et sous l'action d'un ressort K (*fig.* 180 et 181) sur la came de progression. Il porte, d'autre part, un appendice vertical auquel est adapté un cliquet Ce qu'un ressort fait engager dans les dents de la roue à rochet R. L'ensemble du montage au repos est représenté sur la figure 181.

Ceci posé, suivons les actions diverses exercées par ces cames durant une révolution de l'arbre des cames.

Pendant le premier quart de tour, le doigt qui termine le levier L_2 se relève le long de la partie plane de la came de progression, le cliquet Cc avance d'une dent sur la roue à rochet. La came d'impression tend à maintenir le levier L_1 sensiblement horizontal.

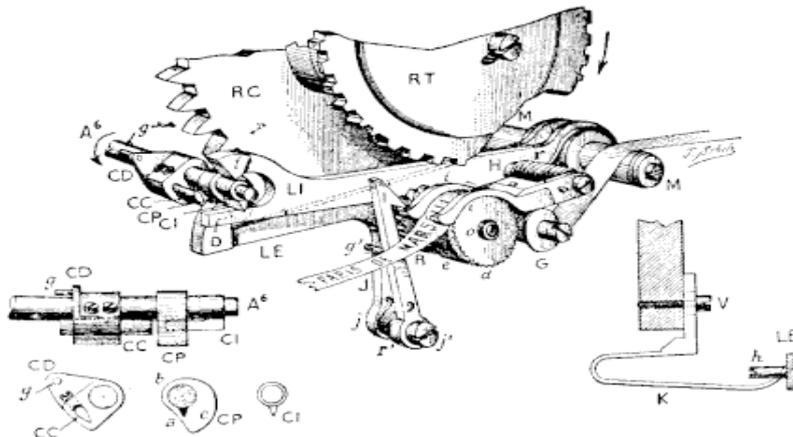


FIG. 181.

Pendant le second quart de tour, le doigt qui termine le levier L_2 parcourant la surface circulaire de la came de progression, le levier L_2 ne bouge plus. A la fin de ce second quart, la came d'impression atteint brusquement l'arête vive de la fourchette du levier L_1 ; celui-ci est soulevé vivement et lancé vers la roue des types. Le cylindre d'impression, et avec lui le papier, reçoivent l'impression du caractère occupant la place inférieure sur cette roue. C'est au même moment, d'ailleurs, que la came de correction, s'engageant dans le creux séparant deux dents de la roue de correction, rectifie au besoin et affirme la position de la roue des types.

Pendant la fin de la révolution, enfin, le levier L_1 est retombé: en revanche, le levier L_2 atteignant la partie excentrique de la came de progression s'abaisse progressivement, entraînant par l'intermédiaire du cliquet la roue R , et avec elle la bande de papier qui avance ainsi de l'intervalle nécessaire.

Remarque. — 1° Dans la pratique, l'arbre des cames tourne sept fois plus vite que la roue des types. Durant une révolution de cet arbre, quatre signaux $\left(\frac{28}{7}\right)$ occupent donc successivement la place inférieure de la roue des types.

L'impression se produit à la fin de la demi-révolution de l'arbre; deux signaux auront donc passé dans l'intervalle compris entre l'arrivée de l'émission et cette impression. Il en résulte que l'on doit décaler de deux signaux la roue des types par rapport au cercle fixe des goujons. En d'autres termes, au moment où le chariot passe sur un goujon correspondant à un signal, ce signal ne doit pas occuper la place inférieure sur la roue des types, mais être en arrière de deux places par rapport à celle-ci.

2° On doit conclure également du même fait que l'on ne pourra jamais imprimer dans un même tour deux signaux consécutifs sur la roue des types, mais seulement deux signaux séparés par quatre intervalles. C'est une gêne considérable et un élément important dans l'évaluation du rendement de l'appareil.

Rappel au blanc. — Tel quel l'appareil peut théoriquement fonctionner. Il y manque cependant un dispositif essentiel. Il importe en effet de pouvoir, dans chacun des postes, ramener la roue des types à un point de départ fixe, et cela sans toucher à la marche du mécanisme moteur. Ceci revient à pouvoir déterminer le point initial du mouvement de la roue des types, opération sans laquelle le synchronisme serait illusoire.

Examinons tout d'abord quel est exactement le problème à réaliser.

Il faut, en premier lieu, que la roue des types puisse être arrêtée, même si le moteur est en marche. Au lieu d'être montée sur l'axe du moteur, cette roue doit donc être portée par un axe indépendant, susceptible de s'embrayer ou de se débrayer à volonté avec celui du moteur. Cet arrêt pourra être, par exemple, provoqué par une manœuvre d'un levier dit *levier d'arrêt*.

En second lieu, lorsque la roue des types est arrêtée, elle doit être immobilisée dans une position unique parfaitement déterminée; le levier devra caler la roue dans cette position.

Enfin il faut que la première émission provoque, d'elle-même et sans intervention d'aucune sorte de la part du manipulateur, l'embrayage et la mise en route de la roue immobilisée dans cette position fixe. Comme l'émission a pour résultat la mise en route de l'arbre des cames, c'est à cet arbre que reviendra donc en réalité la fonction de chasser le levier d'arrêt et de rétablir l'embrayage.

On voit en résumé que la solution cherchée est réalisable à l'aide d'un embrayage du type général déjà étudié plus haut, d'un levier d'arrêt et d'une came nouvelle portée par l'arbre des cames.

La réalisation de ces organes divers est, en effet, la suivante :

1° *Embrayage*. — L'ensemble de la roue des types R_t et de la roue de correction R_c , que nous désignerons désormais sous le nom d'*organisme récepteur* reste monté directement à frottement doux sur l'axe du moteur (*fig. 182*).

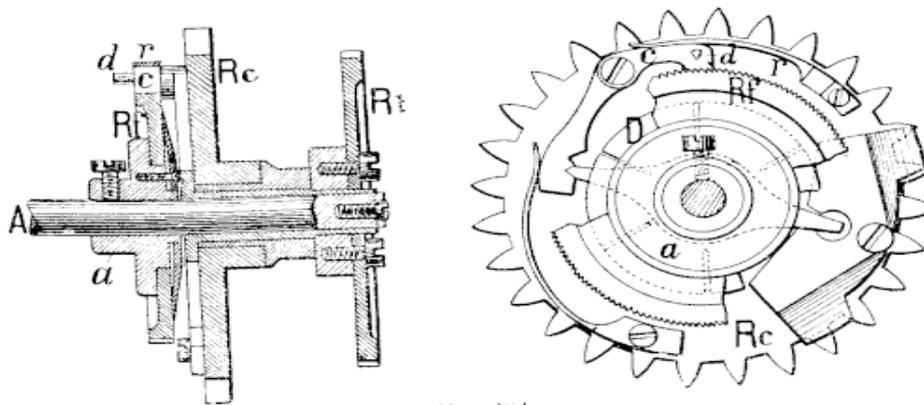


FIG. 182

En arrière de ces deux roues est une roue à rochet R_f , dite *roue de frottement* montée également sur l'axe du moteur; un cliquet C , muni d'une goupille d et monté sur la roue de correction,

établit normalement l'embrayage entre l'organisme récepteur et la roue de frottement. Si l'on soulève le cliquet en agissant sur la goupille, le débrayage a lieu.

C'est bien un embrayage identique à celui de l'arbre des cames.

Remarquons, toutefois, qu'il présente une complication supplémentaire. Il importe, en effet, de ne pas gêner la correction, c'est-à-dire qu'une fois l'embrayage établi on doit pouvoir encore déplacer l'organisme récepteur par rapport à l'axe, et ceci soit dans un sens, soit dans l'autre.

On y parvient en liant la roue de frottement et l'axe à l'aide d'un dispositif semblable à celui qui a été adopté déjà pour le volant. La roue à rochet est simplement appliquée par un ressort bombé dont la pression est réglable contre une sellette α invariablement fixée à l'axe.

On conçoit dès lors que, si l'organisme récepteur tend à aller dans le sens du mouvement de l'axe, sous l'action de la came correctrice, le choc de la came a pour résultat de faire avancer le cliquet de liaison sur la roue de frottement. Si, au contraire, l'organisme doit aller en sens inverse, le cliquet s'oppose en réalité à ce mouvement; mais cette fois le choc de la came l'emporte sur la pression du ressort rendant la roue de frottement solidaire de l'axe, et c'est l'ensemble des trois roues qui est arrêté.

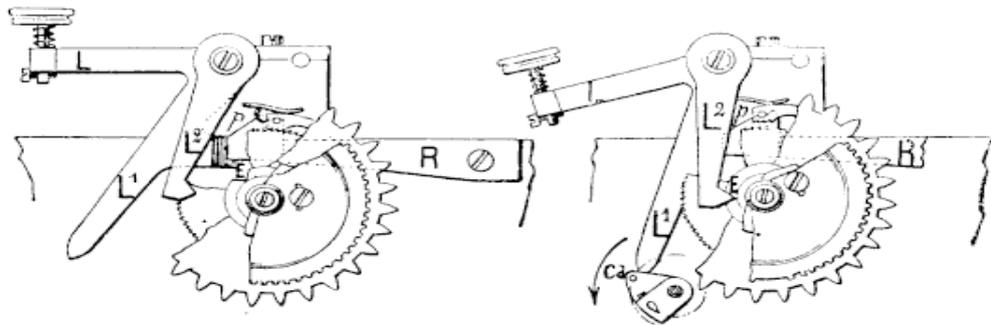


FIG. 183.

2° *Levier de rappel au blanc.* — Ce levier a trois fonctions d'après ce qu'on a vu :

1° Quand on l'abaisse, supprimer l'embrayage ;

2° L'embrayage supprimé, immobiliser la roue des types dans une position déterminée ;

3° Quand on envoie une émission, être ramené au repos par une came, en laissant du même coup l'embrayage se rétablir.

A cet effet, il comporte deux branches L_1 , L_2 commandées à la main par un bras L (*fig. 183*).

Lorsqu'on abaisse ce bras L , le levier L_1 vient s'engager dans une encoche pratiquée sur la face latérale d'un bloc p porté par un ressort-lame R ; il écarte ce bloc de la platine de l'appareil et vient le mettre à portée de la goupille du cliquet servant à l'embrayage. La partie supérieure de ce bloc p a la forme suivante (*fig. 184*).

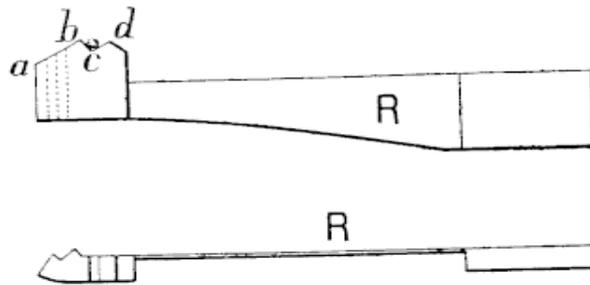


FIG. 184.

Lorsque le cliquet atteint ce bloc, il est obligé de gravir la partie ab en se soulevant; le débrayage a lieu; en vertu de la vitesse acquise, le cliquet continue sa route et vient s'immobiliser en c . La première opération souhaitée est réalisée.

Au moment précis où la goupille s'immobilise en c , le levier L_2 rencontre sur le manchon de l'organisme récepteur une encoche E (*fig. 183*) et y pénètre. La roue des types est donc bien arrêtée dans une position unique parfaitement déterminée.

Supposons enfin que, ceci fait, une émission arrive et provoque la mise en marche de l'arbre des cames: nous avons vu que la came de correction, de par sa fonction même, avait pour mission de venir frapper une des dents de la roue correctrice. Ce choc est suffisant pour faire franchir à la goupille du cliquet

l'espace cd , et reculer légèrement le bloc. La goupille retombe suivant d , et l'embrayage a lieu de nouveau. La troisième fonction est exécutée.

On ajoute toutefois par précaution à l'arbre des cames, une dernière came dite *came de dégagement* chargée d'atteindre l'extrémité du levier L_1 et de la rejeter tout à fait à l'arrière. Cela porte donc en fait le nombre des cames à 4.

Ici encore nous voyons le mécanisme fonctionnant presque uniquement par choc.

Contrôle. — Il est de règle le plus souvent que l'employé manipulant reçoive dans son propre poste sa transmission, afin de pouvoir la contrôler. Le moyen le plus simple, pour réaliser le contrôle, est évidemment de prendre sur la ligne une dérivation de résistance convenable comprenant le récepteur du poste de départ, ou bien encore d'embrocher ce récepteur sur la ligne elle-même.

On a préféré dans l'appareil français, pour éviter des difficultés d'orientation de pile, faire commander mécaniquement le récepteur au départ par la manœuvre du levier de transmission.

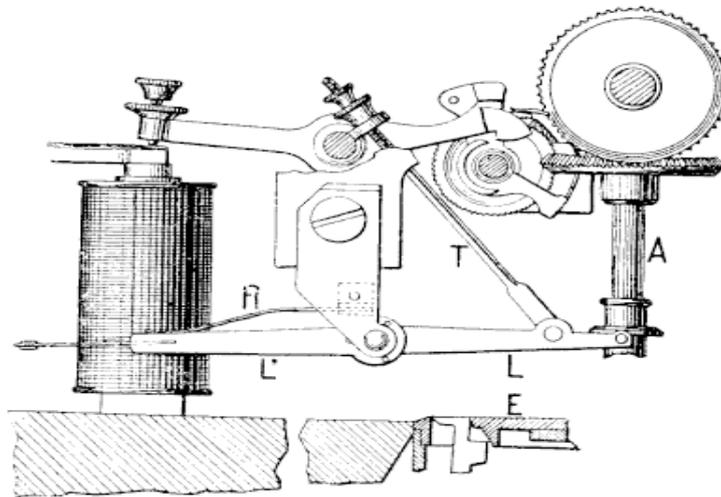


FIG. 185.

Il suffit, à cet effet, de relier, par une pièce rigide T , le levier d'émission au levier d'échappement (*fig. 185*).

Communications électriques de l'appareil. — La marche théorique des courants dans l'appareil Hughes est en principe très simple et entièrement semblable à celle qui existe dans un Morse ordinaire. Il suffit de remplacer dans ce dernier le manipulateur à main par le manipulateur que comporte le transmetteur automatique Hughes (*fig. 186*).

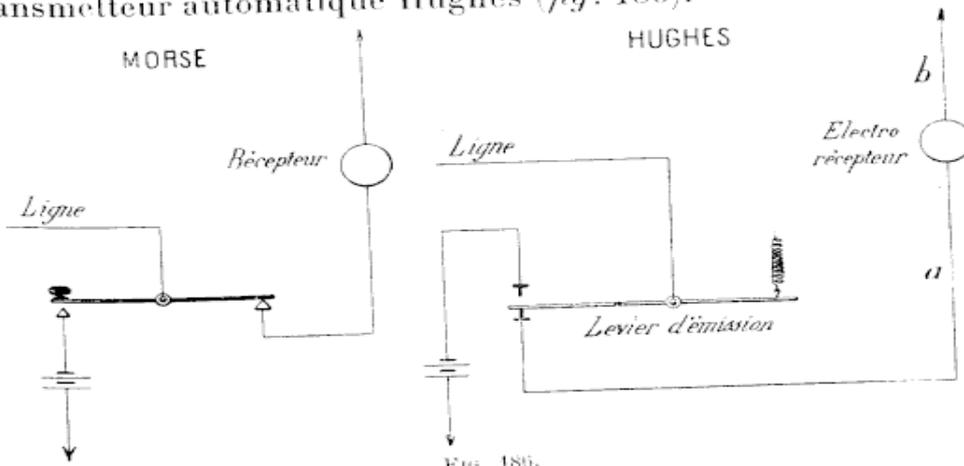


FIG. 186.

Un tel montage doit cependant être modifié, en raison de ce fait que l'électro Hughes récepteur est un électro polarisé.

Nous avons vu, dans l'étude de ces électros, qu'ils étaient actionnés par un courant de sens déterminé : il importe donc de pouvoir à volonté inverser les attaches de l'électro Hughes à la ligne et à la terre, de manière à recevoir, quelle que soit l'orientation de la pile du poste correspondant.

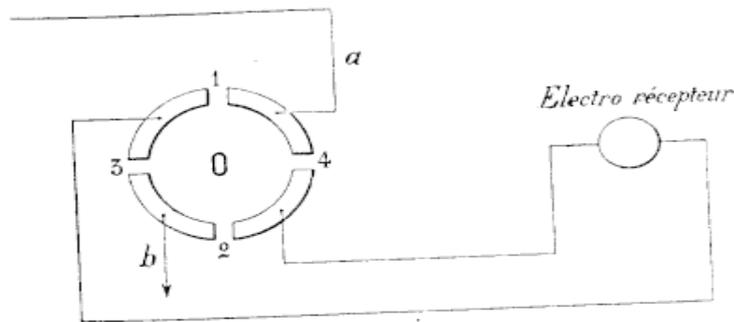


FIG. 187.

Un commutateur O de forme circulaire et à deux chevilles permet d'atteindre ce résultat (*fig. 187*).

Suivant qu'on pose les chevilles en 1 et 2 ou bien en 3 et 4, chaque attache de l'électro est reliée tantôt à la terre, tantôt au conducteur a et, par suite, à la ligne.

On a vu en second lieu que le courant faisant fonctionner un électro-aimant polarisé avait l'inconvénient de tendre à diminuer l'intensité du champ permanent de cet électro ou, ce qui revient au même, à désaimanter l'aimant permanent. Il y a donc intérêt à ne laisser passer le courant dans l'électro Hughes que durant le temps strictement nécessaire à la production du déclenchement de l'armature.

On y parvient en mettant l'électro-aimant récepteur en court circuit dès que l'armature est déclenchée. Il suffit pour cela de relier normalement à la terre le ressort antagoniste de cette armature. Le levier d'échappement étant en communication électrique avec le levier d'émission et, par suite, avec la ligne, il en résulte que la ligne est ainsi mise à la terre directement, dès que l'armature soulevée rencontre le levier d'échappement (*fig. 188*).

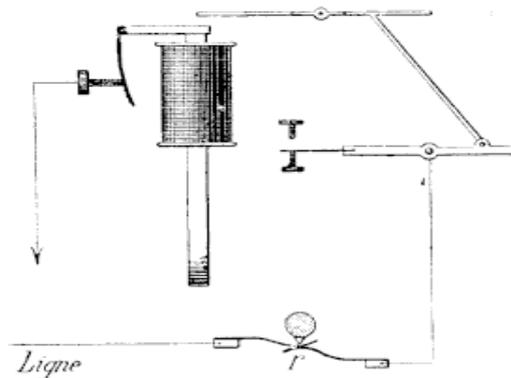


FIG. 188.

En troisième lieu, dans les électros polarisés du type Hughes, l'armature doit être ramenée mécaniquement au contact. Pendant ce mouvement, l'ensemble de l'aimant permanent, de la bobine de l'électro et de l'armature en mouvement, constitue un véritable alternateur à inducteur et induit fixe. La bobine est parcourue par un courant induit dont l'action aurait pour

résultat précisément de provoquer un nouveau déclenchement de l'armature.

On obvie à cet inconvénient en coupant automatiquement le circuit de l'électro-aimant pendant que l'on ramène l'armature au repos, c'est-à-dire pendant la révolution de l'arbre des cames.

A cet effet (*fig. 188*), on interpose sur le circuit un interrupteur formé par deux ressorts *r*, maintenus au contact par la came de correction, tant que l'arbre des cames est au repos, se séparant dès que la came disparaît, c'est-à-dire pendant la révolution de l'arbre des cames.

Dans certains cas, enfin, il y a intérêt à pouvoir mettre la ligne directement à la terre, en avant du poste : un commutateur à manette suffit à établir cette liaison.

En raison de ces diverses conditions, l'ensemble des communications du Hughes n'est donc plus l'ensemble très simple donné plus haut, mais devient le suivant (*fig. 189*).

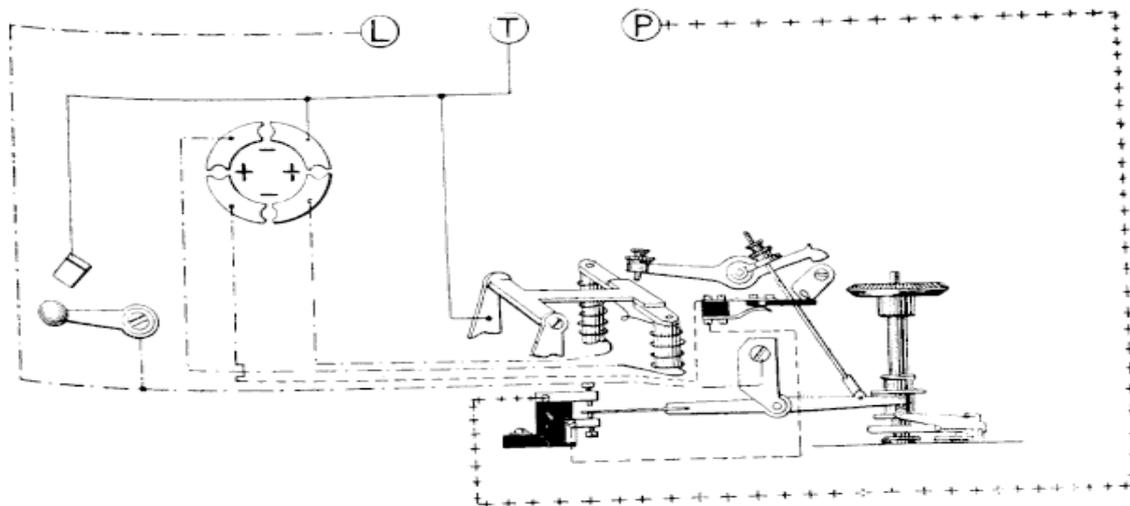


FIG. 189.

Remarque. — Dans un pareil montage, le massif de l'appareil est en communication normale avec la ligne. C'est une condition peu propice au bon isolement de celle-ci, notamment lorsqu'on installe les bureaux dans des pièces comportant des

ossatures métalliques. On préfère donc souvent au montage ci-dessus un montage dans lequel le levier d'émission est composé de deux parties isolées l'une de l'autre, l'une oscillant entre les butées en communication avec la ligne, l'autre reliée au massif, le massif étant lui-même relié à la terre.

Cette modification entraîne naturellement l'interversion des liaisons du ressort de l'électro et du levier d'échappement. C'est, cette fois, le levier d'échappement qui est en relation avec la terre et le ressort de l'électro qui communique directement avec la ligne. Rien n'est changé dans l'agencement général des communications, et le schéma de celles-ci devient alors (*fig. 490*) :

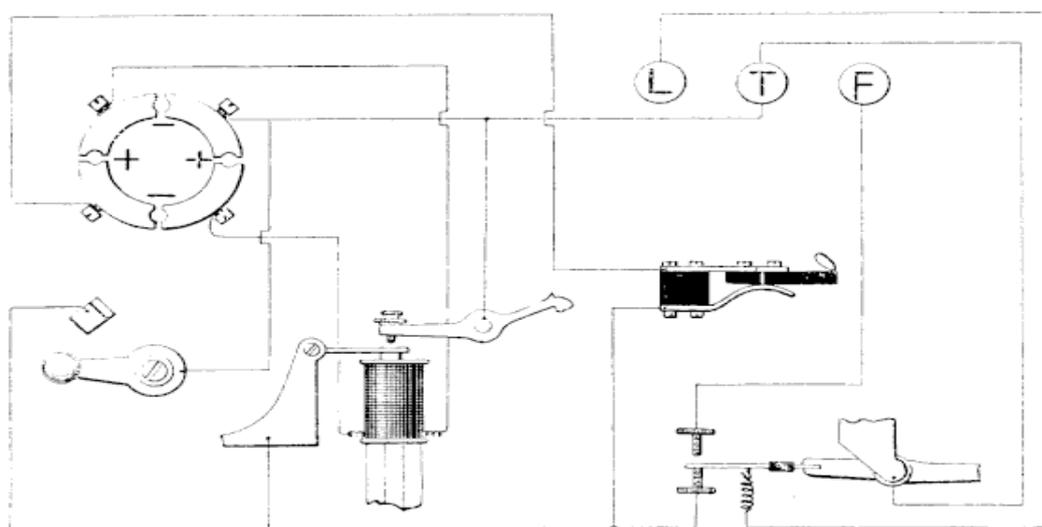


FIG. 490.

Moteur. — Il reste, pour achever la description complète de l'appareil Hughes français, à examiner le moteur qui met en marche le mouvement d'horlogerie.

Ce moteur doit être évidemment aussi régulier que possible dans son action. En France, c'est exclusivement un moteur à poids.

Le poids, constitué par 6 ou 7 rondelles de plomb pesant chacune 10 kilogrammes, agit sur l'un des mobiles du mouve-

ment d'horlogerie par l'intermédiaire d'une chaîne sans fin du système Galle. Il est porté par la chape d'une roue R_1 sous laquelle passe la chaîne (*fig. 191*).

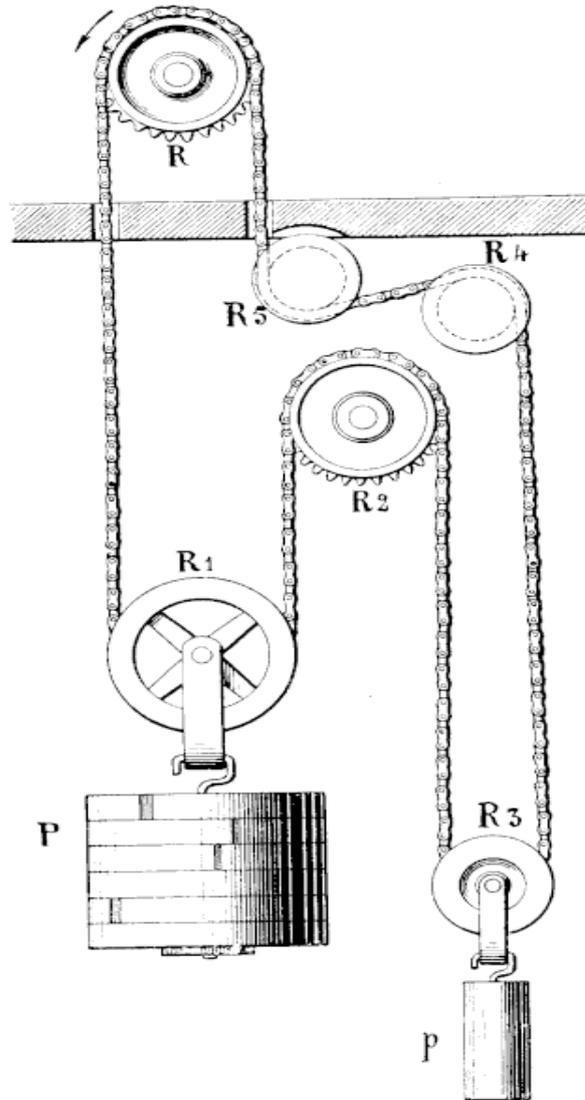


FIG. 191.

Cette chaîne passe ensuite sur une roue R_2 , puis sous une poulie R_3 munie d'un contrepoids P ; enfin, après avoir été guidée par deux autres poulies R_4 et R_5 , elle arrive à la roue

motrice du mouvement d'horlogerie et revient à la roue R_1 .

La roue R_2 est doublée par une roue à rochet qui en est solidaire. Un cliquet C maintient immobile l'ensemble de cette roue R_2 et de la roue à rochet; le poids moteur, qui tend à s'abaisser, fait donc descendre le seul brin venant de la roue motrice (*fig. 192*).

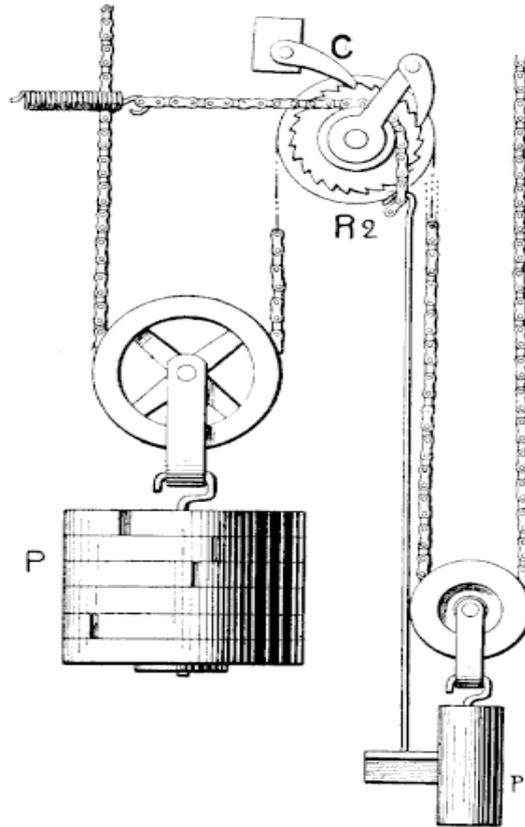


Fig. 192.

Remontage. — Il est évident que, si on laissait le poids P descendre jusqu'à terre, le mouvement d'horlogerie s'arrêterait. Il importe donc de pouvoir le remonter de temps à autre, et cela sans arrêter le mouvement de l'appareil.

Ce remontage peut s'effectuer par deux méthodes principales, soit en demandant à l'employé d'y pourvoir lui-même en

manœuvrant une pédale, — c'est le remontage direct; soit en faisant agir automatiquement une force extérieure telle que l'eau sous pression, l'air comprimé, ou un moteur électrique, — c'est le remontage automatique.

Remontage direct. — Sur l'axe de la roue R_2 , immobilisée par un cliquet C, est montée une roue folle portant un bras (*fig. 192*) muni d'un second cliquet engrenant lui aussi avec les dents de la roue à rochet solidaire de R_2 .

Sur cette roue folle passe une chaîne dont une extrémité est tendue par un ressort à boudin, dont l'autre aboutit à une pédale.

En temps normal, l'action du ressort tend à soulever la pédale en faisant tourner la roue folle de droite à gauche; mais une goupille montée sur cette roue arrête le mouvement.

Lorsqu'on abaisse la pédale, ce ressort se tend et la chaîne glissant sur la roue entraîne celle-ci de gauche à droite et en même temps la roue qui en est solidaire grâce au cliquet.

La roue R_2 , en tournant, élève d'une certaine quantité le poids P.

Quand on cesse d'appuyer sur la pédale, le ressort tirant à lui sachaine fait tourner en sens inverse la roue folle; mais, cette fois, le cliquet saute les dents de la roue R_2 en même temps que celle-ci demeure immobile, étant maintenue par le cliquet C.

Remontage automatique. — Il y a évidemment autant de systèmes de remontage automatique qu'il y a de sources d'énergie choisies pour opérer ce remontage. Nous nous contenterons donc dans cet examen de mentionner les deux plus fréquemment utilisés dans l'administration française: ce sont le remontage par l'air comprimé et le remontage électrique.

a) Remontage par l'air comprimé

Dans ce remontage, le principe de la commande de la roue R_2 n'est pas modifié: seule la pédale est remplacée par un

piston mû par l'air comprimé, et le ressort de la chaîne par un contrepoids Q . Les mouvements de va-et-vient du piston remplacent ceux de la pédale, et produisent le même effet (*fig. 193*).

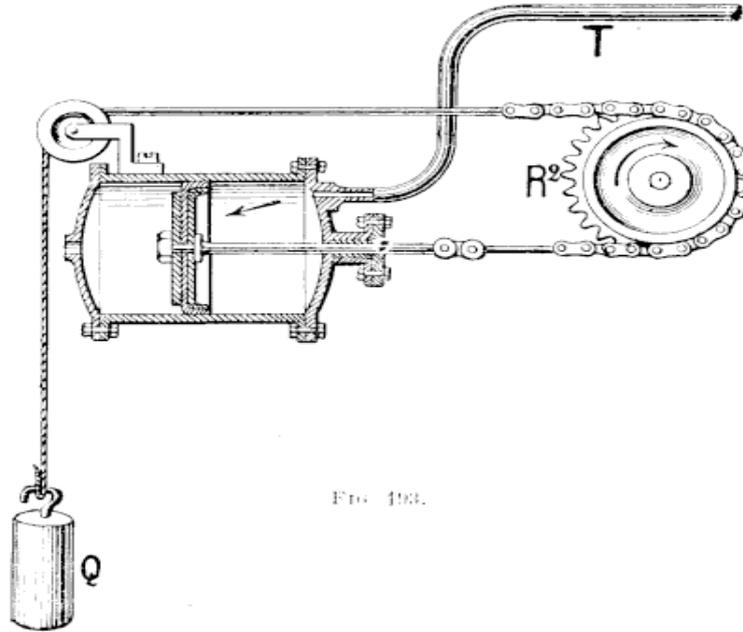


FIG. 193.

L'automatisme du système est obtenu, en outre, de la manière suivante :

La chape du contrepoids p du système moteur porte une pièce comportant une ouverture oblongue dans laquelle s'engage l'extrémité d'un cylindre fermé F (*fig. 194*). Ce cylindre contient une certaine quantité de mercure et dans ses oscillations commande le robinet d'admission, mettant le tube d'admission T en communication tantôt avec le réservoir d'air comprimé, tantôt avec l'orifice d'échappement E .

Le poids moteur descendant normalement, le contrepoids p se relève. Il atteint au bout d'un certain temps le cylindre F ; la chape du contrepoids soulève l'extrémité de celui-ci; le mercure, se déplaçant de A en A' , fait brusquement basculer ce cylindre et ouvre le robinet sur l'admission.

Le piston du remontoir se met alors en marche, remontant le poids P.

Le poids P remontant, le contrepoids se remet à descendre. Dans cette descente, la chape rencontre de nouveau l'extrémité

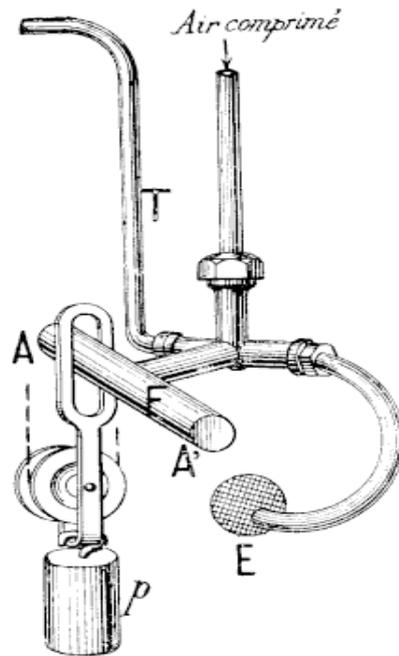


FIG. 194.

soulevée du cylindre F, l'abaisse : le mercure se déplace de A' en A, le cylindre bascule en sens inverse et met le robinet sur l'échappement.

Le piston du remontoir redevient libre d'obéir à l'action de son contrepoids Q, et tout se retrouve en l'état initial.

b) Remontage électrique

Ce système laisse intact le remontage à la pédale qui peut être utilisé en cas d'avarie dans le fonctionnement du moteur électrique.

Le train général d'engrenage reste identique à celui décrit

en premier lieu ; mais on intercale sur le parcours de la chaîne, entre la roue R_2 et le contrepoids, un pignon y (*fig. 195*) contre lequel on peut presser la chaîne et qui est mis en mouvement par le moteur électrique. Les moteurs utilisés tournant à 1500 tours environ, un train d'engrenage spécial permet de

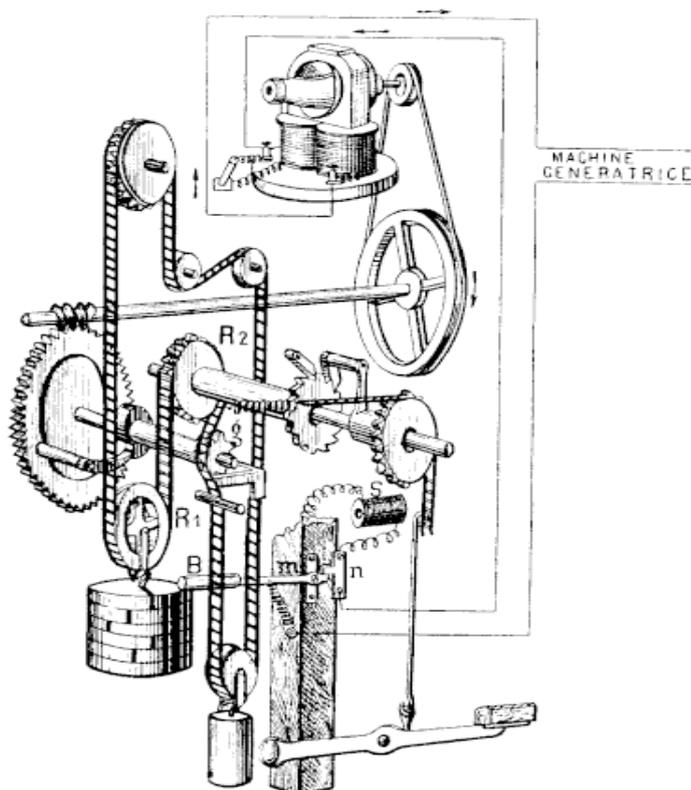


FIG. 195.

réduire cette vitesse de 1500 à un tour et demi environ par minute.

Un commutateur m , commandé par un levier B , détermine ou supprime automatiquement le passage du courant. En vue d'éviter les étincelles à la rupture, une bobine de dérivation S est d'ailleurs intercalée entre les deux contacts de ce commutateur.

Le fonctionnement est dès lors le suivant :

Lorsque le poids moteur descend à fond de course, la tige B du commutateur obéissant à la pesanteur le suit dans ce mouvement et établit la mise en marche du moteur.

Lorsqu'ensuite le poids moteur se relève, il soulève la tige du commutateur et rompt de nouveau le circuit du moteur.

Fonctionnement de l'appareil Hughes. — Ayant passé en revue tous les organes constitutifs de l'appareil Hughes, il est bon de résumer rapidement le fonctionnement de l'ensemble.

Suivons pour cela les opérations successives au cours d'une transmission.

En premier lieu, il importe de mettre les deux appareils à la même vitesse.

Soit A le poste transmetteur, B le poste récepteur qui doit, par suite, se régler sur la vitesse de A.

On commence dans les deux postes par appuyer sur le levier de rappel au blanc.

Nous avons vu que ce mouvement a pour résultat de débrayer l'organisme récepteur (roue des types, roue correctrice) et d'immobiliser cet organisme en l'orientant.

Ceci fait, le poste A appuie sur le blanc des lettres pendant un certain nombre de tours. A la première émission, les organismes récepteurs s'embrayent simultanément et se mettent en marche.

Si la vitesse dans les deux postes est identique, le poste B recevra donc une série de blancs.

Si la vitesse au poste B est supérieure à celle du poste A, le poste B recevra, au lieu de blancs, des lettres allant en progressant dans l'ordre alphabétique, A, B, C...

Si, au contraire, le poste B va moins vite que le poste A, il recevra des lettres allant en rétrogradant Z, Y, X...

Suivant la constatation faite, le poste B agit alors sur le régulateur en déplaçant la boule dans un sens ou dans l'autre à l'aide de la crémaillère.

Lorsque l'on ne reçoit plus que la même lettre à chaque tour, le synchronisme est établi à $\frac{1}{56}$ de circonférence près.

Cette approximation serait suffisante si on transmettait régulièrement un signal à chaque tour, la correction s'exerçant au moment de chaque émission ; mais, en pratique, il y a lieu de prévoir que l'on pourra laisser passer quelques tours sans transmettre.

Pour accroître l'approximation, le poste B manœuvre sa manette de mise à la terre et supprime ainsi les émissions envoyées par A pendant quelques tours (5 à 10). Si, la manette remise en place, on reçoit toujours la même lettre que précédemment, le synchronisme est obtenu ; sinon on agit de nouveau comme précédemment sur le régulateur.

Voici donc le synchronisme établi : examinons maintenant l'opération même de la transmission.

Nous supposons le poids monté, le moteur arrêté grâce au frein agissant sur le volant, le levier de rappel au blanc enfoncé et, par suite, engagé dans l'encoche lui correspondant sur le manchon de l'organisme récepteur.

Nous avons vu que les organes essentiels de l'appareil récepteur étaient, en dehors de l'électro-récepteur, deux arbres, l'arbre portant l'organisme récepteur d'une part, l'arbre des cames d'autre part ; ce sera sur ces arbres que se portera surtout notre attention.

On commence par abattre la manette du frein.

Le moteur se met en marche et atteint sa vitesse de régime. Dans cette position, l'électro-aimant est au repos : l'organisme récepteur est débrayé grâce au levier de rappel au blanc ; l'arbre des cames est également débrayé.

On appuie au poste A sur la première touche (touche de blanc). Le goujon correspondant se soulève : le chariot rencontrant ce goujon se soulève également et envoie une émission sur la ligne.

Au poste B l'électro-aimant fonctionne et lâche son armature. Celle-ci fait basculer le levier d'échappement. L'arbre

des cames est embrayé et commence un tour avec une vitesse sept fois supérieure à celle de l'axe sur lequel est monté l'organisme récepteur, toujours immobile pour le moment.

Le premier quart de tour de l'arbre des cames est utilisé uniquement par cet arbre à acquérir exactement sa vitesse et, par suite, la force mécanique nécessaire pour opérer les travaux qui vont suivre.

Pendant le second quart de tour, la came de correction aborde la pointe d'une des dents de la roue correctrice. Grâce à cette secousse, le cliquet servant à l'embrayage de l'organisme imprimeur avec l'axe moteur correspondant saute sur son plan incliné; l'embrayage a lieu, et l'organisme imprimeur se met en marche en même temps que le levier du rappel au blanc est chassé de son encoche: obéissant à la came de progression, le cliquet de progression remonte sur la roue à rochet, s'appropriant à faire avancer le papier dès que l'impression sera produite.

En même temps, la came de correction achève de s'engager à fond entre deux dents de la roue correctrice et assure la position de cette roue. A cet instant précis, la came d'impression soulève enfin brusquement le papier, le projette contre la roue des types et l'abandonne.

Pendant le troisième quart de tour, la came de correction se dégage des dents de la roue correctrice; la came de progression agissant sur son levier par sa partie excentrique oblige celui-ci à s'abaisser et provoque l'avancement du papier. La came de dégagement, heurtant le levier de rappel au blanc, ramène tout à fait à l'arrière ce levier, si la came de correction n'a pas suffi pour achever cette opération.

Enfin, pendant le quatrième quart de tour, les différentes cames reviennent à leur position initiale.

Le colimaçon ayant ramené le levier d'échappement à sa position normale un peu avant la fin de la révolution, le débrayage de l'arbre des cames s'opère sous l'action de ce levier; toutefois les cames continuent leur route, aidées d'une part par la vitesse acquise et, d'autre part, par l'action du

ressort agissant normalement sur le levier de progression.

La révolution terminée, l'arbre des cames s'arrête, laissant au moteur la charge de continuer l'entraînement du mécanisme.

Si l'on admet que le chariot tourne à 120 tours par minute, l'ensemble de ces opérations mécaniques exige 0,075 seconde.

Les mêmes opérations se sont effectuées au poste transmetteur A. La seule différence réside en ce fait que la commande du levier d'échappement a été opérée mécaniquement au lieu de l'être par l'intermédiaire de l'armature de l'électro.

Chaque transmission suivante de signal donne lieu à une succession identique de mouvements avec cette seule différence que, le levier de rappel au blanc n'étant plus abaissé, les cames de progression et de dégagement n'ont plus à agir sur lui.

Remarque. — 1° Lorsqu'on appuie sur le blanc des chiffres, la came de correction, rencontrant entre les deux dents de la roue correctrice l'extrémité du levier inverseur qui commande l'inversion, chasse cette pièce en produisant le décalage nécessaire pour passer des lettres aux chiffres.

Même effet lorsqu'on appuie sur le blanc des lettres pour passer des chiffres aux lettres.

2° La correction s'effectue chaque fois qu'on envoie un signal ; il y a intérêt à ce que cette correction soit aussi fréquente que possible, c'est-à-dire à ce que l'on rapproche au maximum les émissions.

Pour obtenir un bon travail, il convient donc de transmettre le plus grand nombre de signaux par tour, en tenant compte de cette seule remarque que deux signaux, pour être transmis dans un même tour, doivent être séparés sur la roue des types par un intervalle égal à quatre signaux.

Réglage. — Le réglage de l'appareil Hughes comporte un certain nombre d'opérations qui sont à proprement parler des opérations de mécanicien et réservées à cet effet à des agents spéciaux.

Les seules parties du réglage dévolues aux manipulants visent

le réglage du synchronisme et le réglage de la sensibilité du récepteur.

La nécessité d'un synchronisme complet est évidente : nous avons vu d'ailleurs comment on l'obtenait, nous n'y reviendrons pas.

L'obligation de donner à l'électro récepteur le maximum de sensibilité résulte de l'existence même du synchronisme.

Si la constante de temps de l'électro n'est pas réduite au maximum, il existera entre le moment de l'émission au poste de départ, et la mise en route de l'arbre des cames au poste récepteur, un intervalle appréciable. Les deux roues des types marchant synchroniquement, la lettre imprimée à la réception ne sera plus la même que celle imprimée au départ.

Si cet intervalle est suffisamment grand pour égaler la durée du passage du chariot sur un goujon, il peut même arriver que l'émission n'agisse pas sur l'électro, et le signal manque. C'est même en raison de ce fait qu'il est d'usage, pour vérifier la sensibilité de l'appareil, de transmettre pendant une série de tours trois lettres nécessitant des émissions très rapprochées, telles que INT.

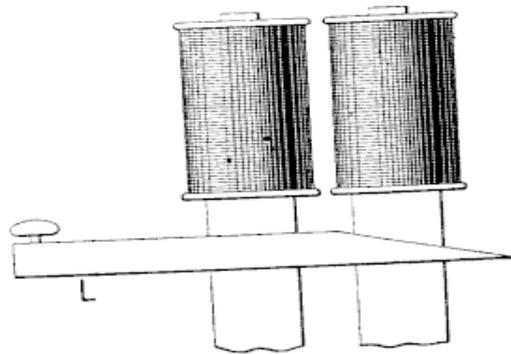


FIG. 196.

On règle la sensibilité du récepteur en agissant, d'une part, sur le ressort antagoniste de l'armature, d'autre part sur l'intensité du champ permanent.

En glissant contre les branches de l'aimant permanent une lame de fer doux taillée en biseau (*fig. 196*), on crée, en effet,

entre ces branches, une dérivation magnétique de réluctance variable et l'on affaiblit à volonté le champ initial.

L'opération est la suivante :

1° Enfoncer à moitié la vis réglant le ressort antagoniste de l'armature ;

2° Amener l'armature au contact, et faire glisser la lame de fer L jusqu'à ce que l'action du ressort antagoniste devienne prépondérante ;

3° Tout en maintenant à la main l'armature contre le noyau, retirer lentement la lame L jusqu'au moment précis où l'on sent que l'armature n'a plus tendance à s'échapper.

Examen critique de l'appareil Hughes. — Dans cet examen il convient de séparer nettement trois parties :

L'appareil proprement dit ;

La régulation du moteur ;

Le moteur lui-même.

a) Appareil proprement dit

Au cours de notre étude, nous avons constaté que la plupart des fonctions demandées aux pièces s'exécutaient par choc. C'est une condition mécanique mauvaise sur laquelle on ne saurait trop insister. On peut dire que l'appareil Hughes est un véritable paradoxe mécanique ; mais le fait que l'appareil fonctionne bien ainsi n'entraîne pas celui qu'il fonctionne dans les meilleures conditions. Sans parler de l'usure rapide des pièces, on ne peut qu'être frappé de la disproportion existant entre la force à dépenser sur le moteur et les effets pratiques qu'il s'agit d'obtenir.

En second lieu, nous avons vu que les embrayages s'opéraient tous par l'action d'un cliquet portant quelques dents et placé à l'extrémité d'un bras fixé sur la périphérie de la roue à embrayer.

Ce mode d'embrayage attaquant la roue en un point où elle a le maximum de vitesse et faisant supporter à quelques dents

seulement la totalité de l'effort, est très défectueux. S'il n'était pas possible de supprimer les actions par choc sans altérer gravement le principe même du système, il a paru du moins que l'on devait s'efforcer de modifier le procédé d'embrayage.

Parmi les solutions intéressantes fournies, il convient d'indiquer celle imaginée par l'administration hongroise (*fig. 197*).

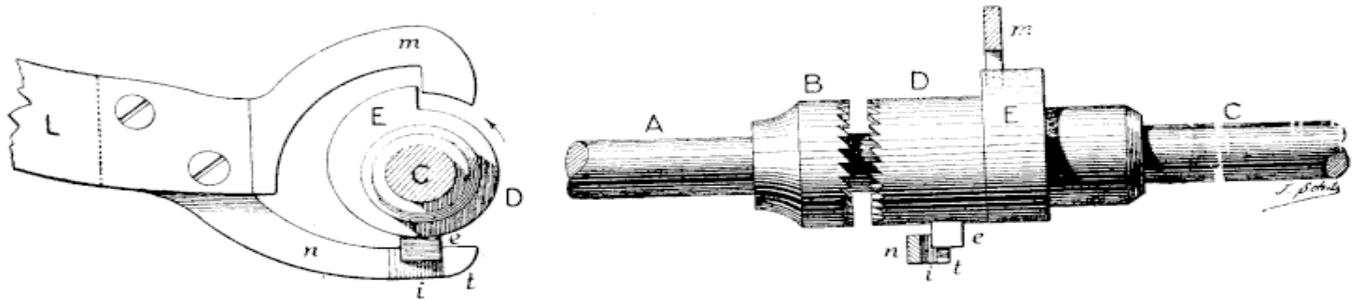


FIG. 197.

Dans cet embrayage l'axe du volant A, porte à son extrémité une coquille B dentée comme un rochet sur toute sa face latérale et solidaire de l'axe.

De même, l'arbre des cames C à embrayer est muni d'une coquille semblable; mais celle-ci, portée par un manchon D, est montée à glissière sur l'arbre. Un ressort placé à l'intérieur du manchon D tend constamment à pousser la coquille D de droite à gauche et, par suite, à provoquer l'embrayage.

C'est le levier de détente qui, au repos, maintient la coquille D éloignée de B.

A cet effet, ce levier comporte à son extrémité deux branches *m* et *n* situées dans des plans différents. La première *m* sert à ramener le levier d'échappement à sa position initiale, la seconde *n* sert à la manœuvre du manchon.

La tige *n* porte un plan incliné *i* et un talon d'arrêt *t*. En temps normal, un ergot *e*, solidaire de D, bute contre ce talon d'arrêt et maintient D éloigné de B.

Au moment de l'émission, le levier de détente s'abaisse et avec lui le talon d'arrêt *t*. L'ergot *e* étant libéré, le manchon D obéit à l'action de son ressort et vient au contact de B. L'em-

brayage a lieu, non plus cette fois par une action tangentielle et limitée, mais par la totalité des surfaces mises en présence.

Pendant la révolution, l'excentrique E monté sur l'arbre agit sur la branche m et relève le levier de détente.

A la fin de la révolution, l'ergot trouve donc sur sa route le plan incliné i ; ainsi écarté de sa route, il débraye le manchon D en tendant à nouveau le ressort. Il est finalement arrêté par le talon d'arrêt t .

On voit par cet exemple que les solutions mécaniques de l'embrayage, même bonnes, entraînent toujours des complications considérables.

On sait, au contraire, que les solutions électriques sont des plus simples. Il paraîtrait donc désirable d'orienter désormais dans cette voie les études faites à cet égard.

On peut enfin se demander si la commande directe du levier de détente au poste de départ est un dispositif recommandable, et s'il ne serait pas préférable de recourir à l'emploi d'une dérivation du courant de ligne à travers l'électro-aimant. Si l'on venait à maintenir un dispositif mécanique, il semblerait en tout cas préférable d'agir non plus sur le levier de détente, mais directement sur l'armature.

b) Régulation du moteur

Nous avons vu que la régulation s'obtenait à l'aide d'un régulateur pendulaire et d'un volant.

Le propre des régulateurs pendulaires à périodicité élevée est d'imprimer des vibrations mécaniques considérables à l'ensemble de l'appareil sur lequel ils sont montés.

Il paraît donc très préférable de recourir à un type de régulateur, soit à force centrifuge, soit électrique.

Un régulateur à force centrifuge donnant d'excellents résultats est le régulateur vertical dû à Siemens (*fig.* 498); il comporte un arbre vertical muni d'une roue d'angle pour la transmission du mouvement au moteur. Deux tiges portant des sphères

de cuivre sont fixées sur l'arbre à l'aide de ressorts plats. Enfin, un mécanisme spécial permet à l'aide d'une vis de réglage et grâce à des fils d'acier reliés aux sphères, de déplacer les sphères le long de leurs tiges de manière à faire varier à volonté la vitesse de régime du régulateur.

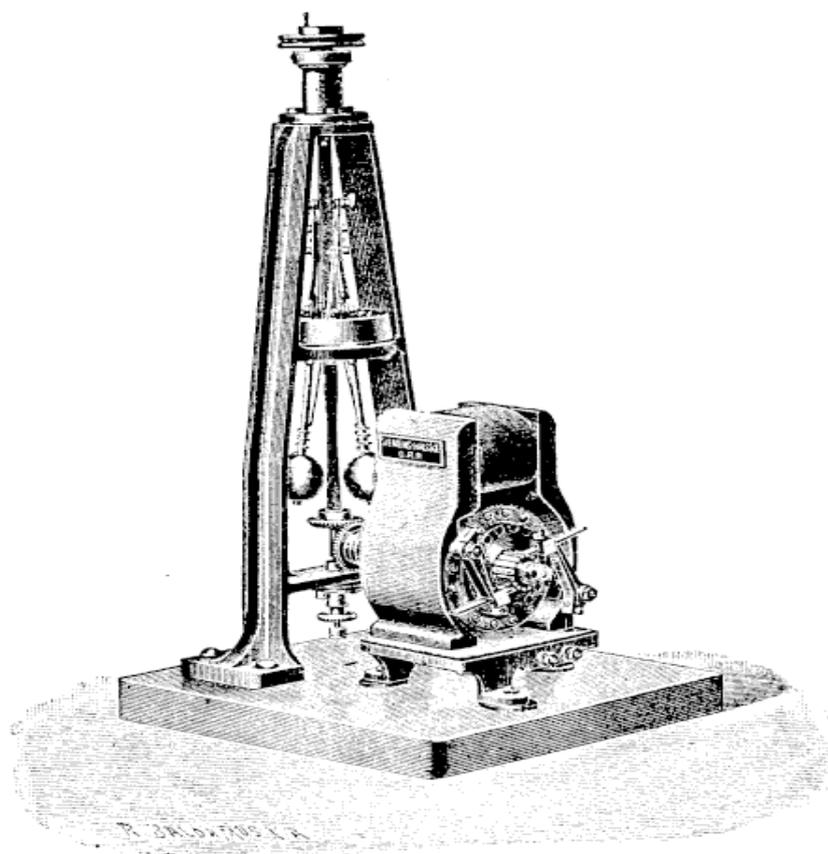


FIG. 198.

Quelle que soit la solution choisie, il semblerait désirable de renoncer au régulateur actuel très encombrant et produisant des trépidations également gênantes pour l'appareil et l'opérateur.

L'emploi d'un régulateur convenable permet en outre, de supprimer le volant.

c) Moteur

Nous avons vu que le moteur employé en France était un poids, actionné tantôt directement, tantôt par l'air comprimé ou l'électricité.

Le remontage du poids par le manipulant est fort pénible. Il y aurait intérêt à ne le conserver que pour des cas exceptionnels où la force motrice normalement employée vient à faire défaut. D'autre part, le prix de revient de l'air comprimé étant assez élevé par rapport à celui de l'énergie électrique, il est préférable de recourir à cette dernière.

Le dispositif de remontage électrique qui a été exposé plus haut est regrettable tant au point de vue du rendement qu'au point de vue mécanique.

Tout d'abord, on utilise des appareils marchant à 1800 tours et dont la vitesse doit être réduite à 4,5. Une telle réduction de vitesse nécessite une série d'engrenages et, par suite, une dépense d'énergie considérable, énergie qui est dépensée en pure perte.

En second lieu, le moteur ne marche jamais que pendant de très courts intervalles correspondant à la durée précise du remontage du poids. Il en résulte qu'on multiplie les démarrages, c'est-à-dire les périodes de fonctionnement où le rendement est le plus mauvais et où les chances d'avaries sont les plus grandes.

Le fonctionnement de l'interrupteur donne lieu, également, à de graves irrégularités.

Enfin le simple fait de recourir à deux transformations d'énergie successives (utilisation successive du moteur électrique et du poids) augmente les pertes.

Il est très facile d'accoupler directement un moteur à 800 tours environ sur l'arbre du volant.

Dans un pareil système (Siemens, appareils anglais, etc.), le moteur fonctionne d'une manière continue, sans réduction de vitesse et le poids est supprimé.

Cette solution n'empêche pas de conserver le remontage au

poids pour les cas exceptionnels. Il suffit de disposer sur la platine de l'appareil deux potences *a* et *a'* (*fig.* 199). En temps normal on décroche le poids et on suspend la chaîne sur les potences; le mouvement d'horlogerie est libéré. En cas d'accident dans le moteur, on laisse retomber la chaîne et il suffit

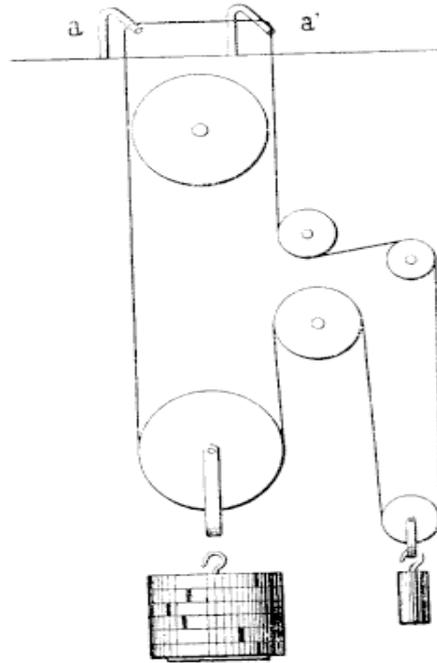


FIG. 199.

de raccrocher le poids pour retrouver le mécanisme ordinaire. On devra, toutefois, lorsqu'on appliquera cette solution mixte, recourir à des dispositifs tels que :

1° Les employés ne risquent pas d'être blessés s'ils abaissent par inadvertance la chaîne sans que le poids *P* soit au plus bas de sa course ;

2° Les efforts mécaniques sur les divers rouages soient toujours de même sens, que le mouvement provienne du poids ou du moteur.

C. — ÉTUDE D'UN SECTEUR BAUDOT

Formation des signaux. — L'appareil imprimeur Baudot rentre dans la catégorie des appareils dans lesquels on donne à e une valeur caractéristique et à t des valeurs caractéristiques. En outre, il y est fait usage de courant de repos, ce qui revient à dire que, lorsque la ligne est inoccupée, on y envoie un courant de sens inverse au courant de travail.

L'appareil comporte essentiellement un transmetteur automatique à plots (*fig. 45*), deux organes synchrones reliés à la ligne, et des récepteurs à électro-aimant au nombre de cinq. Les signaux résultent de la lecture des diverses combinaisons de position des cinq armatures de ces électro-aimants. On sait que, grâce à ce mode de lecture, le nombre des plots du manipulateur se trouve très réduit, mais qu'en revanche le transmetteur ne peut envoyer qu'un seul signal par tour de l'organe synchrone.

Rappelons de même qu'en raison de la réduction du nombre des plots, ceux-ci sont groupés sur une faible partie de la circonférence au-dessus de laquelle tourne l'organe synchrone. Le transmetteur ne pouvant envoyer qu'un seul signal par tour, il en résulte que la ligne demeure inutilisée et disponible pendant tout le temps que l'organe synchrone parcourt le reste de cette circonférence. Ce temps peut être utilisé par d'autres transmetteurs pour effectuer d'autres transmissions indépendantes de la première. Le système se prête donc à la transmission multiple.

A l'arrivée, les signaux transmis par le récepteur sont traduits en caractères imprimés permanents.

Transmetteur. — Le transmetteur, entièrement conforme au transmetteur à plots avec organes tournants en relation avec la ligne (*fig. 45*), comprend :

1° Un clavier composé de cinq touches qui est le *manipulateur* proprement dit;

2° Un *distributeur* formé par un certain nombre de couronnes métalliques concentriques et sur lesquelles frottent des balais portés par un bras tournant.

a. — Manipulateur

Le manipulateur comprend :

1° Un *certain nombre de touches* (en nombre égal à cinq, c'est-à-dire précisément au nombre des récepteurs utilisés);

2° Un *frappeur de cadence* avertissant de la fin du tour;

3° Un *système d'accrochage* assurant les touches dans leur position de travail tant que les balais n'ont pas passé sur le plot correspondant;

4° Un *commutateur* permettant de passer de la position de transmission à la position de réception et inversement.

L'ensemble est associé dans un meuble unique formant clavier (*fig.* 200 et 201). Étudions successivement chacune de ces parties.

Chaque touche est maintenue au repos par un ressort en boudin R et bascule, sous l'action du doigt de l'opérateur, autour d'un axe fixe X sur lequel elle s'appuie. Une lame d'acier L fixée perpendiculairement à la touche oscille avec elle et vient en contact par son extrémité avec l'une ou l'autre des butées K, K₁. La butée de travail K₁ est reliée au pôle + d'une source d'énergie dont l'autre pôle est à la terre; la butée de repos K, au lieu d'être en communication directe avec la terre, est reliée au pôle négatif d'une source d'énergie dont l'autre pôle est à la terre.

Les ressorts L communiquant aux moments convenables avec la ligne par l'intermédiaire du distributeur, on voit que la touche abaissée envoie sur la ligne un courant positif et que la touche au repos envoie sur la ligne un courant négatif qui est précisément le courant de repos.

Les cinq touches sont divisées en deux groupes de deux et

trois touches, que sépare un intervalle sur lequel est établi le commutateur de réception.

Le frappeur de cadence (*fig. 200*) est un téléphone placé à

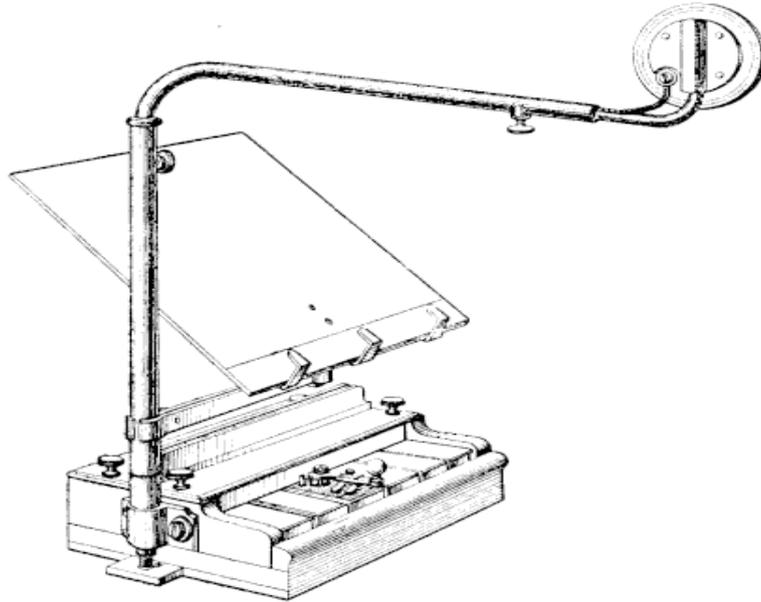


FIG. 200.

proximité de l'oreille de l'opérateur et dans lequel un courant local est envoyé à chaque tour.

L'accrochage s'effectue au moyen d'un électro-aimant pola-

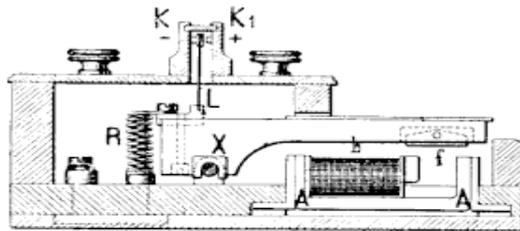


FIG. 201.

risé *b* placé en dessous de l'extrémité antérieure des touches. Chaque touche porte, d'autre part, une pièce de fer doux *f* qui, lorsque la touche est baissée, vient en contact avec le

noyau A de l'électro-aimant; à la fin du tour, un courant local envoyé par le distributeur permet à l'électro-aimant de lâcher la touche accrochée.

Trois touches seulement (III, IV, V) sont munies du dispositif d'accrochage. Celui-ci n'a pas en effet d'intérêt pour les deux premières qui correspondent aux deux premiers plots parcourus par l'organe tournant du distributeur.

Il résulte, en outre, de ce qui précède que le frappeur de cadence et l'électro polarisé doivent fonctionner tous deux à la fin du tour. Ils peuvent donc être montés sur le même circuit local : c'est ce qui est réalisé dans la pratique.

β. — Distributeur

Le distributeur est un distributeur à plots avec organe synchrone en communication avec la ligne (*fig. 202*).

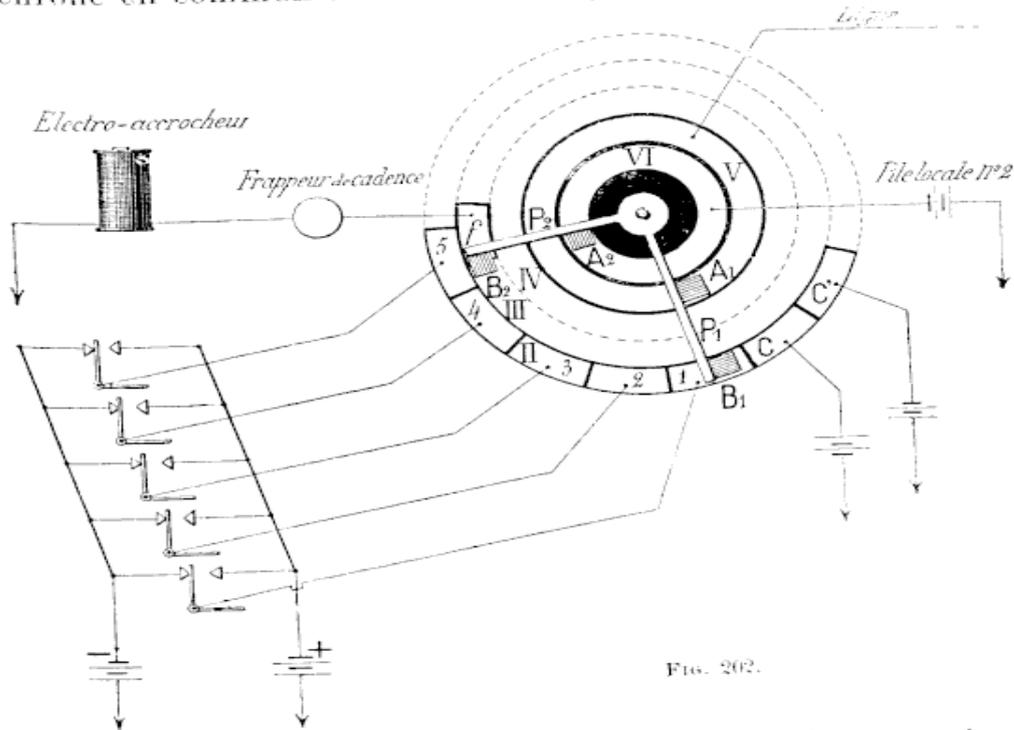


FIG. 202.

L'organe synchrone est un bras tournant P_1 portant un balai A_1 se déplaçant constamment sur une couronne fixe en

relation avec la ligne (couronne V). Ce mode de relation est en effet particulièrement avantageux au point de vue de la sécurité de la liaison. Un deuxième balai B_1 , porté par le même bras et en relation électrique avec le premier, se déplace au-dessus des plots de transmission disposés sur une autre couronne (couronne II). Ces plots doivent être en nombre égal à celui des récepteurs, c'est-à-dire au nombre de cinq, et sont représentés en 1, 2, 3, 4 et 5.

Nous venons de voir, en outre, qu'il était nécessaire au poste de départ d'envoyer, à chaque tour, un courant local dans le frappeur de cadence et l'électro accrocheur. Cet envoi est fait par le distributeur qui est complété à cet effet de la manière suivante :

Un deuxième bras porte-balai P_2 , solidaire du premier, et tournant avec lui, porte un balai A_2 se déplaçant sur une couronne fixe en relation avec la pile locale (couronne VI) et un balai B_2 en communication électrique avec A_2 et se déplaçant au-dessus d'une dernière couronne (couronne III). Un plot f , placé sur cette couronne, est relié au frappeur de cadence et à l'électro accrocheur. On voit que, grâce à ce dispositif entièrement semblable à celui utilisé pour la transmission proprement dite, le courant local sera bien envoyé dans ces appareils au moment précis où le bras P_2 passera sur le plot f .

Le plateau des contacts est fixé à la paroi verticale d'une boîte métallique traversée par un axe mis en mouvement à l'aide d'un moteur. C'est à l'extrémité de cet axe que sont adaptés extérieurement les bras porte-balais P_1 et P_2 .

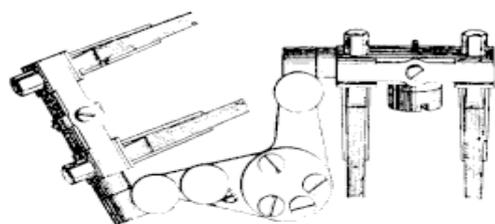


FIG. 203.

Chaque porte-balais est formé d'un bloc en laiton isolé du bras par une garniture d'ivoire et percé de deux ouvertures

cylindriques dans lesquelles pénètrent des pinceaux en fil de bronze, soudés à l'extrémité de petits culots en cuivre (*fig.* 203).

Synchronisme. — Le synchronisme entre le distributeur du poste de départ et le distributeur du poste d'arrivée est obtenu par les moyens ordinaires, c'est-à-dire à l'aide d'un régulateur et d'un mécanisme de correction.

Le régulateur est un régulateur à force centrifuge.

Le système de correction est électrique.

α. — Régulateur

Le régulateur (*fig. 204*) se compose d'une masse métallique

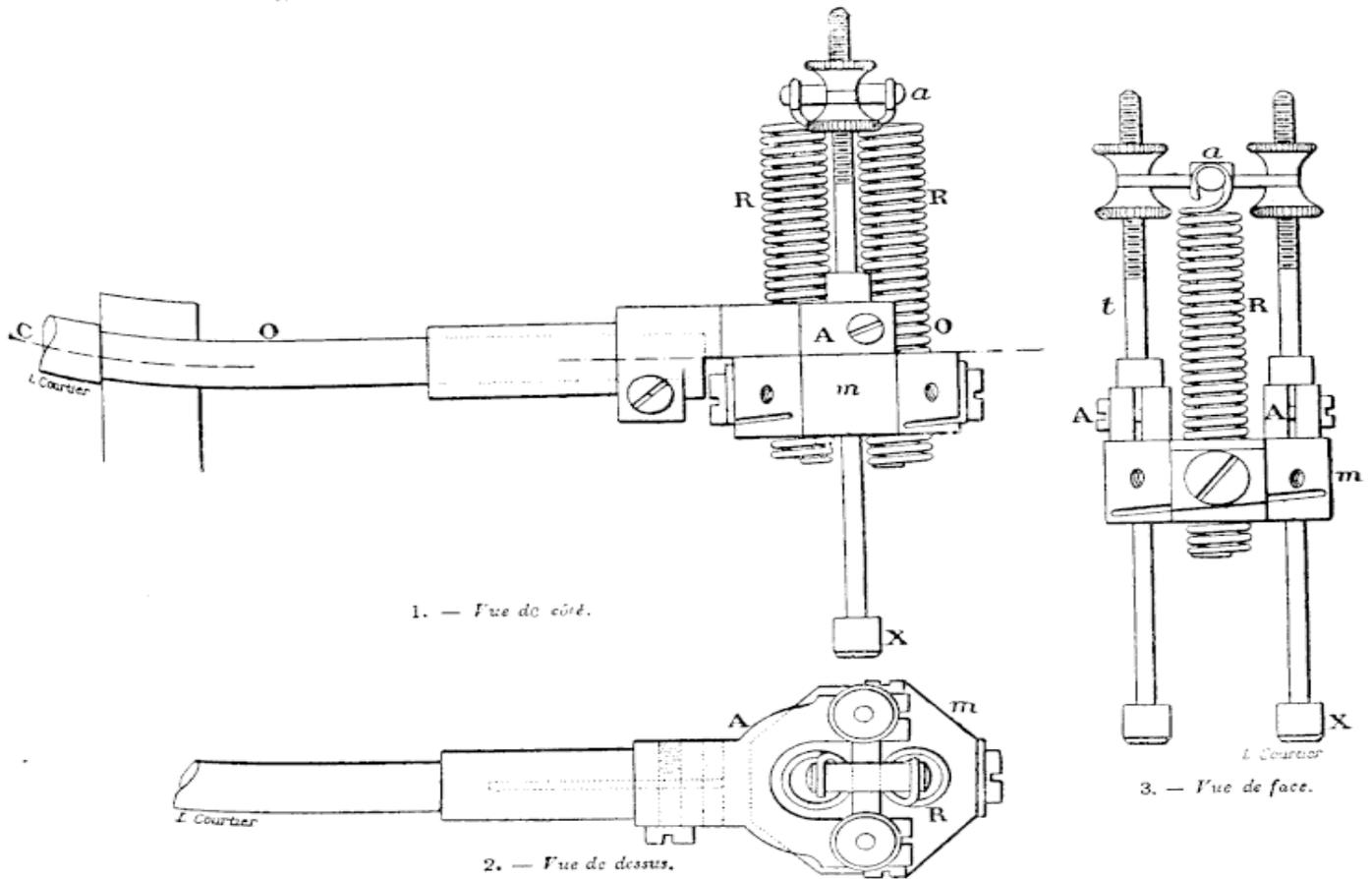


FIG. 204.

m susceptible de glisser le long des tiges *X* adaptées à une pièce en forme de fourche *A*.

Cette pièce est elle-même solidaire d'un manchon dans lequel s'engage l'arbre O du dernier mobile du rouage d'horlogerie. Deux forts ressorts R sont fixés, d'une part à la masse m , d'autre part à une potence a qui est maintenue à l'aide d'écrous sur les tiges t .

Lorsque la vitesse de rotation tend à s'accroître, la force centrifuge agissant sur la masse m l'écarte de l'axe en agissant sur les ressorts; ceux-ci exercent alors sur la potence une traction qui se transmet à l'axe et, l'obligeant à appuyer sur son palier, provoquent une augmentation du travail résistant.

L'uniformité du mouvement est assurée par les déplacements de la masse m qui rétablissent constamment l'équilibre entre le travail moteur et le travail résistant.

Il est possible, d'autre part, de faire varier la valeur de la vitesse de régime; il suffit soit de modifier la longueur des ressorts R (en les enfonçant dans la masse m et, par suite, en diminuant le nombre des spires utiles), soit encore de faire varier légèrement le poids de la masse m .

b) Correction

Le système de correction est électrique.

Le principe de la correction électrique a déjà été donné;

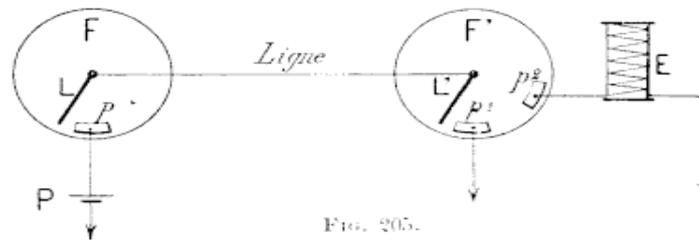


FIG. 205.

rappelons brièvement qu'il suppose essentiellement l'adjonction de deux plots $p_1 p_2$ sur le distributeur qui reçoit la correction, et d'un seul plot p sur le distributeur correcteur (*fig. 205*). On a soin de régler, au préalable, les vitesses de rotation de telle sorte que le distributeur à corriger soit toujours en avance sur l'autre : ceci revient à faire que la correction n'ait jamais à

s'opérer que dans un sens. Ceci posé, on voit aisément sur la figure que si les deux organes synchrones sont en concordance ils passeront simultanément sur les plots p_1 et p_2 , et que le courant de correction n'agira pas sur l'électro-aimant. Si, au contraire, l'avance de l'organe à corriger est suffisante pour que les organes synchrones soient simultanément sur p_1 et p_2 , ce courant fera fonctionner l'électro-aimant qui, dans ce cas, pourra provoquer un arrêt momentané de l'organe synchrone correspondant.

En résumé, une correction électrique suppose l'existence des organes suivants :

1° Au distributeur de départ, un plot permettant l'envoi du courant de correction et précédant les plots de transmission, puisque la correction doit s'effectuer avant celle-ci ;

2° Au distributeur d'arrivée, deux plots reliés l'un à la terre, l'autre à un électro-aimant correcteur, et un dispositif mécanique permettant de provoquer un retard du bras porte-balais quand l'électro-aimant fonctionne.

Sur le distributeur de départ Baudot, le plot de correction est constitué, en réalité, à l'aide de deux plots placés en C, C (*fig.* 202) et reliés l'un à la pile positive, l'autre à la pile négative. Le courant de correction est ainsi suivi immédiatement par un courant de repos qui a pour seul but de décharger la ligne, mais qui n'intervient pas pour la correction proprement dite.

Nous verrons, au moment de l'étude du récepteur la constitution des organes de correction correspondants sur le distributeur d'arrivée.

Principe du récepteur. — Étant donnée la formation de signaux choisie dans l'appareil Baudot, la réception doit comporter les opérations successives suivantes :

- 1° Réception des signaux envoyés dans cinq récepteurs ;
- 2° Traduction de la combinaison ainsi formée par les armatures des récepteurs ;
- 3° Impression du caractère correspondant à la combinaison.

Nous allons passer en revue chacune de ces fonctions.

Récepteur proprement dit. — Le récepteur comporte essentiellement :

1° Un organe distributeur relié à la ligne et marchant en synchronisme avec le distributeur du poste de départ;

2° Un certain nombre de récepteurs à électro-aimant, en nombre égal à celui des plots de transmission, c'est-à-dire cinq.

A ces éléments, seuls essentiels, et en vue de se débarrasser des irrégularités produites dans les émissions du fait de la ligne, M. Baudot a cru devoir ajouter un relais polarisé intercalé entre le récepteur et la ligne.

Ce relais a pour fonction exacte de substituer à la trans-

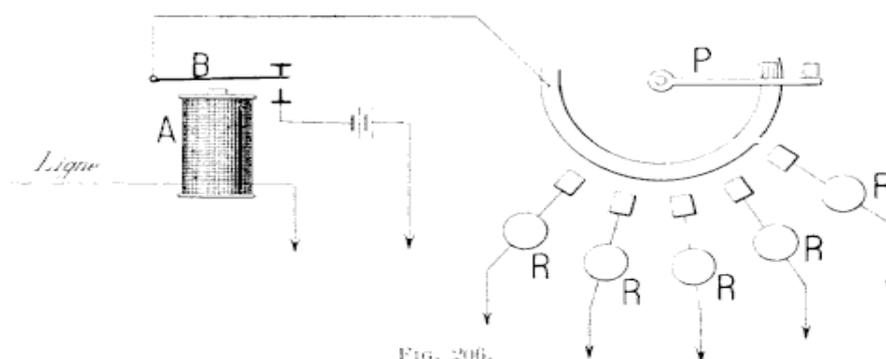


FIG. 206.

mission faite au poste de départ, au fur et à mesure, une transmission faite en local, c'est-à-dire dans des conditions de parfaite régularité.

L'ensemble théorique de l'installation au poste de réception est représenté par la figure 206, où P est l'organe synchrone du distributeur d'arrivée, R les divers récepteurs, A le relais placé sur la ligne, B l'armature de ce relais effectuant la retransmission.

L'intercalation de ce relais à l'entrée du poste récepteur a deux conséquences importantes.

En premier lieu, puisqu'il y a une transmission intermédiaire, il y a un certain retard dans l'arrivée des émissions au

buteur d'arrivée. Ce retard varie avec l'état électrique de la ligne utilisée : d'où la nécessité de pouvoir faire varier légèrement la position des plots de réception par rapport à la position initiale de l'organe synchrone, dans le distributeur d'arrivée.

En second lieu, les courants transmis par le relais ne circulent plus qu'en local; le courant de repos qui avait pour seul objet de remédier aux difficultés provenant de la ligne n'a plus de raison d'être. Il est donc fait usage d'un relais polarisé ne répondant qu'au courant de travail et, lorsque l'armature du relais revient au repos, aucun courant n'est envoyé dans le distributeur.

En résumé, le récepteur proprement dit comprend donc :

- 1° Un relais retransmetteur, placé à l'entrée du poste;
- 2° Un distributeur;
- 3° Cinq électro-aimants récepteurs.

α. — Relais

Le relais est un relais polarisé du deuxième type (électro-aimant polarisé par un aimant permanent).

Il se compose de deux électro-aimants droits E E, disposés verticalement entre les deux branches d'un aimant en forme d'U (fig. 207). Ces deux électro-aimants ont une armature commune et fixée sur un cylindre en fer XX muni de deux chapes qui s'appuient sur deux pointes adaptées à la partie supérieure des branches de l'aimant.

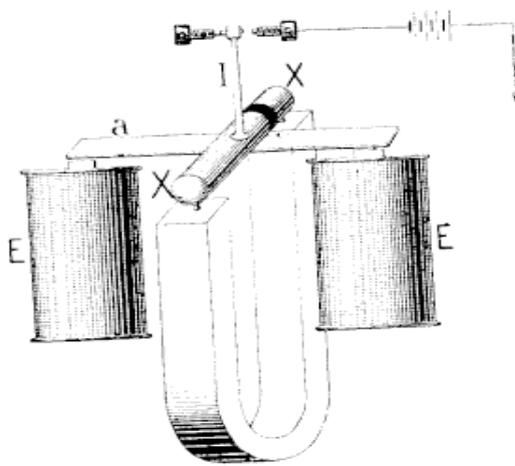


FIG. 207.

L'arbre XX est formé, en réalité, de deux cylindres de fer séparés par une rondelle de cuivre, de sorte que l'ensemble constitué par la première moi-

tié antérieure du tube et l'armature qui y est fixée n'est que l'épanouissement de l'un des pôles de l'aimant.

Un index I perpendiculaire à l'armature reproduit les oscillations et, suivant le sens du courant qui traverse les bobines, s'applique sur l'une ou l'autre des butées.

3. — Distributeur

Le distributeur (*fig. 208*) est monté de la même façon que le distributeur de départ. Il comporte un organe synchrone constitué par un bras porte-balais P_3 . Un des balais A_3 de ce bras se déplace constamment sur une couronne fixe en rela-

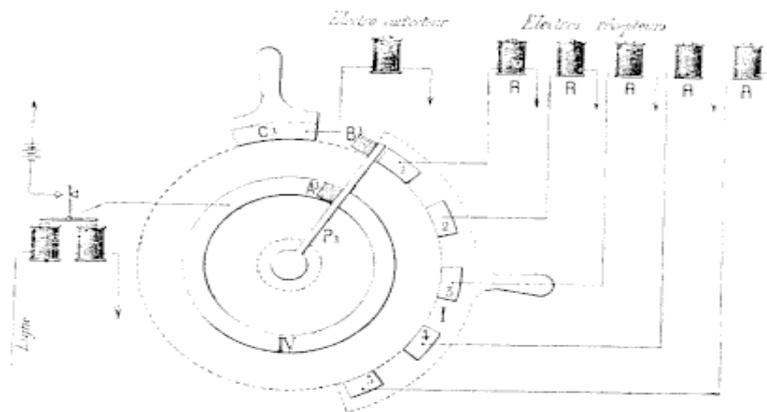


FIG. 208.

tion avec l'armature du relais qui, en réalité, représente la ligne (couronne IV). L'autre balai B_3 se déplace au-dessus des cinq plots de réception reliés aux récepteurs et disposés sur une même couronne (couronne I).

Cette couronne est montée toutefois d'une façon particulière pour permettre de déplacer les plots par rapport au bras du porte-balais, condition nécessitée par la présence du relais. A cet effet les contacts de cette couronne sont montés sur des secteurs en ébonite munis chacun d'une poignée métallique et qui peuvent être déplacés à la main.

Ce distributeur est muni, comme celui du départ, d'un régulateur à force centrifuge et du dispositif de correction.

Nous avons vu précédemment que ce dispositif comportait à l'arrivée :

1° Deux plots reliés l'un à la terre, l'autre à un électro-correcteur ;

2° Un mécanisme permettant de provoquer un retard du bras porte-balais, quand l'électro-correcteur fonctionne.

Grâce à la présence du relais retransmetteur à l'entrée du poste d'arrivée, il est inutile de disposer le plot de terre sur le distributeur : la ligne en effet se trouve mise à la terre à travers le relais, et cette liaison tient lieu du plot considéré. Le plot lié à l'électro-correcteur subsiste donc seul sur le distributeur ; il est placé en C_3 . Comme les plots récepteurs, il est monté de telle sorte qu'on puisse modifier, à l'aide d'une poignée, son orientation par rapport à la position initiale du porte-balais P_3 .

Le mécanisme permettant d'obtenir un retard du bras porte-balais lorsque l'électro-correcteur fonctionne, repose sur le principe suivant :

Normalement l'axe de la roue motrice est lié à l'axe du bras porte-balais par un embrayage ; chaque fois que l'électro-correcteur fonctionne, cet embrayage est supprimé pendant un instant très court.

L'embrayage choisi est un embrayage mécanique. Une représentation schématique (*fig. 209*) permettra de se rendre compte aisément de son fonctionnement.

Soit A la roue motrice tournant autour d'un axe indépendant ;

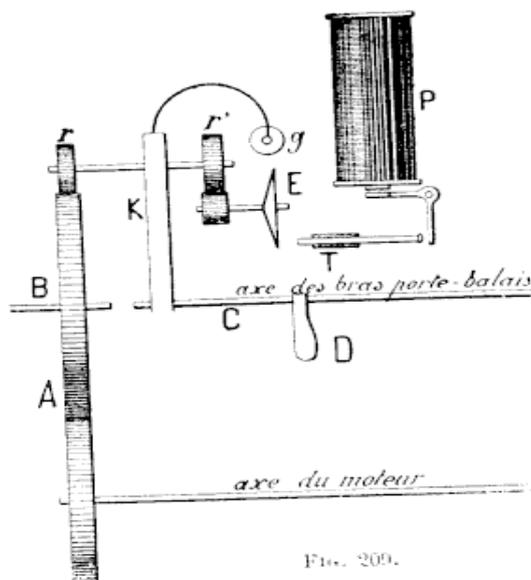


FIG. 209.

Soit C l'axe portant le bras porte-balais et qui doit normalement être embrayé avec l'axe A.

L'axe C porte une pièce K qui supporte, d'une part, un train de deux pignons r et r' accouplés sur le même axe, d'autre part un pignon accouplé à une roue étoilée E à 9 branches (*fig.* 210) et monté sur un axe parallèle au premier; enfin un ressort portant un galet g qui, dans sa position normale, s'intercale entre deux des branches de l'étoile et immobilise celle-ci.

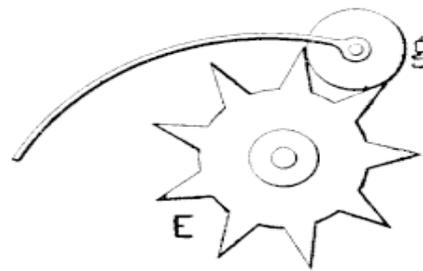


FIG. 210.

En temps normal, l'embrayage entre les axes A et C est assuré par la liaison suffisamment rigide établie entre les deux systèmes de roues, par l'intermédiaire du galet g .

Lorsque l'armature de l'électro-aimant correcteur P est attirée, la tige T poussée vers la gauche se place dans le plan de rotation de l'étoile qui, rencontrant cet obstacle pivote sur son axe en entraînant le pignon dont elle est solidaire et les roues r et r' . Ce mouvement qui a peu de durée, car le galet g est venu retomber aussitôt entre les deux dents suivantes de l'étoile, a précisément pour effet de décaler l'arbre C par rapport à l'arbre A de $\frac{1}{144}$ de tour.

D'autre part, une came D portée par l'arbre C vient, à la fin du tour, repousser la tige T vers la droite et la replacer dans sa position initiale pour permettre, s'il y a lieu, une nouvelle correction au tour suivant.

La figure 209 est, nous l'avons dit, une figure schématique. Dans la réalité, on ne trouve pas deux axes distincts A et C,

mais la roue A est montée directement sur l'axe unique C et est folle sur celui-ci. Il est facile de voir que le résultat est le même, c'est-à-dire qu'il y a ainsi indépendance entre le mouvement de la roue A et celui de l'axe C quand ils ne sont pas embrayés.

γ. — Électro-aimants récepteurs

Les récepteurs (*fig. 211*) comportent chacun un électro-aimant droit E dont l'armature *a*, articulée sur la joue postérieure, est maintenue relevée en temps normal par un léger ressort *x*.

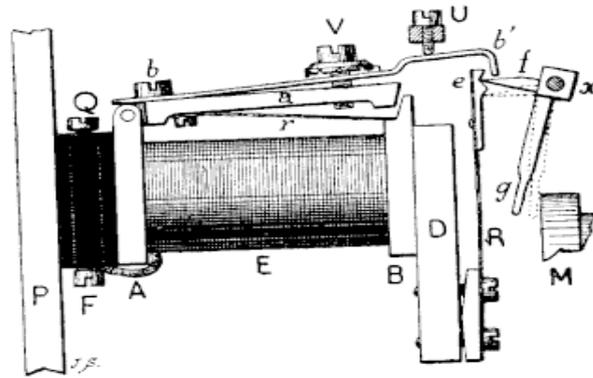


FIG. 211.

Cette armature est prolongée par une lame élastique *bb'*, recourbée à angle droit et dont la position peut être réglée à volonté au moyen de la vis V. Au moment de l'attraction de l'armature, l'extrémité *b'* de cette lame vient frapper la branche horizontale d'un levier coudé *fg*. Celle-ci, taillée en biseau, pénètre au repos dans une encoche pratiquée à la partie supérieure d'un ressort vertical R. Le choc produit fait pivoter le levier *fg* et sa branche verticale vient s'appuyer contre une roue M.

Les leviers *fg* portent le nom d'*aiguilleurs*, et les électro-aimants récepteurs celui d'*électro-aiguilleurs*.

On voit qu'à la fin de la transmission d'un signal, la combinaison représentative de ce signal et correspondant à celle

formée par les armatures, se trouve, du fait de l'agencement qui vient d'être décrit, reproduite par les cinq leviers aiguilleurs. Il y a autant de leviers *fg* appliqués contre la roue M qu'il y a d'armatures ayant fonctionné.

Traduction. — Le système de traduction adopté dans l'appareil Baudot est un système mécanique.

Nous ne reviendrons pas sur le principe général de la traduction. Rappelons simplement que cette traduction exige les appareils suivants :

- 1° Autant de leviers dits *chercheurs* qu'il y a d'armatures ;
- 2° Autant de couronnes qu'il y a de leviers, ces couronnes tournant en regard des leviers et accouplées de telle sorte qu'en défilant devant les leviers les pleins et les creux qu'elles portent représentent successivement toute la série des combinaisons qui peuvent être transmises ;
- 3° A côté de chacune des couronnes précitées, une couronne dite *complémentaire*, c'est-à-dire divisée comme la couronne principale, mais présentant des saillies à la place des creux et inversement.

On sait, en outre, que, en combinant convenablement le code des combinaisons, on peut réduire à deux (une principale et une complémentaire) le nombre des couronnes ; les cinq chercheurs reposent alors normalement sur la couronne principale, mais ils sont cette fois placés à la suite les uns des autres et non juxtaposés.

Le code Baudot permet cette simplification. Nous trouvons donc dans le traducteur de cet appareil :

- 1° Une couronne principale et sa complémentaire (l'ensemble porte le nom de *combineur*) ;
- 2° Des chercheurs.

Il est essentiel de rappeler enfin que, la combinaison une fois emmagasinée par les armatures, la traduction peut s'effectuer à un moment quelconque pendant la fin du tour et en un point quelconque de l'installation. Dès lors, nous ne devons pas nous étonner d'y voir affecter dans l'appareil

Baudot un appareil spécial dit *traducteur* et comportant non seulement les organes servant à la traduction, mais les cinq électro-récepteurs et les organes d'impression. La seule condition imposée pour ce traducteur sera qu'il puisse effectuer rigoureusement ses opérations pendant la fin du tour du distributeur ; il doit y avoir dépendance de mouvement entre lui et ce distributeur.

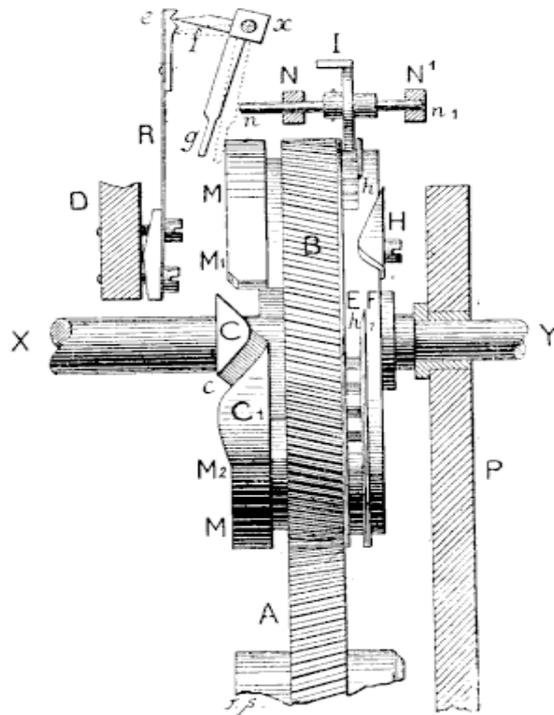


Fig. 212.

Ces indications données, le combinateur, dans le système Baudot (*fig. 212*), est formé par deux plateaux circulaires en acier E et F, fixés contre l'une des faces d'une roue dentée B, dont l'autre face porte une couronne de butée M, n'occupant qu'une partie de la circonférence, et une came dite *came navette* en deux pièces C et C₁.

La couronne M est celle-là même contre laquelle viennent buter les chercheurs (*fig. 211*).

Le disque E et le disque F constituent la couronne principale et la couronne complémentaire; elles portent donc sur leur pourtour une série de trente-deux creux ou saillies disposés en ordre convenable et de telle manière qu'un plein sur l'une soit en regard d'un creux sur l'autre. Le disque F porte en outre une came H. L'ensemble tourne d'un mouvement continu sous l'action du moteur.

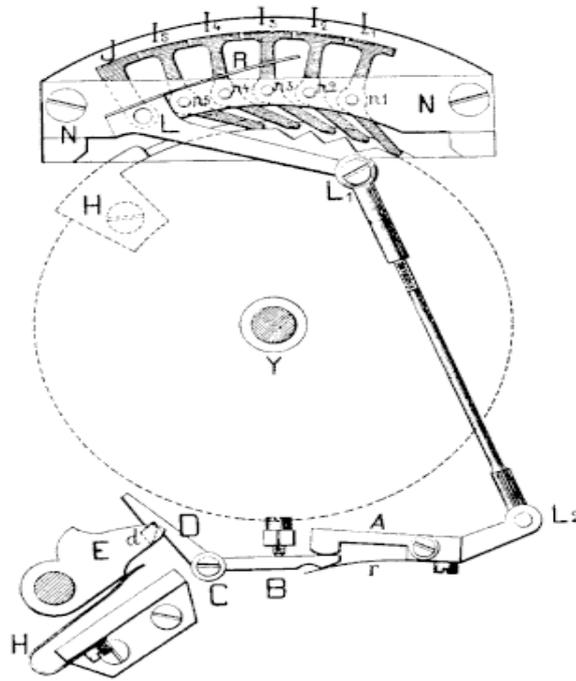


FIG. 213.

Les chercheurs I (*fig.* 212 et 213) pivotent en s'appuyant sur deux platines en acier N et N'. La longueur de leurs axes est assez grande pour permettre au pied d'un chercheur qui se déplace de venir s'appuyer sur l'un ou l'autre des disques E ou F; ce déplacement est obtenu chaque fois qu'un des aiguilleux *fg* vient buter contre la roue M. Quant à la largeur des têtes des chercheurs, elle est suffisante pour qu'elles restent accolées, après que l'un quelconque d'entre eux est passé du

disque E sur le disque F. La came H a enfin pour effet, lorsqu'elle passe devant le pied des chercheurs, de ramener ceux-ci sur le disque E (voie normale), si ceux-ci ont momentanément passé sur le disque F (voie de travail).

Le fonctionnement est le suivant :

La combinaison à traduire ayant été formée par les aiguilleurs, la partie C de la came-navette, rencontrant les aiguilleurs déplacés, appuie ceux-ci fortement vers la droite. Dans ce mouvement l'axe des chercheurs correspondants est également poussé vers la droite ; leurs pieds passent sur la voie de travail. La came C, passant ensuite, ramène les aiguilleurs au repos, obligeant leur branche horizontale à s'engager de nouveau dans l'encoche *e* du ressort.

A ce moment la série des combinaisons défile sous les pieds des chercheurs. Lorsque la combinaison cherchée se présente, les cinq chercheurs (aussi bien ceux placés sur voie normale que ceux placés sur voie de travail) perdent leur point d'appui, et leur ensemble bascule sous l'action du ressort R agissant sur le levier JL.

Ce mouvement de bascule est celui qui devra être utilisé pour l'impression.

La roue B achevant son tour, la came H reporte sur voie normale les pieds des chercheurs déplacés ; tous reviennent au repos.

Impression. — La combinaison étant reconnue, il est nécessaire d'imprimer le caractère correspondant. Rappelons que la méthode générale est la suivante :

Sur le même axe que le combinateur est montée une roue portant à sa périphérie les caractères correspondants aux combinaisons et dans le même ordre. Lorsqu'une combinaison passe sous le pied des chercheurs, le signal correspondant à celle-ci occupe donc dans l'espace une place déterminée — par exemple l'extrémité inférieure du diamètre vertical de la roue. Il suffit d'utiliser le mouvement des chercheurs pour projeter le papier en ce point. On obtiendra l'impression demandée. Le

mécanisme d'impression se réduit, par suite, à une simple commande mécanique.

Dans l'appareil Baudot, nous venons de voir que le mouvement des chercheurs se traduisait par un mouvement de bascule du levier JL (*fig. 213*).

La même figure et la figure 214 montrent la commande utilisant le mouvement pour produire l'impression.

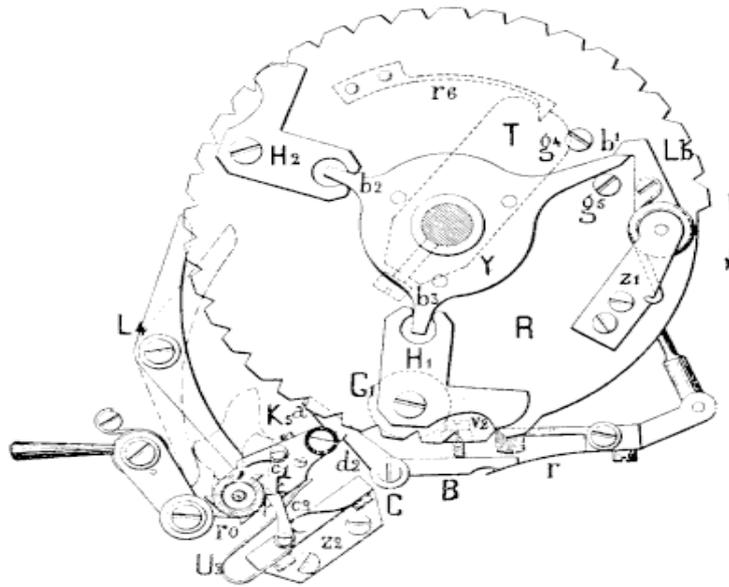


FIG. 214.

Le mouvement de bascule de JL a pour résultat de soulever légèrement la pédale A au-dessus du levier d'accrochage B. Inversement le redressement de JL suivant le relèvement des chercheurs projette assez violemment A sur B.

Le cliquet de ce levier B lâche alors une goupille *d* solidaire d'une came E qu'un ressort H tend à faire tourner de droite à gauche.

Aussitôt libérée, cette came s'engage alors par sa pointe dans l'une des trente-deux dents (*fig. 214*) d'une roue dite *roue d'impression* et tourne un instant avec elle. Dans ce mouvement, elle projette contre la roue des types montée sur le même axe

que la roue d'impression et tournant avec elle, un tampon I dont elle est munie et sur lequel passe la bande de papier. La lettre est imprimée.

Il reste à ramener la came E à sa position initiale. Un levier L_1 dit *levier de rappel* est chargé de cette fonction.

Normalement la partie inférieure de ce levier appuie contre l'épaulement supérieur de la came. Quand cette came a été projetée vers la gauche, inversement l'extrémité N du même levier a avancé vers la droite. Cette extrémité reste dans cette position tant qu'un galet G_1 , porté par la roue d'impression, n'est pas venu la ramener à sa position initiale. Comme, à ce moment, la came E est en regard d'une partie de la roue d'impression dépourvue de dents, elle obéit à cette action et peut reprendre sa position.

Progression du papier. — Les mêmes mouvements de la came E sont utilisés pour la progression du papier (*fig. 214*).

A cet effet, la bande passe sur un tambour solidaire d'une roue à rochet r_0 ; elle est pressée sur ce tambour par un rouleau compresseur. La roue à rochet ainsi que le tambour d'entraînement peuvent tourner autour de l'axe même de la came E. Deux cliquets c_1 , c_2 s'engagent dans ce rochet. Pendant le premier mouvement de la came E (de droite à gauche) le cliquet c_1 fait tourner le rochet d'un certain angle : la bande avance de 4 millimètres. Durant le second mouvement de la came E (de gauche à droite) le cliquet c_2 empêche la roue à rochet et, par suite, la bande de rétrograder. Le tampon imprimeur glisse seul sous la bande, laissant à sa gauche le caractère imprimé.

Remarque. — Le passage de l'impression des lettres à l'impression des chiffres est produit dans l'appareil Baudot, comme dans tous les appareils de la même classe déjà décrits, à l'aide d'un levier inverseur produisant un décalage de la roue des types par rapport à la roue d'impression.

La figure 214 montre en Y, H_1 , H_2 , ce dispositif sur lequel il est inutile de revenir.

Lorsqu'on transmet les combinaisons correspondant soit au blanc des chiffres, soit au blanc des lettres, c'est l'extrémité de H_1 ou l'extrémité de H_2 qui se trouve en regard de la came E et c'est le choc de cette came qui provoque l'inversion.

Synchronisme entre le distributeur et le combinateur.

— Il reste à assurer le synchronisme entre le distributeur au poste d'arrivée et le combinateur. Nous avons vu plus haut que ce synchronisme peut être approximatif : il suffit, pour que l'appareil fonctionne correctement, que le combinateur ait terminé ses opérations à la fin de chaque tour du distributeur.

Ce synchronisme est obtenu par les moyens ordinaires à l'aide d'un régulateur et d'un système de correction (le traducteur étant toujours supposé *en avance* sur le distributeur et recevant, par suite, la correction).

Le régulateur est un régulateur à force centrifuge sensiblement identique à celui du distributeur. Il porte le nom de *modérateur de vitesse*.

Le système de correction est électrique. Il comporte donc théoriquement :

1° Sur le distributeur, un plot permettant l'envoi du courant de correction ;

2° Sur le traducteur, deux plots reliés l'un à la terre, l'autre à un électro-aimant correcteur et un dispositif mécanique permettant de provoquer un retard du mouvement dès que l'électro fonctionne.

L'obligation d'établir un plot sur le distributeur d'arrivée en relation avec une pile locale amène à installer sur celui-ci un bras porte-balais supplémentaire P_2 et deux nouvelles couronnes (couronnes III et VI). Le distributeur d'arrivée ainsi complété devient alors celui représenté par la figure 215.

L'installation sur le traducteur ne comportant pas de plateaux ni de bras porte-balais, on a trouvé plus simple de substituer au contact par plot un contact entre deux ressorts, contact qui est provoqué à un moment donné par la rotation de l'axe du moteur. Cette simplification était d'autant plus

recommandable qu'en réalité la correction s'effectuant *en local*, il est indifférent de garder ou non le plot lié à la terre; ce plot sert en effet uniquement à éviter une charge de la ligne

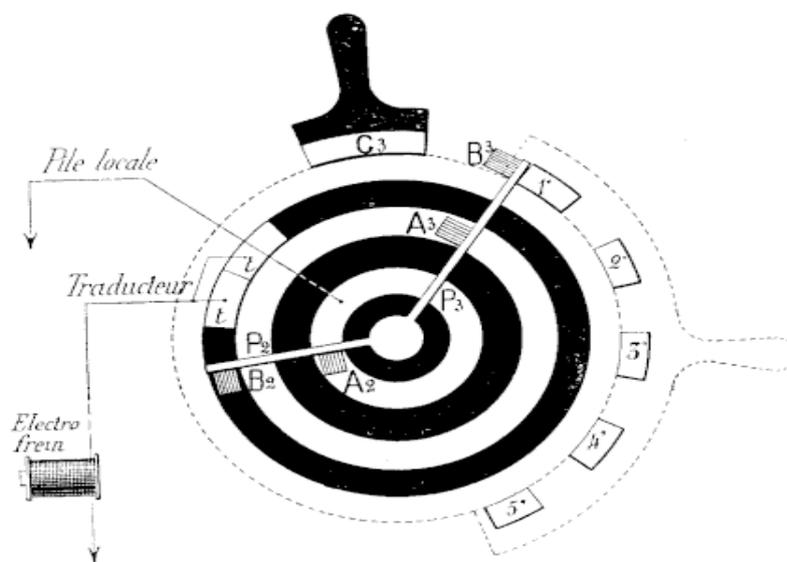


FIG. 215.

lorsque la correction ne fonctionne pas. La ligne n'existant plus ici, on peut le supprimer.

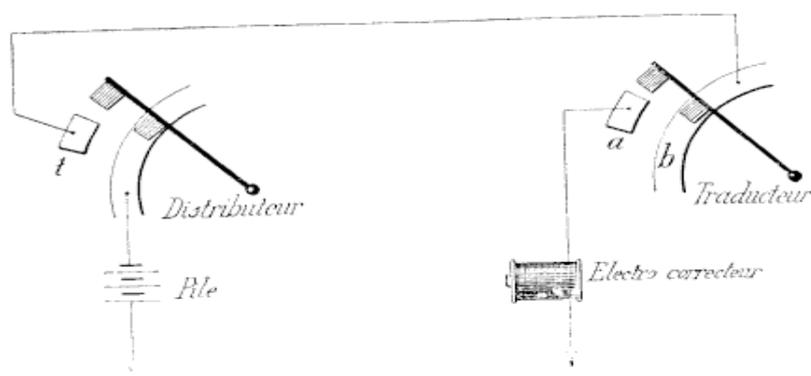


FIG. 216.

Le schéma de la correction électrique en local devient dans ces conditions le suivant (*fig. 216*), auquel on peut substituer encore celui de la figure 217, où la liaison entre l'électro et la

ligne venant du distributeur est obtenue à chaque tour non plus à l'aide d'un porte-balai, mais par le contact de deux res-

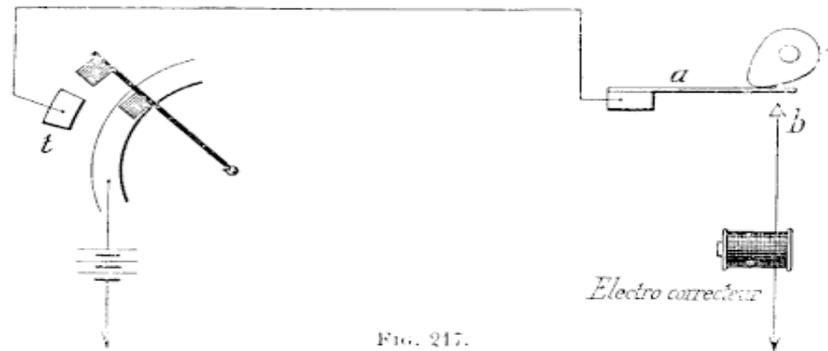


FIG. 217.

sorts sous l'action d'une came portée par l'arbre du traducteur.

Dans le traducteur Baudot, on s'est arrêté à ce dernier système ; pour la facilité de la construction, la commande des ressorts par la came est faite non plus directement, mais par l'intermédiaire d'un levier L_6 , sur lequel agit la came K_4 portée par l'arbre (fig. 218).

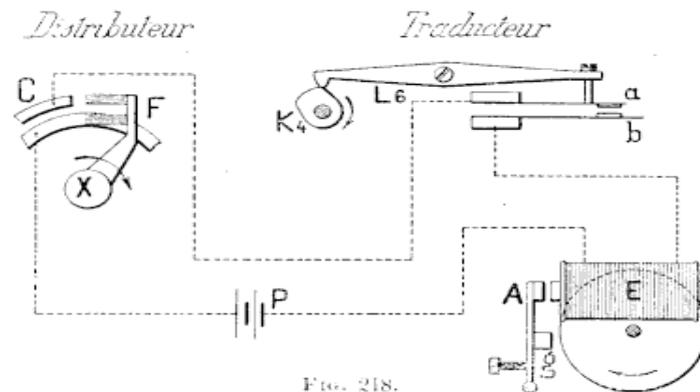


FIG. 218.

Enfin le dispositif mécanique provoquant le retard du mouvement quand l'électro-correcteur fonctionne est des plus simples, en raison de ce fait que le synchronisme à obtenir est lui-même assez grossier. L'armature de l'électro-correcteur, lorsqu'elle est attirée, presse un frotteur de liège g sur le volant de l'appareil et forme frein, d'où le nom d'*électro-frein* donné à cet électro.

Communications électriques de l'appareil. — Théoriquement, chaque poste devant pouvoir soit transmettre, soit recevoir, devra comporter :

1° Pour la transmission, un manipulateur et un distributeur de départ;

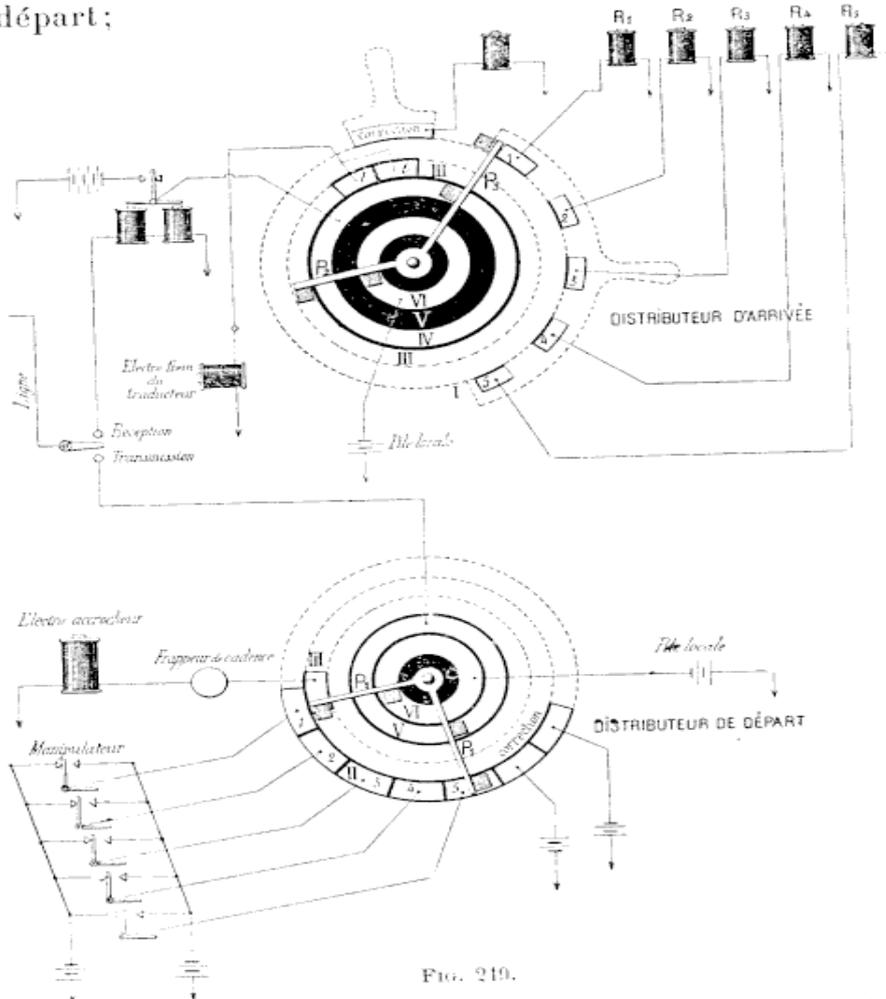


FIG. 219.

2° Un commutateur permettant de passer de la position de transmission à la position de réception ;

3° Un distributeur d'arrivée et un traducteur.

L'ensemble, constitué à l'aide des éléments déjà représentés (fig. 202, 208 et 215), donnerait, au point de vue des communications électriques, l'agencement représenté par la figure 219.

Mais, réduite à ces éléments, l'installation est encore incomplète ; il importe en effet d'obtenir quand on transmet une impression de contrôle. Cette impression est obtenue en prenant sur la ligne une dérivation à travers une forte résistance. Les liaisons au commutateur de mise sur réception deviennent alors les suivantes (*fig. 220*) :

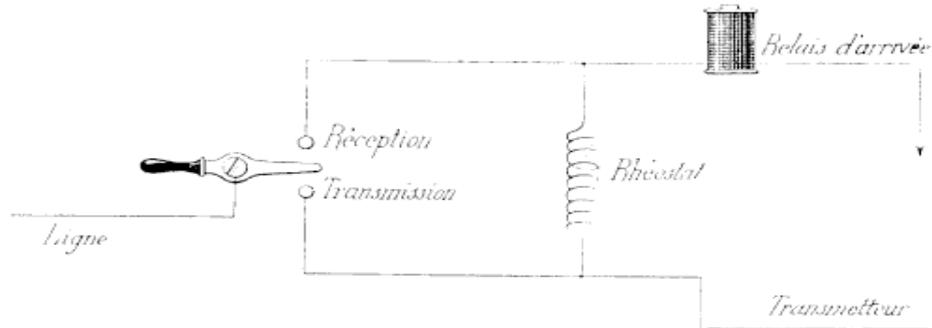


FIG. 220.

Telle quelle, l'installation serait extrêmement complexe ; elle est toutefois susceptible d'une simplification importante si l'on remarque qu'il est possible de réunir en un seul les deux distributeurs.

En superposant en effet les deux représentations schématiques du distributeur de départ et du distributeur d'arrivée, on obtient en effet le distributeur représenté sur la figure 221, ayant six couronnes et trois porte-balais. La ligne étant alors normalement reliée avec la couronne V, le relais devra lui-même être relié pendant la réception à cette couronne V. Cette liaison s'effectue aisément par l'intermédiaire des butées de repos du manipulateur ; ces butées en effet sont mises successivement en communication par les plots de travail de la couronne I avec la couronne V pendant le passage du porte-balais P_1 sur ces plots.

L'installation du Baudot ainsi simplifiée est représentée par la figure 222 et correspond à l'installation réelle.

Remarque. — Lorsque le poste doit recevoir la correction, les plots c et c' ne doivent plus être reliés à des piles envoyant

cette correction. En revanche, ils doivent servir à recevoir

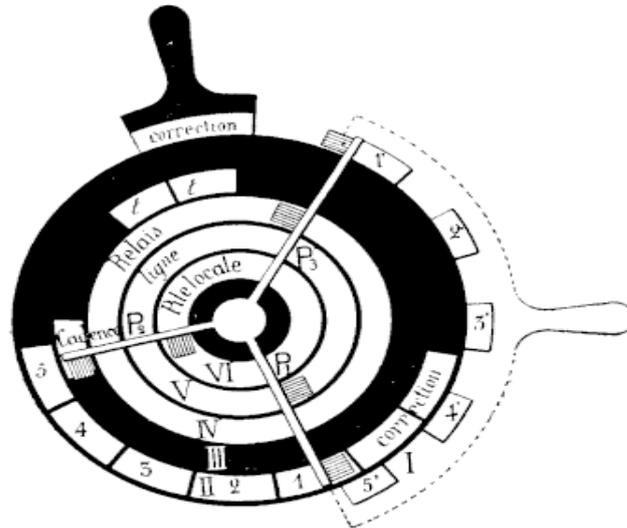


FIG. 224.

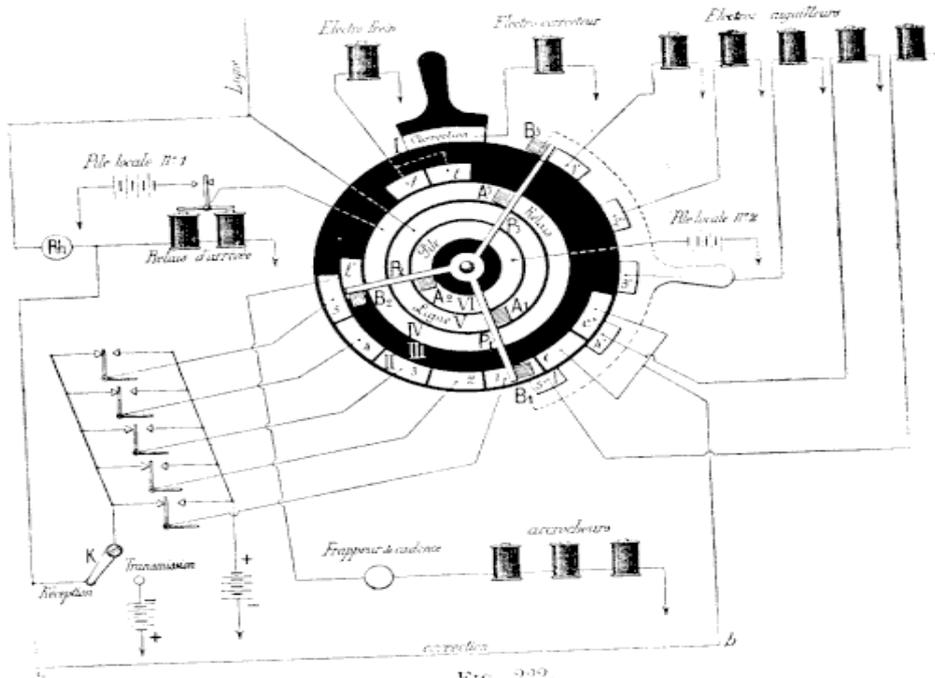


FIG. 222.

ces courants venant par la couronne V et à les diriger sur le

relais, à l'aide d'une connection directe aboutissant au relais. C'est ce qui a été représenté sur la figure 222 où *ab* est la connection précitée.

Fonctionnement de l'appareil. — Supposons dès lors que le commutateur *K* (placé sur le manipulateur) soit sur position de transmission.

Le balai A_1 s'engageant sur les plots *c, c'* envoie, par exemple, la correction. A ce moment le balai A_2 passe sur le plot *f*, le courant de la pile locale n° 2 traverse le frappeur de cadence et les électro-accrocheurs du manipulateur, ce qui a le double résultat d'inviter le correspondant à transmettre et de libérer les touches qui pourraient être indûment abaissées.

Le balai A_1 continuant sa marche atteint ensuite successivement les plots 1, 2, 3, 4, 5; la série des courants nécessaires à la formation du signal est envoyée; chaque fois, une partie de ces courants est dérivée sur le relais à travers le rhéostat.

Le balai A_3 passant en même temps sur les plots 1', 2', 3', 4', 5', les courants, retransmis par le relais, parviennent aussi successivement aux électro-aiguilleurs pour préparer l'impression de contrôle qui est faite mécaniquement par le traducteur.

Enfin A_1 et A_3 étant parvenus sur les plots 4 et 4', le balai A_2 atteint les plots *t*: le courant de la pile locale n° 2 est envoyé sur l'électro-frein assurant le synchronisme entre le distributeur et le traducteur.

Au poste d'arrivée, le commutateur *K* a été placé sur position de réception.

Le balai A_1 passant d'abord sur les plots *c, c'*, le courant de correction qui arrive de la ligne passe par ce plot et parvient au relais. Le balai A_3 étant au même instant sur le plot marqué *correction*, celle-ci est effectuée. A_2 , passant en même temps sur *f*, actionne la cadence.

A_1 et A_3 continuent leur chemin; A_1 transmet au relais, par l'intermédiaire des plots 1, 2, 3, 4, 5, et des butées de repos du manipulateur, les courants arrivant de la ligne pour la for-

mation du signal : chaque fois que le relais fonctionne, A_3 qui passe de son côté sur les plots 1', 2', 3', 4', 5', dirige sur les électro-aiguilleurs le courant retransmis; A_2 passant sur t, t' , fait enfin fonctionner l'électro-frein et l'impression a lieu.

Moteur. — Il reste, pour achever cette étude d'un secteur Baudot, à examiner les moteurs utilisés pour produire la rotation des distributeurs et des traducteurs. Ces moteurs sont soit des moteurs à poids, soit des moteurs électriques.

1° *Moteurs à poids.* — Le train d'engrenage des moteurs à poids est sensiblement identique à celui des moteurs similaires dans l'appareil Hughes. Il est représenté schématiquement par la figure 223, où R figure la roue motrice du mouvement d'horlogerie. Le remontage du poids s'effectue soit directement à l'aide de la pédale L, soit à l'aide d'un moteur électrique, comme il a été montré pour l'appareil Hughes (*fig. 195*).

2° *Moteurs électriques.* — Ces moteurs agissent directement sur l'axe du volant des appareils. Les types en usage dans l'administration française comportent un inducteur formé d'aimants permanents et un induit Siemens (type Rechniewski). Ils fonctionnent sous une différence de potentiel aux bornes de 20 volts et consomment 60 milliampères. On les alimente à l'aide d'une pile Callaud.

Réglage. — Les installations Baudot étant toujours sous la surveillance d'un agent spécial nommé *dirigeur*, il n'y a pas

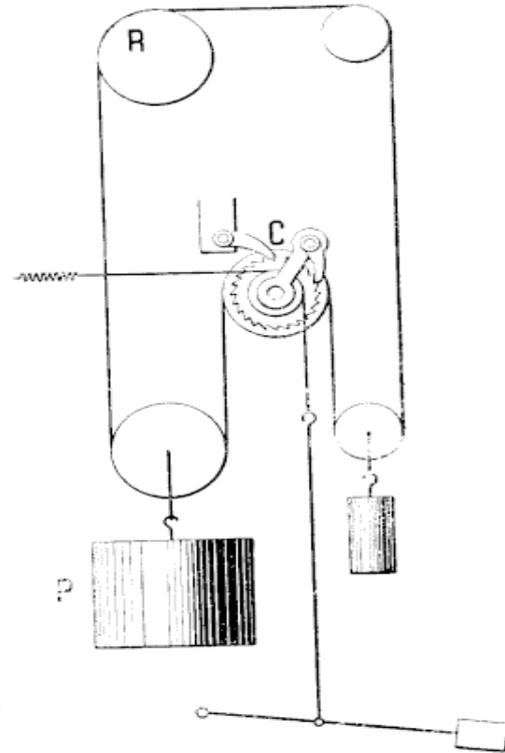


FIG. 223.

lieu d'indiquer ici le réglage, qui est du ressort spécial de cet agent.

Baudot double. — Si l'on se reporte à la figure 222, on voit que les couronnes H et I du distributeur servant à la transmission et à la réception sont loin d'être utilisées entièrement. Il est donc possible d'ajouter aussi bien sur l'une que sur l'autre

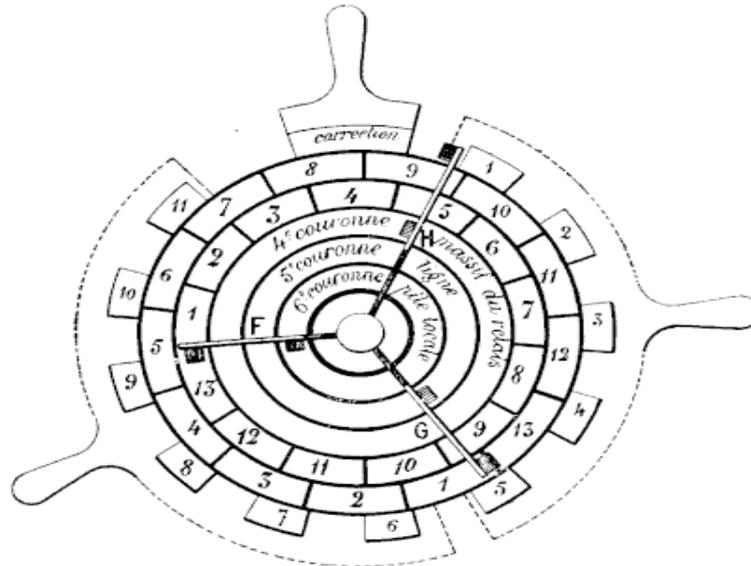


FIG. 224.

5 nouveaux plots correspondant à un second groupe de manipulateurs et de récepteurs. Le distributeur devient alors celui représenté par la figure 224. L'appareil ainsi transformé est devenu susceptible de transmettre ou de recevoir à chaque tour deux signaux, chacun de ces signaux parvenant dans un système *indépendant* de récepteurs. C'est le principe de la transmission multiple.

D. — ÉTUDE DE L'APPAREIL WHEATSTONE

Formation des signaux. — Les signaux utilisés dans l'appareil Wheatstone sont formés à l'aide d'émissions de cou-

rant continu des deux sens et dans lesquels on donne à e (durée d'émission positive) des valeurs approximatives, à e' (durée d'émission négative) des valeurs approximatives, à t (intervalle d'émission) une valeur nulle.

Les signaux conventionnels, formés de traits et de points conformément au code Morse, sont inscrits sur une bande par le récepteur.

Transmetteur. — Les transmetteurs, dans le cas de cette formation de signaux, doivent pouvoir occuper trois positions de manière à mettre la ligne en communication soit avec la source d'énergie positive, soit avec la source d'énergie négative, soit enfin avec la terre à travers le récepteur.

Ces diverses fonctions sont obtenues à l'aide de deux commutateurs distincts, l'un simple commutateur à manette mettant sur position de transmission ou de réception, l'autre servant de manipulateur proprement dit.

Le transmetteur Wheatstone existe sous deux formes distinctes suivant que la manipulation est faite à la main ou est automatique et à composition préalable.

Transmetteur Wheatstone à main. — Le transmetteur Wheatstone à main ne diffère pas du manipulateur type des appareils utilisant cette formation de signal. Il a été décrit déjà (*fig. 62*) ; nous n'y reviendrons pas.

Transmetteur Wheatstone automatique et à composition préalable. — On sait que les transmetteurs automatiques et à composition préalable comportent :

- 1° L'emploi d'une bande perforée à l'avance et commandant la transmission ;
- 2° Un mécanisme moteur commandant d'une part l'entraînement de la bande et, d'autre part, les mouvements du manipulateur proprement dit ;
- 3° Un manipulateur proprement dit ;

4° Un organe de liaison mécanique entre ce manipulateur et la bande.

Étudions en détail ces divers éléments.

α. — Bande perforée

La bande perforée porte trois rangées de trous, la rangée supérieure servant à l'émission des courants d'un sens, positif par exemple, la rangée médiane servant à l'entraînement de la bande, la rangée inférieure servant à l'émission des courants de l'autre sens, négatif par exemple.

Les perforations correspondant au point, au trait et à l'espacement des signaux sont les suivantes :



β. — Mécanisme moteur

Le mécanisme moteur est actionné par un poids d'environ 20 kilogrammes, qui, relié par un train d'engrenages, en provoque la rotation (*fig. 225*).

La chaîne passe sous la chape du poids P, puis sur une roue R solidaire de l'arbre du remontoir, ensuite sous la chape d'un contrepoids p, enfin sur une roue R₂.

La roue R₂ est montée à frottement doux sur l'axe, en même temps qu'une roue d'engrenage commandant le rouage.

Une dernière roue à rochet r est solidaire de l'axe et normalement retenue par un cliquet S.

Lorsque le poids est remonté, l'axe demeure immobile sous l'action de ce cliquet et la traction de la chaîne se fait tout entière sur le brin relié à la roue R₂ qui entraîne l'engrenage.

Lorsqu'on donne à la clé qui termine l'axe un mouvement de gauche à droite pour opérer le remontage, le cliquet saute sur les dents de la roue à rochet et la roue R, tirant sur la chaîne, remonte le poids sans que celui-ci d'ailleurs cesse

d'agir sur l'autre brin et, par suite, sans que le mouvement du rouage soit interrompu.

La régulation du mouvement du moteur est obtenue à l'aide

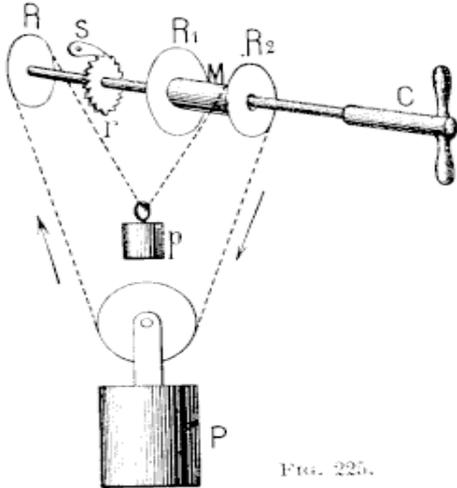


FIG. 225.

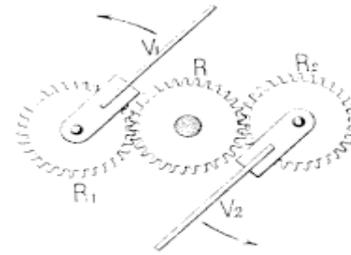


FIG. 226.

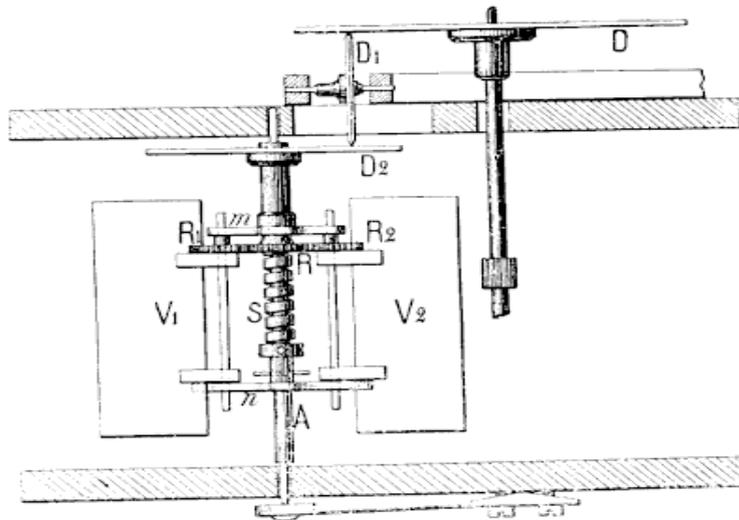


FIG. 227.

d'un volant — qui maintient constante la vitesse — et d'un régulateur de vitesse intercalé entre le mouvement et le volant régulateur — qui permet de modifier à volonté le régime de marche.

Le volant est un régulateur à force centrifuge (*fig.* 226 et *fig.* 227). Il comporte essentiellement une roue dentée R portée

par l'axe et engrenant avec deux roues dentées R_1, R_2 ; ces dernières sont solidaires d'ailettes V_1 et V_2 et fixées librement sur leurs axes. Ces axes sont adaptés eux-mêmes solidement sur des ponts m et n portés par l'axe du volant. Un ressort en spirale S agit sur la roue R et tend constamment à maintenir les ailettes fermées.

La liaison de cet ensemble avec le reste du mouvement se fait grâce au frottement d'une roue D_1 sur un plateau D_2 soli-

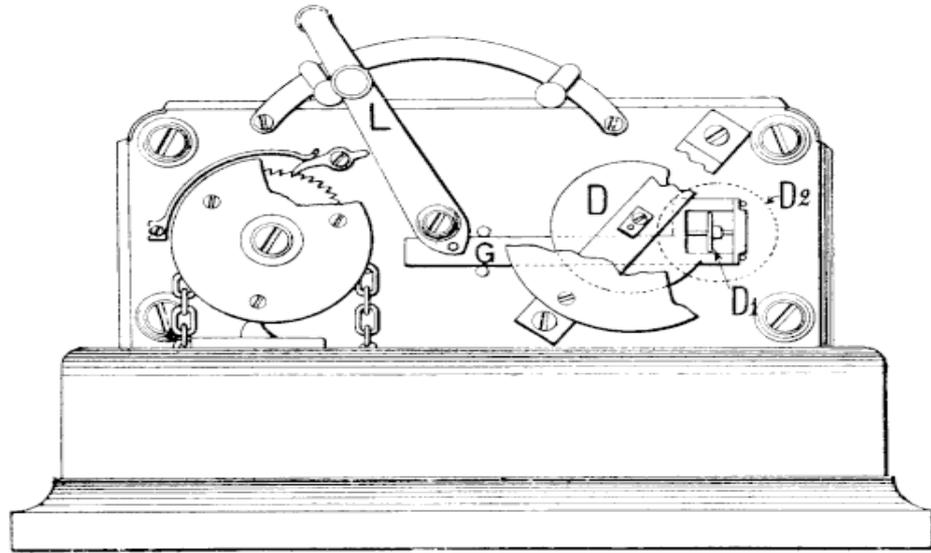


FIG. 228.

daire de l'axe du volant, et sur un plateau D solidaire de l'axe du dernier mobile (*fig. 227*).

Dès que le moteur est en mouvement, la force centrifuge agit sur les ailettes qui s'écartent de leur position normale. En même temps, par l'intermédiaire des roues R_1, R_2 , ces ailettes agissent sur la roue R et augmentent la tension du ressort S . La tension de ce ressort et la résistance de l'air augmentent donc à chaque accroissement de vitesse et maintiennent l'uniformité de la marche.

Le régulateur de vitesse, destiné à modifier le régime, est constitué par la roue D_1 servant de liaison entre l'axe du volant

et le mécanisme d'horlogerie. On conçoit, en effet, qu'en dépla-

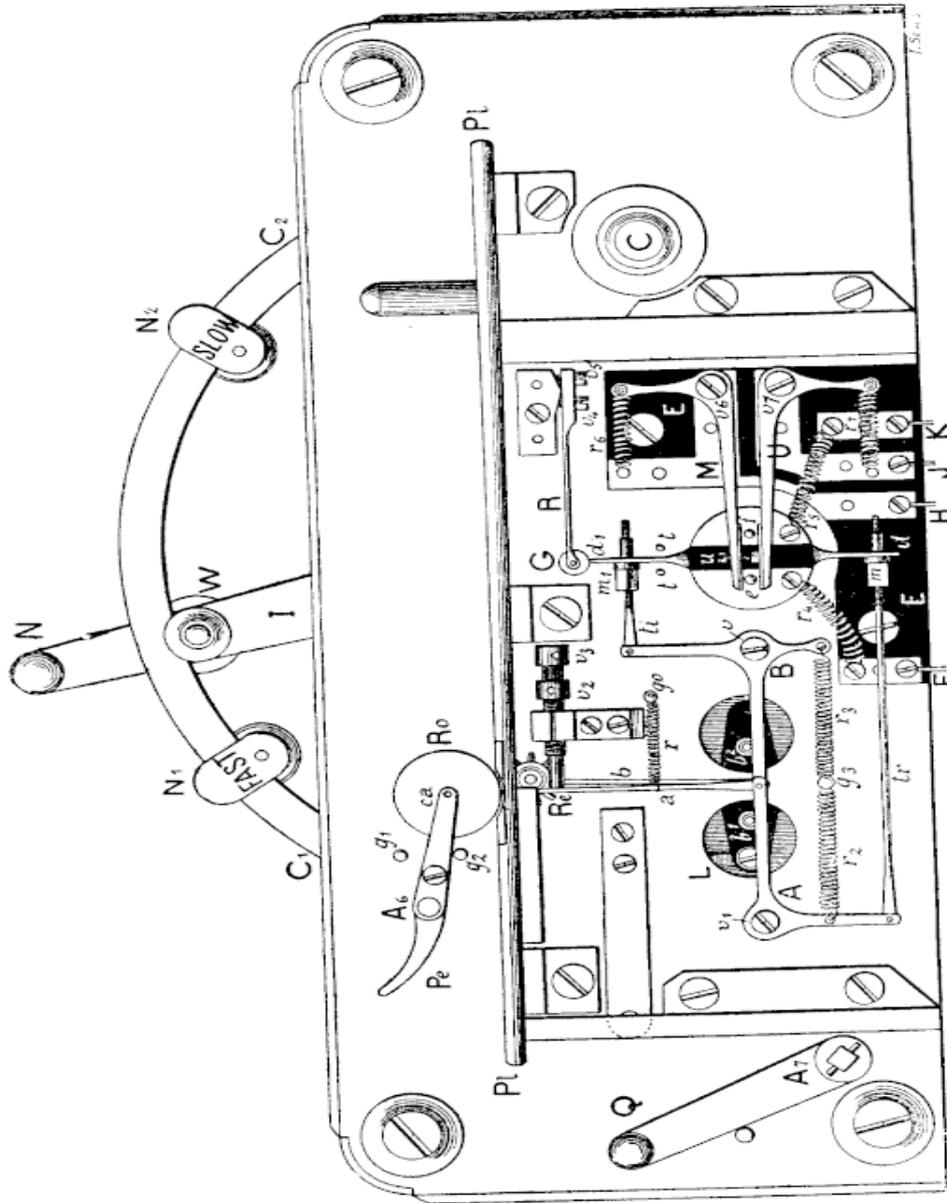


FIG. 229.

çant cette roue D_1 soit vers la droite, soit vers la gauche, on modifie la vitesse relative des plateaux D et D_2 .

En portant par exemple D_1 vers la gauche, le plateau D est attaqué près de la périphérie, le plateau D_2 vers le centre. Dans ces conditions, la vitesse du volant et, par suite, sa résistance, tendent à devenir extrêmement élevées, la vitesse de D diminue.

Un raisonnement semblable montrerait qu'en portant le disque vers la droite la vitesse de D doit augmenter.

Le déplacement de la roue D_1 s'obtient en agissant sur un levier L (*fig.* 228) placé derrière l'appareil et dont l'extrémité porte un cadre en cuivre; l'axe de la roue D_1 est fixé sur ce cadre et participe à son mouvement. Une manette Q , placée à la gauche de l'appareil (*fig.* 229), permet d'appliquer un frotteur contre la circonférence du plateau D et d'arrêter ainsi le moteur. Le mouvement de cette manette commande du même coup le commutateur destiné à passer de la position de transmission à la position de réception ou inversement.

γ. — Manipulateur et liaison à la bande

Le principe de la construction de cet ensemble est déjà connu. Rappelons qu'il est le suivant :

Le mouvement d'un manipulateur type est commandé par un balancier, mais la liaison entre ce balancier et le manipulateur est une liaison par pression. Des aiguilles solidaires de la commande et dont les extrémités sont, suivant la perforation de la bande, libres d'osciller ou arrêtées par le papier, laissent, dans le premier cas, la pression agir et par suite la commande en l'état ou, dans le second cas, surmontent la pression et par suite suppriment la commande.

Il est curieux de remarquer que le transmetteur Wheatstone a passé par deux formes successives : dans la première, le manipulateur commandé par le balancier n'était pas strictement conforme au manipulateur type correspondant à cette classe de signaux. Dans la seconde, au contraire, on est revenu à ce manipulateur type. On a ainsi une confirmation intéressante de l'avantage qu'il y a à recourir, en télégraphie comme en

toute science, à des méthodes générales. Cet emploi eût évité sans doute, dans le cas qui nous occupe, bien des tâtonnements initiaux.

Un certain nombre de transmetteurs Wheatstone de la première forme étant encore en service, nous décrirons successivement les deux types.

1° *Ancien modèle.* — Dans l'ancien modèle, le manipulateur proprement dit est un levier inverseur (*fig. 230*), formé d'un

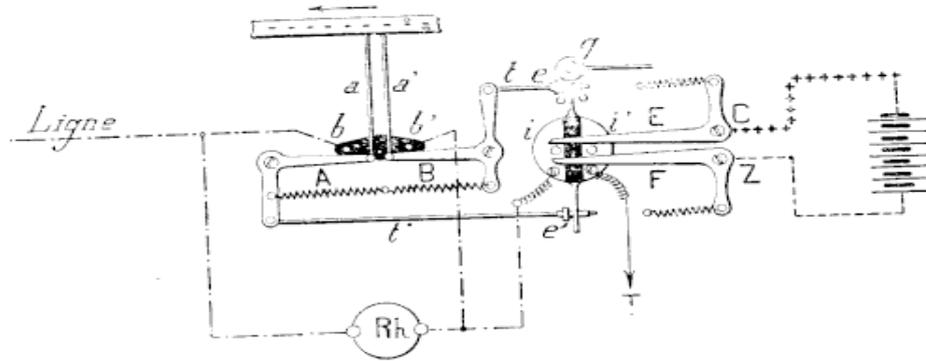


FIG. 230.

disque d'ébonite recouvert à droite et à gauche par deux plaques de cuivre *i* et *i'*. Chacune de ces plaques communique par l'intermédiaire de boudins de cuivre, l'une avec la ligne, l'autre avec la terre. Elles portent, en outre, des goupilles, *c* et *d*.

Ces goupilles sont placées entre des leviers *E* et *F* communiquant l'un avec le pôle positif de la pile, l'autre avec le pôle négatif et qui, sous l'action de ressorts, tendent à s'appuyer contre ces goupilles.

Lorsque le levier inverseur est dans une position intermédiaire, *E* et *F* sont maintenus écartés des goupilles, grâce à une vis qui traverse *E* et qui appuie sur une plaque isolante portée par *F* (c'est la position marquée sur la figure 230).

Quand le levier inverseur oscille à droite, *d* vient toucher *F* et *c* vient toucher *E*; le pôle positif est mis sur la ligne, le pôle négatif relié à la terre.

Quand le levier inverseur oscille à gauche, c'est le contraire qui a lieu.

La liaison de ce manipulateur à la bande perforée est entièrement semblable à celle que nous avons décrite d'une manière générale dans l'étude des transmetteurs de cette classe.

Un balancier en ébonite est muni de deux goupilles b et b' et reçoit du mouvement d'horlogerie un mouvement alternatif de va-et-vient. Deux leviers A et B sont constamment pressés contre ces goupilles sous l'action de ressorts en boudin. Ces leviers portent des bielles articulées $te, t'e'$, qui viennent aboutir aux extrémités du levier inverseur. La liaison des bielles avec ce levier inverseur est d'ailleurs effectuée de la manière suivante : chaque bielle est terminée par un pas de vis sur lequel on ajuste un écrou muni d'un collet; l'extrémité de la bielle passe librement dans l'œillet correspondant du levier inverseur; le collet ne pouvant passer, il en résulte que chaque bielle, en oscillant de gauche à droite, entraîne nécessairement avec elle le levier inverseur.

Un galet g , appuyé par un ressort, facilite les déplacements du levier inverseur qui sont limités d'autre part par deux butées d'arrêt.

En l'état actuel la pression des ressorts en boudin maintient toujours la liaison du balancier et du levier inverseur, et chaque mouvement du balancier entraîne nécessairement une oscillation du levier inverseur.

Supposons, par exemple, que le balancier oscille de droite à gauche (*fig. 231*); les ressorts maintiennent A et B pressés contre les goupilles b et b' : la goupille b' s'élevant, la bielle te pousse la partie supérieure du levier inverseur de gauche à droite, en agissant avec son collet; la goupille b s'abaissant, la bielle $t'e'$ se retire de droite à gauche, emmenant son collet et l'empêchant par suite de s'opposer au mouvement du levier inverseur. Le pôle positif est mis sur la ligne, le pôle négatif à la terre. On a une émission positive.

Le balancier oscillant ensuite de gauche à droite (*fig. 232*) la goupille b' s'abaisse; c'est la bielle $t'e'$ qui cette fois, avec son

collet, pousse l'extrémité inférieure du levier inverseur de gauche à droite et la bielle te qui se retire de droite à gauche avec son collet. A l'inverse de ce qui se passait en premier lieu, le pôle positif est donc à la terre, le pôle négatif à la ligne : on a une émission négative.

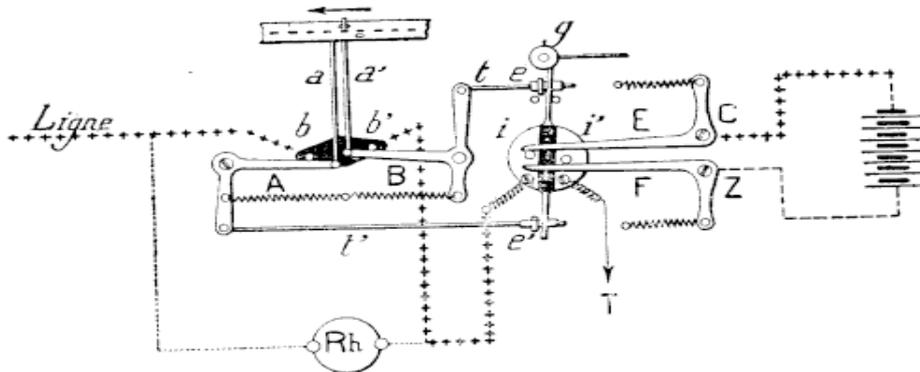


FIG. 231.

Pour envoyer une émission positive prolongée (fig. 233), il aurait suffi, en revanche, au moment où le balancier commen-

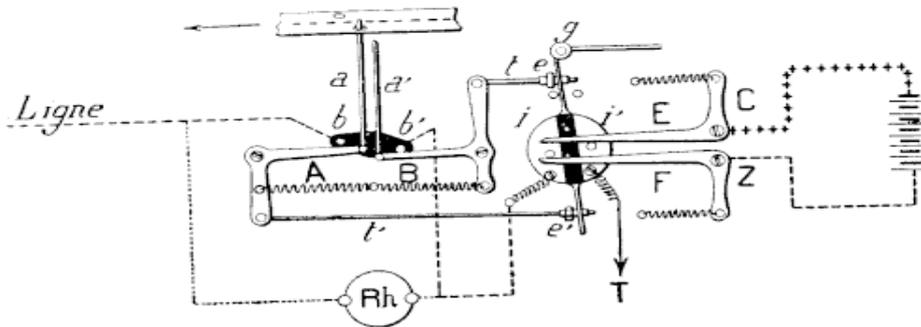


FIG. 233.

çait l'oscillation de gauche à droite, d'empêcher le levier A de suivre la goupille b dans son mouvement ascensionnel. Dans ce cas, en effet, la bielle $t'e'$ serait restée immobile ; la bielle te allant seule de droite à gauche se serait contentée de reculer sans pouvoir entraîner le levier inverseur, et celui-ci serait resté dans sa position précédente.

On montrerait de même que, pour obtenir une émission négative prolongée, il suffirait, au moment où le balancier commence une oscillation de droite à gauche, d'empêcher le levier B de suivre la goupille b' .

D'une manière générale il suffit que le levier qui tend à suivre l'une des goupilles b ou b' dans son mouvement *ascensionnel* soit arrêté pour que la liaison soit rompue entre le levier inverseur et le balancier, c'est-à-dire pour que le levier inverseur *conserve sa position*.

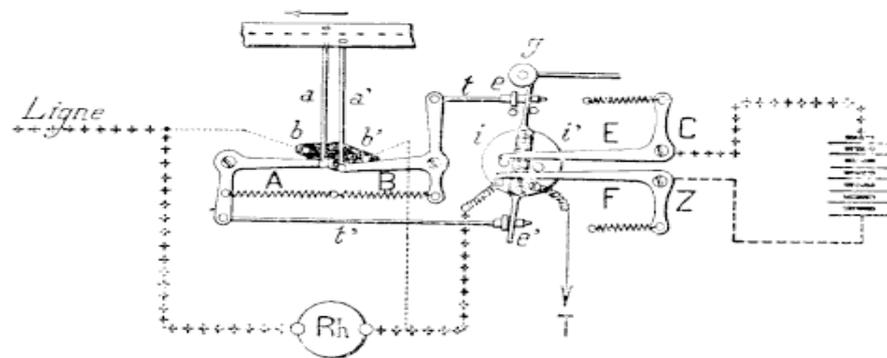


FIG. 233.

Les leviers A et B portent des aiguilles verticales a et a' venant en regard des trous de la bande perforée et qui servent précisément à établir en temps utile les arrêts de ces leviers (*fig. 232 et 233*).

Examinons, par exemple, le levier A. Toutes les fois que l'aiguille correspondante a rencontrera sur sa route une perforation de la bande, elle pourra monter librement et le levier A continuera à suivre la goupille b . Toutes les fois, au contraire, que l'aiguille a rencontrera une partie pleine de la bande, elle ne pourra pas monter : la résistance du papier surmontera celle du ressort actionnant le levier A et celui-ci immobilisé ne pourra suivre la goupille b .

On montrerait qu'il en est de même pour le levier B et l'aiguille a' .

Dès lors supposons que la bande porte les perforations suivantes :

1 0 5
 o o
 2 0 4

On a les temps suivants :

TEMPS	LE BALANCIER OSCILLE	GOUPILLE ASCEN- SIONNELLE	AGUILLE CORRESPONDANTE	ÉMISSION
1	droite à gauche	<i>b'</i>	<i>a'</i> peut passer	positive
2	gauche à droite	<i>b</i>	<i>a</i> ne peut pas passer	précédente maintenue
3	droite à gauche	<i>b'</i>	<i>a'</i> ne peut pas passer	précédente maintenue
4	gauche à droite	<i>b</i>	<i>a</i> peut passer	négative

On a donc eu une émission positive durant trois temps et la rupture de liaison entre l'une des goupilles *b* ou *b'* avec l'un des leviers correspondants A ou B a duré pendant les temps 2 et 3.

De même, la perforation suivante :

1 0 3 0 5
 o o
 2 0 4

donne les temps suivants :

TEMPS	LE BALANCIER OSCILLE	GOUPILLE ASCEN- SIONNELLE	AGUILLE CORRESPONDANTE	ÉMISSION
1	droite à gauche	<i>b'</i>	<i>a'</i> peut passer	positive
2	gauche à droite	<i>b</i>	<i>a</i> peut passer	négative
3	droite à gauche	<i>b'</i>	<i>a'</i> ne peut passer	précédente maintenue
4	gauche à droite	<i>b</i>	<i>a</i> ne peut passer	précédente maintenue
5	droite à gauche	<i>b'</i>	<i>a'</i> peut passer	positive

Nous avons ici une émission positive durant un temps, suivie d'une émission négative durant trois temps, puis le commencement d'une émission positive ; nous constatons en outre que, comme dans le cas précédent, la rupture de liaison qui correspond à l'émission négative de trois temps a duré pendant les deux derniers temps.

Il résulte de cet examen que la perforation $\overset{\circ}{\circ}$ correspond
 pond au trait, que la perforation $\overset{\circ}{\circ}$ correspond au point,
 enfin que la perforation $\overset{\circ}{\circ}$ correspond au blanc séparant les
 mots.

Remarquons tout de suite que la liaison du levier inverseur avec la ligne se fait d'une part à travers un rhéostat, d'autre part par la goupille b' , les leviers A et B et leurs ressorts, et la goupille b .

Tant qu'une rupture de contact entre les leviers A ou B et les goupilles n'a pas eu lieu, le rhéostat est mis en court-circuit et la liaison à la ligne est directe. Dès qu'une coupure a lieu soit en b , soit en b' , la liaison à la ligne ne se fait plus qu'à travers le rhéostat. L'émission initiale est affaiblie.

Nous venons de voir que, pour les signaux comportant une émission durant trois temps, les ruptures de liaison avaient toujours lieu pendant les temps 2 et 3; il en résulte que, pour des signaux de cette sorte, le premier temps correspond à une émission normale, les temps 2 et 3 à une émission affaiblie. Nous verrons, dans l'étude générale des causes influant sur la formation des signaux, la raison de ce dispositif qui porte le nom de *compensation*.

Il reste, pour achever la description de ce transmetteur, à examiner la disposition de la bande perforée et son procédé d'entraînement.

Cette bande passe sur la plate-forme de l'appareil (*fig.* 229). Elle est entraînée par une roue R_1 à 40 dents commandée par le mouvement d'horlogerie et qui tourne dans une gorge ménagée à cet effet. Les dents de cette roue s'engagent dans la perforation médiane.

Un rouleau de frottement R_2 , porté par un ressort maintient

la bande en position : ce rouleau R_0 est d'ailleurs muni de dents, engrenant avec la roue R_1 et suit, par suite, son mouvement.

2° *Nouveau modèle.* — Le transmetteur nouveau modèle ne diffère du précédent que par le manipulateur proprement dit,

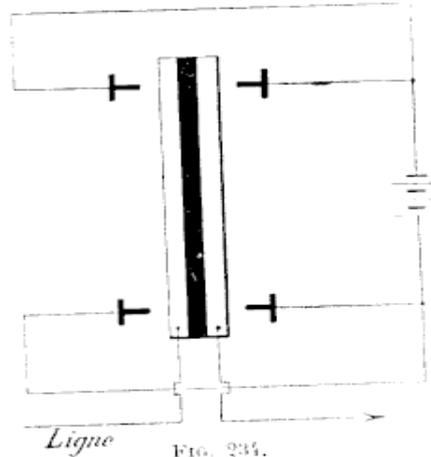


FIG. 234.

devenu cette fois identique au manipulateur type correspondant à la formation des signaux.

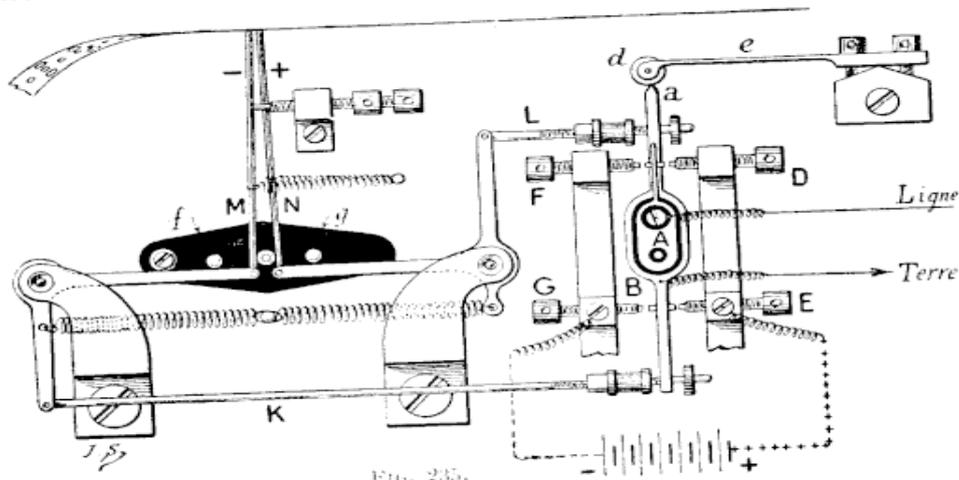


FIG. 235.

Rappelons que ce manipulateur se compose essentiellement de deux ressorts communiquant l'un avec la ligne, l'autre avec la terre et oscillant entre quatre butées convenablement reliées aux pôles de la pile (fig. 234)

Le levier inverseur (fig. 236) qui correspond à l'ensemble

des deux ressorts comporte deux parties métalliques A et B séparées par une lame d'ébonite.

Les quatre butées F, D, G, E, sont situées dans deux plans différents correspondant aux plans d'oscillations de ces parties métalliques : les butées F et D correspondant à A, les butées G et E correspondant à B.

La commande du levier inverseur par le balancier et la rupture de liaison entre le levier et le balancier sont identiques comme principe à celles décrites précédemment ; il n'y a donc pas lieu d'y revenir.

La ligne étant reliée directement à l'une des parties du levier inverseur, le dispositif de compensation est supprimé dans ce transmetteur.

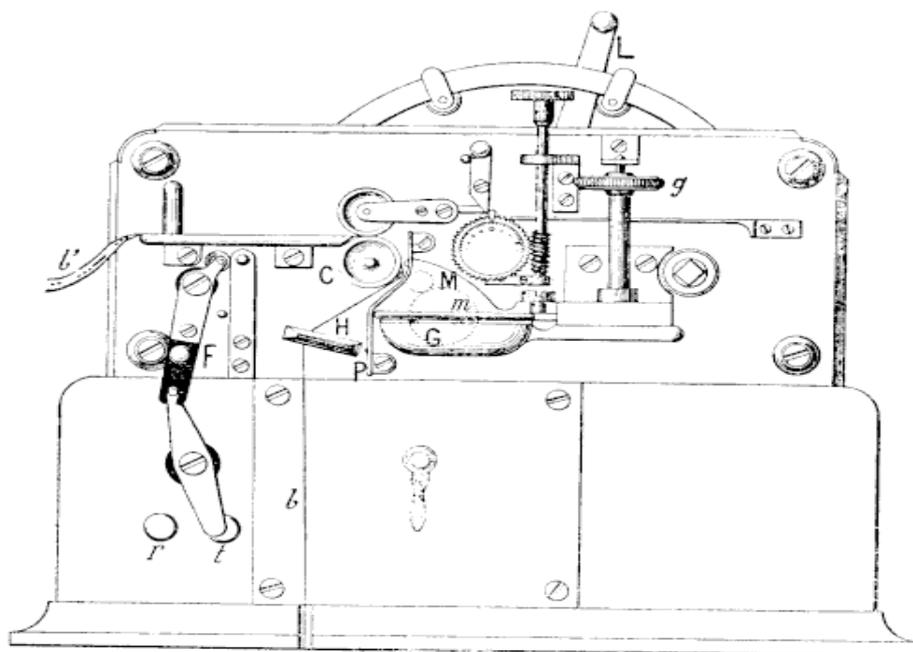


FIG. 236.

Récepteur. — Le récepteur Wheatstone est un récepteur à électro-aimant polarisé pour signaux conventionnels permanents et à enregistrement direct (*fig. 236*).

Il comporte donc :

1° Un électro-aimant polarisé ;

- 2° Une bande sur laquelle s'opère l'inscription ;
- 3° Un mouvement d'horlogerie entraînant la bande ;
- 4° Un organe inscripteur.

2. — Electro-aimant

L'électro-aimant est un électro polarisé du type Wheatstone. Il comprend deux bobines et une armature polarisée par un aimant permanent.

Chaque bobine est composée de deux parties portant un enroulement distinct de même sens dans ces parties. Ces enroulements ont chacun 200 ohms de résistance.

Les quatre enroulements correspondant à l'ensemble des deux bobines sont normalement groupés par deux en tension et deux en série, ce qui donne au total une résistance de 200 ohms au récepteur.

Le groupement a lieu comme l'indique la figure 237.

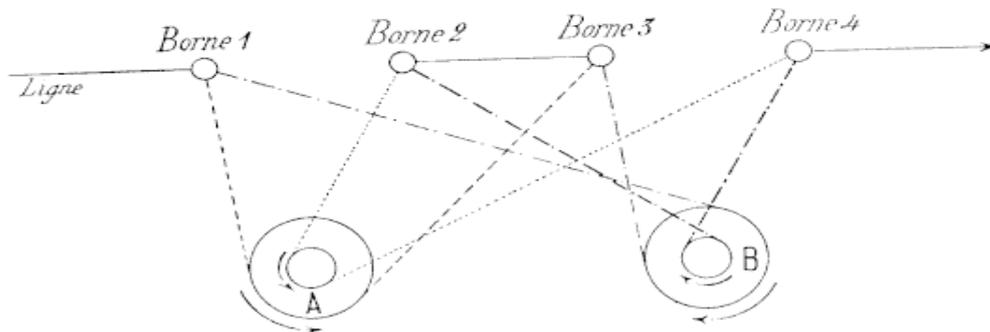


Fig. 237.

On voit que le sens général des courants dans chacune des bobines A et B est inverse ; on aura, par suite, sur chaque extrémité des bobines en regard, des polarités inverses : A nord, B sud, ou inversement : A sud, B nord.

En reliant différemment les bornes entre elles, on peut accoupler en quantité les quatre circuits et par suite réduire à 50 ohms

la résistance du récepteur. C'est ce que montre la figure 238.

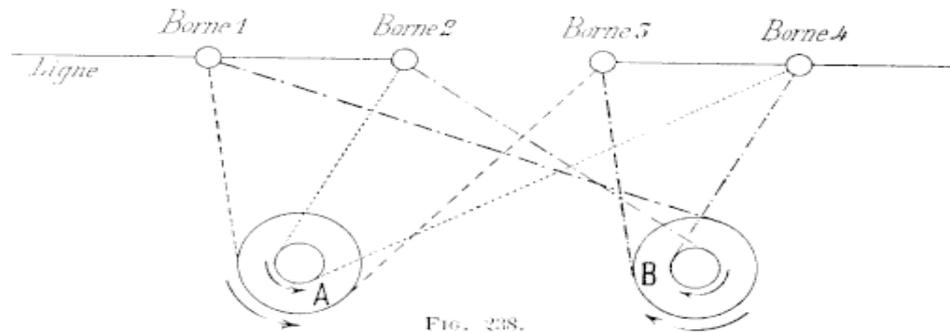


FIG. 238.

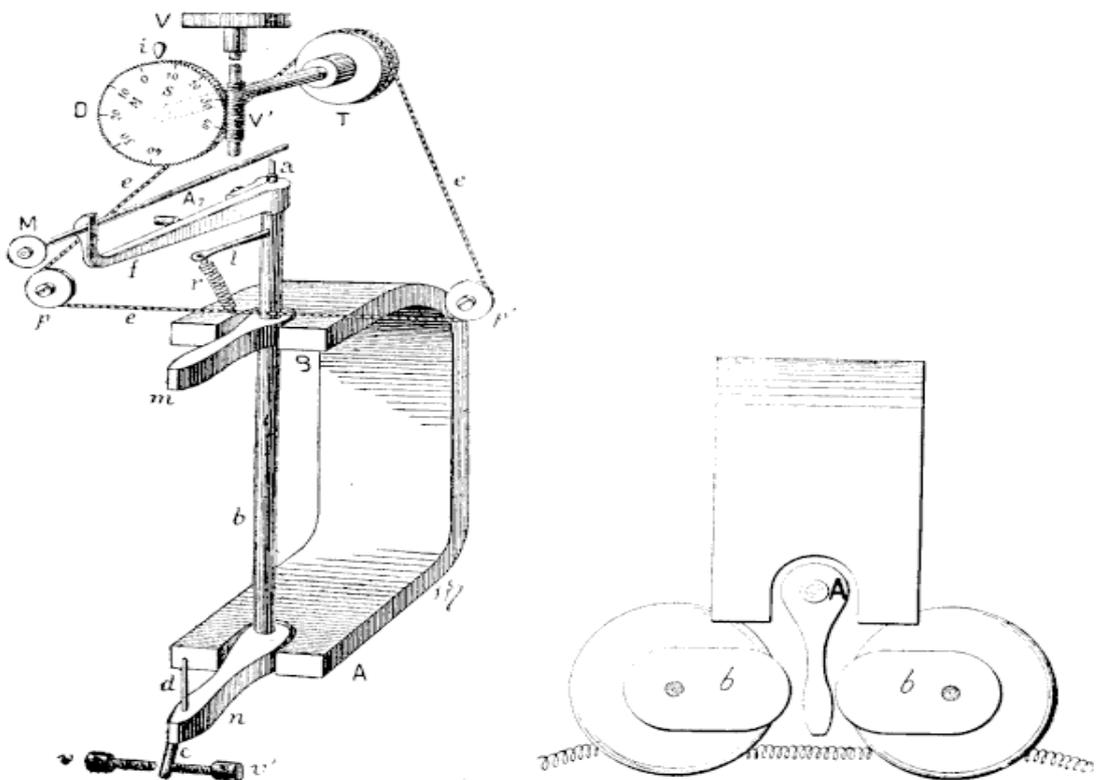


FIG. 239.

On a ainsi un moyen commode de faire varier la résistance du récepteur d'après la résistance de la ligne.

L'armature est constituée par deux palettes (*fig. 239*) *m* et *n*

en fer doux montées sur un pivot b en laiton, oscillant entre les quatre épanouissements polaires des deux bobines de l'électro-aimant. Des butées v et v' réglables à volonté empêchent les palettes de venir au contact des noyaux.

La totalité de l'électro-récepteur étant cachée dans la boîte du récepteur, il est nécessaire de pouvoir vérifier la mobilité de l'armature sans démonter l'appareil. A cet effet la palette n porte un doigt d . Une manette extérieure placée vers la base du récepteur (*fig. 236*) commande une fourchette dont les branches sont situées de part et d'autre de ce doigt. En tournant la manette dans un sens ou dans l'autre, on peut, par suite, agir sur le doigt et opérer la vérification recherchée.

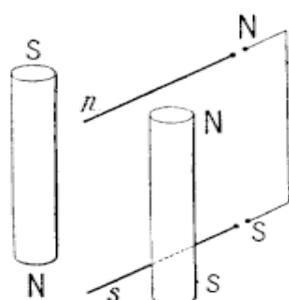


FIG. 240.

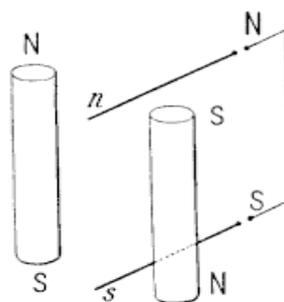


FIG. 241.

L'armature étant polarisée n'a pas besoin de ressort antagoniste. Elle est toutefois munie d'un ressort destiné à l'orienter et à faire varier sa sensibilité. Ce ressort r est fixé d'une part au pivot de l'armature, d'autre part à une chaîne sans fin dont le mouvement est commandé par une vis tangentielle (*fig. 239*).

L'aimant permanent destiné à polariser l'armature est un aimant en fer à cheval AB dont les extrémités polaires sont entaillées pour laisser passer l'extrémité des palettes de l'armature. Ces extrémités libres des palettes prennent naturellement une polarité de même nom que celles des pôles de l'aimant qui leur correspondent.

L'ensemble des champs, suivant la nature des courants, est donc représenté schématiquement par la figure 240 dans un cas, par la figure 241 dans l'autre.

β. — Bande

La bande est enroulée sur un rouet placé horizontalement dans un tiroir. Sortant par une échancrure du tiroir, elle passe dans un guide H (*fig.* 236), puis sur un cylindre C en regard de l'encreur, enfin sur l'appareil d'entraînement composé de deux cylindres lamineurs dont l'un est commandé par le mouvement d'horlogerie et provoque la rotation de l'autre. L'entraînement est sensiblement identique à celui de l'appareil Morse. Comme dans cet appareil, l'un des cylindres entraîneurs peut être relevé par une manette de manière soit à introduire la bande, soit à supprimer l'entraînement.

γ. — Mouvement d'horlogerie

Le mouvement d'horlogerie du récepteur est identique à celui du transmetteur, à cette différence près que la force motrice est empruntée à un ressort enfermé dans un barillet au lieu d'être fournie par la chute d'un poids. On y retrouve, en particulier, le même volant et le même régulateur de vitesse.

L'arrêt du mouvement se produit en agissant sur une poignée F qui commande deux leviers isolés électriquement l'un de l'autre; le premier de ces leviers est muni d'un doigt qui, suivant la position du levier, arrête ou non le volant.

Le second levier oscille entre deux plots et, grâce à lui, on profite du mouvement déterminant l'arrêt du mécanisme pour faire passer la ligne sur sonnerie.

δ. — Organe inscripteur

Cet organe est à encreur mobile. L'encreur est constitué par une molette M mue par le mouvement d'horlogerie (*fig.* 239). Cette molette est rendue solidaire des mouvements de l'armature. A cet effet le pivot de l'armature porte un bras recourbé *f*, muni à son extrémité d'une encoche que recouvre un ressort-

lame. L'axe de la molette traverse cette encoche. On conçoit que tout mouvement de l'armature, soit à droite, soit à gauche, entraîne la molette sans que celle-ci d'ailleurs cesse d'obéir au mouvement de rotation qui lui est imprimé par son axe.

L'encrage de la molette s'opère de la manière suivante :

En même temps que la molette et en sens contraire, le mouvement d'horlogerie entraîne également une roue de plus grand diamètre m (*fig.* 236) plongeant dans un bassin G rempli d'encre oléique très fluide. En particulier, si l'on fait usage de l'encre oléique ordinaire, celle-ci doit être étendue de son volume d'essence.

Les disques M et m tournent dans le même plan vertical et leurs circonférences sont séparées par un intervalle de un demi-millimètre. La roue m se charge d'encre en quantité suffisante pour remplir cet intervalle et encrer à son tour M, sans qu'il y ait ni frottement ni excès d'encre.

Le bassin G est fixé sur une équerre solidaire de la platine par l'intermédiaire d'une forte vis g . Un couvercle P protège le réservoir, la molette et le disque contre les chocs et la poussière. Il est percé sur la gauche d'une petite fenêtre à travers laquelle passe la molette quand elle est projetée sur le papier.

Ondulateur Lauritzen. — Lorsque l'on fait usage du récepteur Wheatstone sur de très longues lignes, telles que les câbles sous-marins, il y a intérêt, en raison du peu d'énergie dont on dispose à l'arrivée, à rendre le dispositif imprimeur aussi léger et aussi mobile que possible. Nous avons vu que, dans ce cas, le dispositif d'encrage recommandé était le siphon.

On a donc modifié le récepteur Wheatstone étudié précédemment de manière à faire commander un siphon et non plus une molette par les mouvements de l'armature. L'appareil ainsi réalisé porte le nom d'*ondulateur Lauritzen*.

Une revue rapide de ses éléments constitutifs permettra de montrer la nature des modifications apportées.

α' — Electro-aimant.

L'électro-aimant est encore un électro polarisé du type Wheatstone à quatre bobines.

Toutefois les bobines sont séparées et réparties comme l'indique la figure 242. L'armature est constituée par l'aimant permanent lui-même, ou plus exactement par deux aimants A_1 , A_2 assemblés en forme d'X et montés sur un axe PP' très mobile.

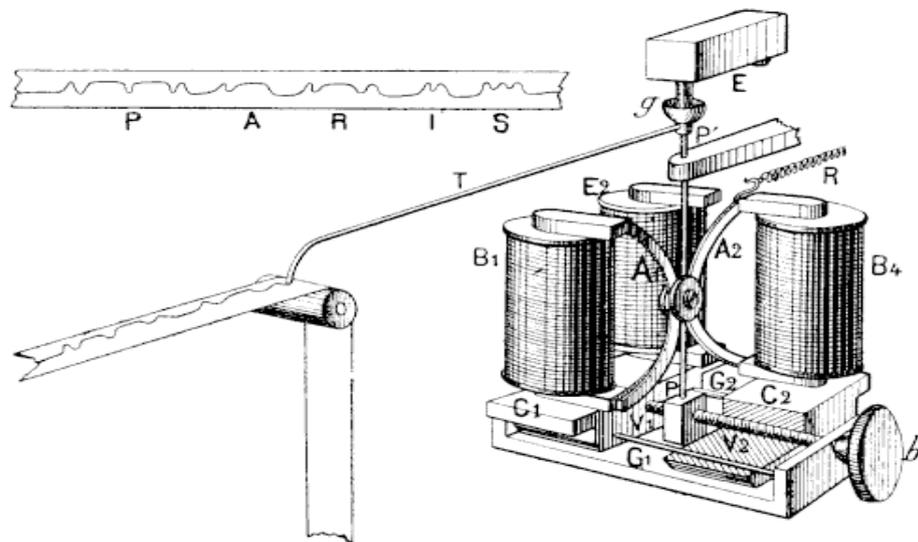


FIG. 242.

Suivant le sens des courants d'arrivée, les actions des quatre bobines concordent pour faire pivoter l'armature, soit de droite à gauche, soit de gauche à droite.

Cet ensemble n'est plus enfermé dans l'appareil, mais reporté à la droite de celui-ci.

β . — Bande

La bande passe sur une sellette à la sortie du rouet. Des coulisses orientées à angle droit permettent de déplacer cette sellette de manière à l'établir exactement sous l'extrémité du

siphon. La bande passe ensuite entre les cylindres entraînés, comme dans le récepteur à molette.

γ. — Mouvement d'horlogerie

Ce mouvement est identique à celui du récepteur ordinaire.

δ. — Organe inscripteur

L'organe inscripteur est un siphon T en argent, très léger et solidaire de l'axe autour duquel pivote l'armature. Ce siphon est alimenté par un réservoir *g* rempli d'encre très fluide et enregistre toutes les déviations de l'armature ; il trace une ligne ondulée dont les sommets représentent d'un côté de la bande les traits ou points, sur l'autre côté les blancs. La lecture est des plus faciles.

Ensemble des communications. — L'ensemble théorique des communications d'un poste desservi par l'appareil Wheatstone est très simple. Il a déjà été indiqué en principe au cours de l'étude des manipulateurs de cette classe et peut être représenté de la façon suivante :

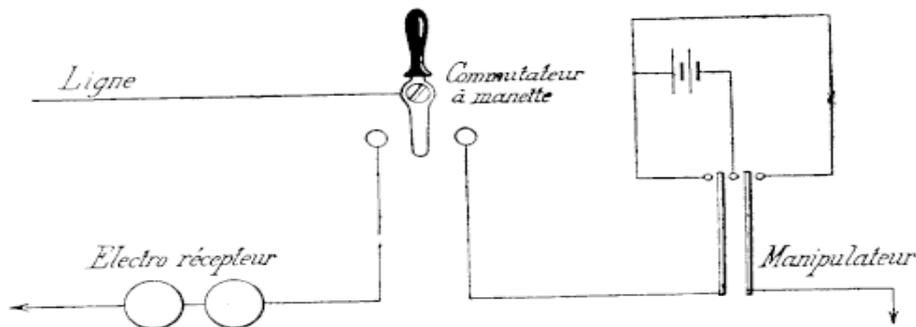


FIG. 243.

En pratique, cet ensemble est beaucoup plus complexe. Il est d'usage, en effet, de munir le poste non seulement d'un transmetteur automatique mais d'un transmetteur à main ; on

se réserve, en outre, la faculté de substituer une simple sonnerie au récepteur.

La figure 244 montre d'une manière schématique cet agencement de communications.

La réalisation d'un tel ensemble entraîne une complication apparente.

Il faut, en effet, pouvoir se servir de la même pile quand on passe d'un manipulateur à l'autre. Le commutateur A n'est donc pas seulement un commutateur à deux, mais à six direc-

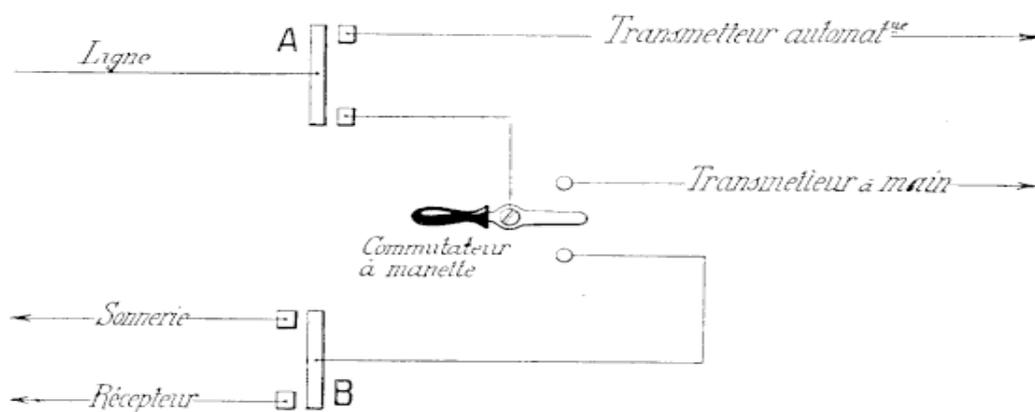


FIG. 244.

tions, puisqu'il doit orienter d'un transmetteur à l'autre non seulement la ligne mais les deux pôles de la pile.

Nous avons vu, dans la description du transmetteur automatique, que ce commutateur A était commandé par la manette Q. Cette même manette commande également l'arrêt du mouvement d'horlogerie (fig. 229).

Semblablement la manette F commandant l'arrêt du mouvement d'horlogerie dans le récepteur provoque la manœuvre du commutateur B substituant la sonnerie au récepteur (fig. 236).

Dans ces conditions, les communications d'un poste ordinaire deviennent celles représentées par la figure 245.

Réglage. — Le réglage de l'appareil Wheatstone est très simple et vise la sensibilité de l'appareil.

On fait transmettre et, suivant que les signaux reçus sont trop longs ou trop courts, on tend plus ou moins le ressort de l'armature en agissant sur la vis V qui le commande (*fig. 239*).

Un autre réglage très important est celui des aiguilles qui doivent pivoter très librement autour de leur axe et dont la posi-

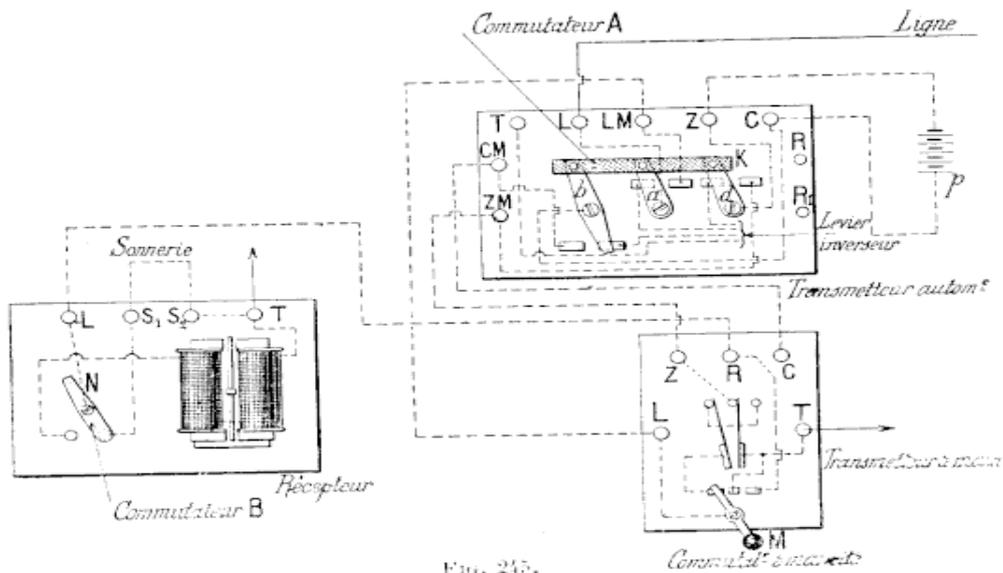


Fig. 247.

tion par rapport à la bande doit être parfaitement déterminée.

Ce réglage ressortissant plutôt du domaine du mécanicien, nous ne le décrirons pas.

Perforateur. — Nous avons étudié en détail l'appareil lui-même; il nous reste à examiner l'appareil accessoire nécessaire à la composition préalable, c'est-à-dire le perforateur.

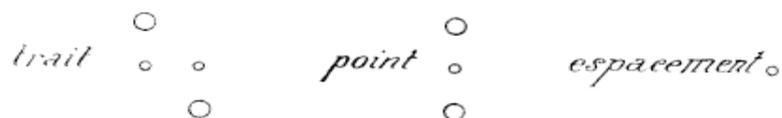
Le perforateur Wheatstone est entièrement établi d'après les principes généraux exposés à l'occasion de l'étude de ces appareils.

1. — Nombre de touches

L'appareil comporte autant de touches que d'éléments constitutifs du signal; ces éléments sont au nombre de trois : le blanc, le point et le trait. Il y a donc trois touches et trois marteaux.

3. — Disposition des poinçons

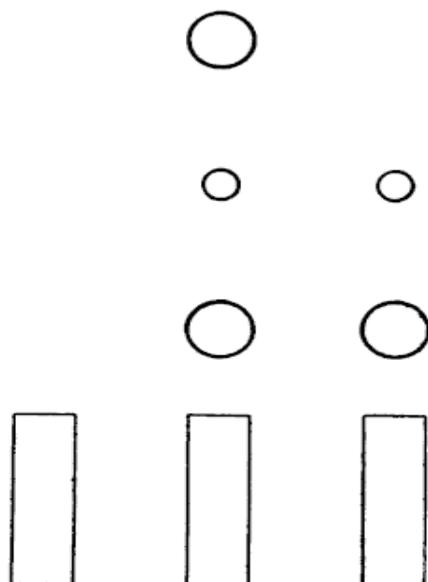
Le nombre et la disposition des poinçons s'obtiennent en superposant l'ensemble des perforations à réaliser. Ces perforations sont :



On obtient donc la figure :



Les poinçons étant disposés sur deux rangées verticales et le nombre de marteaux étant de trois, on voit que certains de ces poinçons doivent être munis de talons permettant de les actionner avec un marteau qui n'est pas placé en regard d'eux.



Marteau 1 *Marteau 2* *Marteau 3*

(blanc) *(point)* *(trait)*

pouvoir être actionné par le marteau 3 et porter par suite un talon.

La disposition relative des poinçons et des marteaux est montrée ci-contre.

Le poinçon 2 qui doit toujours fonctionner, quel que soit le marteau abaissé, puisque la perforation correspondante figure dans les trois signaux, devra donc porter deux talons permettant de l'actionner avec les marteaux 1 et 3. De même le poinçon 1, figurant dans la perforation du trait, devra

porter deux talons permettant de l'actionner avec les marteaux 1 et 3. De même le poinçon 1, figurant dans la perforation du trait, devra

En résumé, sur l'ensemble des cinq poinçons, deux, le poinçon 1 et le poinçon 2 doivent être munis de talons.

L'ensemble du dispositif est théoriquement représenté par la figure 246.

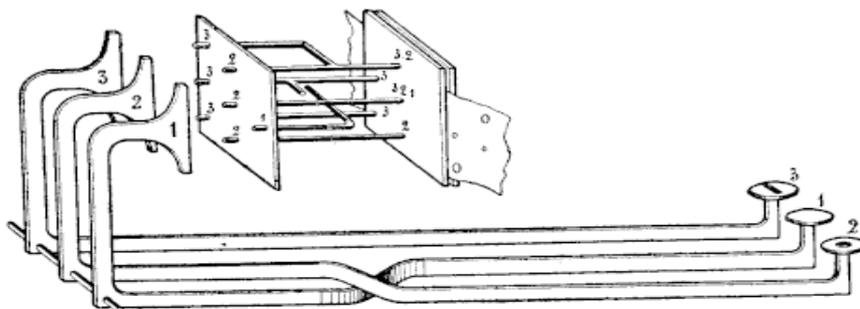


FIG. 246.

γ. — Mécanisme

L'ensemble du mécanisme est identique au mécanisme théorique. Les poinçons sont guidés par trois platines fixes P, P', P'', dont deux, P, P', enserrment le papier (*fig. 247*). 1, 2, 3, sont les trois poinçons susceptibles d'être projetés contre le papier

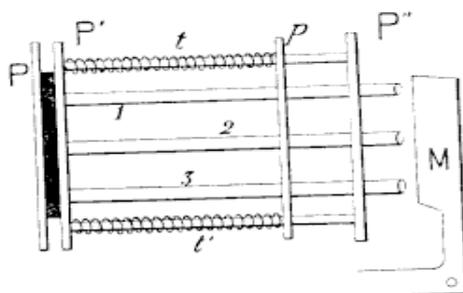


FIG. 247.

par le marteau M. Toutefois les poinçons 1 et 2 étant munis de talons, il importe de très bien assujettir au repos ces talons de façon que l'action des touches soit franche. On y parvient à l'aide de l'artifice suivant. Le poinçon 2, qui doit être manœuvré dans tous les cas, porte une platine ovale p qui se déplace avec lui, les autres poinçons traversent cette platine à

frottement doux et celle-ci est, en outre, guidée par deux tiges t, t' , munies entre P' et p de ressorts en boudin s'appuyant normalement sur P' .

Au repos, sous l'action de ces ressorts, la platine p tend à aller vers la droite et assure nettement la position des talons.

δ. — Entraînement du papier

Nous avons vu qu'en principe on profitait, dans les perforateurs, du déplacement du marteau pour agir sur un levier et commander par son intermédiaire un cliquet de progression. Le fait que les marteaux, se déplaçant toujours de la même quantité, sont à des distances variables de l'axe du levier, permet d'obtenir pour la progression des valeurs variables suivant les marteaux.

Dans le Wheatstone, le trait seul occupe un espace double du point ou du blanc. Deux des marteaux doivent donc déterminer une égale progression du papier; le troisième seul doit déterminer une progression de longueur double des précédentes.

En raison de cette simplicité relative du problème, on a bien fait commander la progression par le déplacement des marteaux mais l'inégalité des progressions a été obtenue par un procédé différent du procédé général.

La figure 248 représente le mécanisme choisi.

Chacun des talons T_1, T_2, T_3 des marteaux agit bien sur un levier HH' mobile autour de H ; mais ces talons ont été entaillés de telle sorte que, dans tous les cas, le déplacement de ce levier demeure identique.

Le levier H en commande un second A portant à son extrémité le cliquet de progression E qui agit sur la roue r et détermine par cet intermédiaire la marche de la bande.

Lorsqu'on abaisse une touche, le levier A obéissant d'une part à l'impulsion du levier H et, d'autre part, au ressort q s'incline vers la gauche, entraînant avec lui le cliquet. Lorsque la touche revient au repos, le levier revient également à sa

position normale et le cliquet dans ce mouvement oblige la roue r à tourner.

La variation de la progression suivant qu'on perfore un trait ou l'un des deux signaux élémentaires est obtenue grâce à la présence d'un autre levier recourbé dont l'extrémité se voit en B et solidaire de la touche du trait.

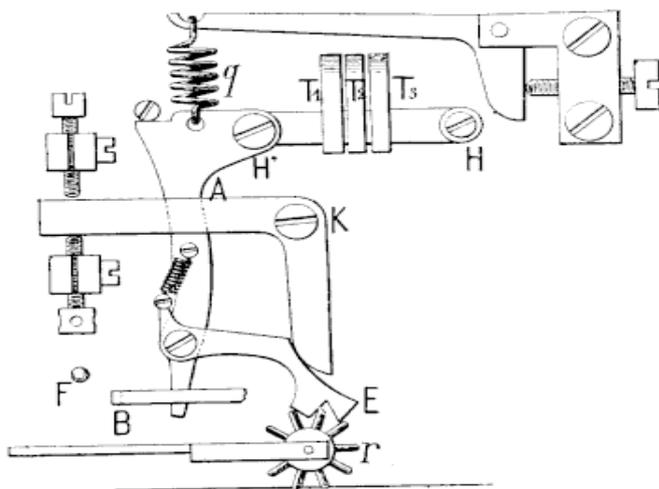


FIG. 258.

Lorsque cette touche est immobile, le levier occupe la position marquée sur la figure et limite, par suite, le déplacement du levier A et du cliquet. Lorsqu'on abaisse, au contraire, la touche du trait, ce levier disparaît et la goupille F limite seule la course de A. La course du cliquet est alors double de la précédente.

Il importe de régler très exactement la distance qui sépare deux perforations successives. Des vis limitant la course du levier K permettent à cet effet de déterminer exactement la course du cliquet.

Perforateur pneumatique. — On actionne parfois le perforateur Wheatstone à l'aide de l'air comprimé. Dans ce cas, c'est une série de pistons P qui agissent directement sur

le levier L des marteaux (*fig. 249*). La manœuvre des touches a pour seul résultat de commander par l'intermédiaire d'une tige *t* un tiroir T provoquant l'admission de l'air comprimé sur la face supérieure du piston P. L'admission terminée, un res-

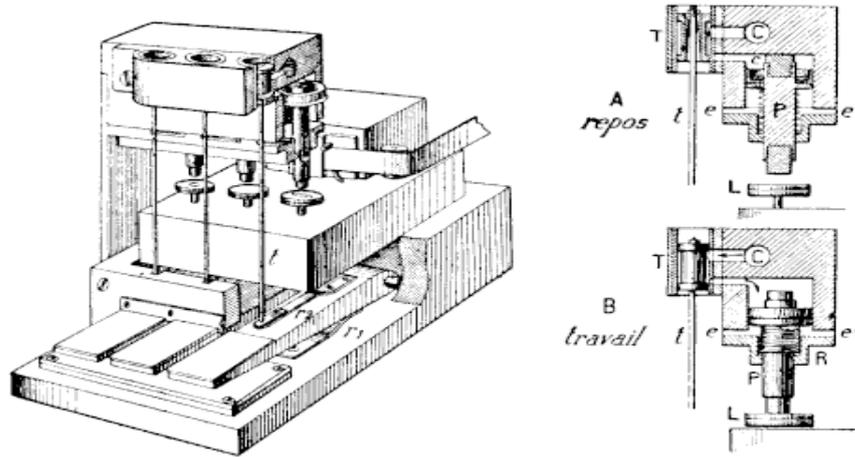


FIG. 249.

sort en boudin ramène le piston à sa position initiale en même temps que l'air comprimé s'échappe à l'air libre.

Wheatstone translateur. — La suppression du dispositif de compensation dans le nouveau transmetteur Wheatstone conduit fréquemment à sectionner les lignes desservies par cet appareil en y installant en des points déterminés des postes établis en relais.

Nous avons vu quel était le principe du relai. Il consiste à utiliser le mouvement de l'armature du récepteur, pour provoquer non plus une impression de signal, mais une émission de signal sur la seconde partie de la ligne.

Le translateur Wheatstone est donc un récepteur Wheatstone où l'on a supprimé tout l'organisme imprimeur (bande, encreur et mouvement d'horlogerie), mais où l'armature oscille entre deux butées. Cette armature est d'ailleurs rendue aussi légère que possible.

De plus, la transmission s'effectuant à l'aide de courants des

deux sens, on est obligé de recourir au dispositif correspondant à ce cas général.

Rappelons que, dans ce dispositif (*fig. 155*), deux relais polarisés sont embrochés sur chaque ligne; l'armature du premier sert de transmetteur, l'armature du second commande une commutation sur réception par l'intermédiaire d'un électro ordinaire. Il y a en tout six électro-aimants distincts, dont quatre polarisés et deux ordinaires.

Il est d'usage d'adjoindre à cet ensemble un récepteur ordinaire permettant de contrôler les transmissions.

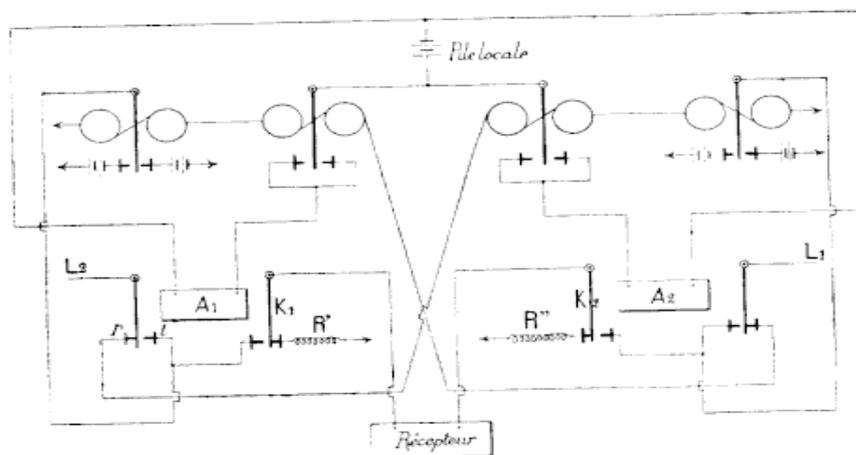


FIG. 250.

Ce contrôle peut s'obtenir par l'un quelconque des procédés généraux indiqués à l'occasion du contrôle de l'appareil Hughes. Celui choisi en pratique consiste à prendre, au moment de chaque émission du translateur sur l'une ou l'autre des deux lignes, une dérivation de courant à travers un récepteur. Cette dérivation est constituée par le récepteur lui-même et une résistance additionnelle telle que la moitié seulement du courant d'émission soit absorbée par cette branche.

Afin de ne pas multiplier inutilement le nombre des organes de la translation (*fig. 250*), on munit chacun des électros ordinaires A_1 , A_2 de secondes armatures K_1 , K_2 , reliées aux deux bornes du récepteur; les butées de travail de ces armatures sont reliées

aux butées de travail t des armatures ordinaires ; les butées de repos sont reliées à la terre à travers des résistances R' et R'' choisies de telle sorte que, si R est la résistance du récepteur, $R + R'$ soit égale à la résistance de la ligne L_1 , $R + R''$ égale à la résistance de la ligne L_2 .

On voit dès lors que chaque émission produite par le transmetteur sur la ligne L_1 , par exemple, donnera lieu à une dérivation de même résistance que cette ligne à travers le récepteur de contrôle.

E. — ÉTUDE DU SIPHON RECORDER

Formation des signaux. — Les signaux utilisés dans l'appareil connu sous le nom de Siphon Recorder et dû à lord Kelvin sont formés à l'aide d'émissions de courant continu des deux sens et dans lesquels on donne à e (durée d'émission positive)

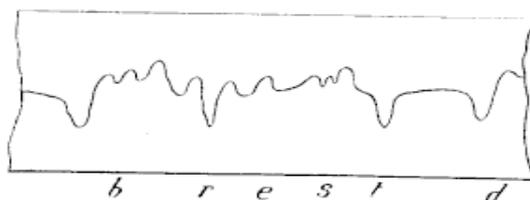


FIG. 251.

une valeur approximative, à e' (durée d'émission négative) une valeur approximative, à t (intervalle d'émission) des valeurs approximatives.

Les signaux conventionnels sont formés par une courbe continue et présentant, de part et d'autre d'une ligne médiane, des sommets (*fig. 251*) ; ceux dans un sens représentent les traits, ceux dans l'autre sens représentent les points ; les concavités représentent les intervalles.

Transmetteur. — Les transmetteurs utilisés dans cette formation de signaux sont nécessairement des transmetteurs à

deux touches, l'une servant aux émissions positives, l'autre aux émissions négatives.

En outre, nous avons vu que, lorsqu'on dispose d'une source d'énergie unique, il y avait avantage à former le manipulateur de deux organes distincts, l'un simple commutateur à manette et servant à passer de la position de transmission à la position de réception ou inversement, l'autre servant à la transmission proprement dite.

Les transmetteurs utilisés avec le Siphon Recorder obéissent à ces principes. Ils sont, soit des transmetteurs à main, soit des transmetteurs automatiques et à composition préalable.

L'appareil étudié étant employé sur les câbles sous-marins, on conçoit d'ailleurs que l'on ait eu un intérêt puissant à renoncer dans bien des cas à la transmission à la main de manière à augmenter le plus possible le rendement du conducteur unique servant à l'écoulement du trafic.

Transmetteur à main. — Le transmetteur à main (*fig. 252*)

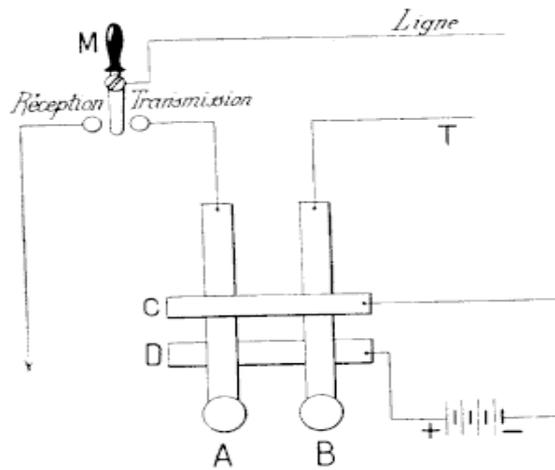


FIG. 252.

ne diffère pas du transmetteur-type des appareils utilisant cette formation de signaux. Il comprend :

- 1° Un commutateur à manette ;
- 2° Un manipulateur à deux touches.

Les touches de ce dernier manipulateur sont reliées, l'une à la ligne, l'autre à la terre; la butée supérieure commune aux deux touches est reliée au pôle négatif de la source, la butée inférieure au pôle positif.

Transmetteur automatique et à composition préalable (Système Belz et Brahic). — Le transmetteur automatique et à composition préalable est un véritable transmetteur Wheatstone, notablement simplifié grâce à ce fait que les émissions de courant ont, dans ce système de formation de signaux, des durées toujours égales.

Il comporte comme tous les transmetteurs automatiques et à composition préalable :

1° L'emploi d'une bande perforée à l'avance et commandant la transmission ;

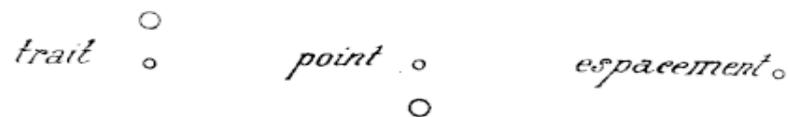
2° Un mécanisme moteur permettant, d'une part, l'entraînement de la bande et, d'autre part, les mouvements du manipulateur proprement dit ;

3° Un organe de liaison mécanique entre ce manipulateur et la bande.

x. — Bande perforée

La bande perforée porte encore les trois rangées de trous d'usage : la rangée supérieure commande les émissions positives, la rangée inférieure les émissions négatives, la rangée médiane enfin l'avancement du papier.

Les perforations correspondant au trait, au point et à l'espace-ment des signaux sont les suivantes :



β. — Mécanisme moteur

Le mécanisme moteur est identique au mécanisme du transmetteur Wheatstone. En particulier, la manette qui provoque l'arrêt du moteur commande du même coup le commutateur destiné à passer sur réception ou inversement.

γ. — Manipulateur

Le manipulateur est identique, en principe, au manipulateur type correspondant à cette formation de signaux. Ce sont encore deux leviers M et N (*fig. 253*) reliés normalement l'un à la

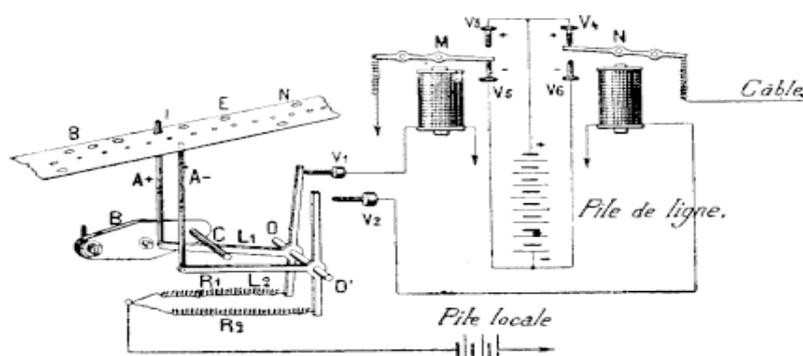


FIG. 253.

ligne, l'autre à la terre, et oscillant entre des butées de repos reliées au pôle négatif de la source et des butées de travail reliées au pôle positif de la même source.

L'abaissement de ces leviers est déterminé par des électro-aimants au lieu d'être effectué à la main; on voit dès lors que la fonction du transmetteur automatique doit consister à fermer sur l'un ou l'autre de ces électro-aimants le circuit d'une pile locale, suivant le sens de l'émission que l'on désire produire.

δ. — Liaison du manipulateur à la bande

Cette liaison s'opère comme dans le transmetteur Wheatstone par l'intermédiaire d'un balancier B.

Ce balancier porte cette fois une seule goupille C agissant simultanément sur deux leviers L_1 , L_2 dont les extrémités sont munies d'aiguilles.

Au repos, des ressorts R_1 , R_2 agissant sur les leviers les pressent contre la goupille et les rendent solidaires des mouvements du balancier. Dans cette position, les extrémités courbées des leviers sont écartées des vis-butoirs V_1 , V_2 . Le courant de la pile locale ne passe donc ni dans l'un ni dans l'autre des circuits locaux actionnant les électro-aimants du manipulateur proprement dit.

Lorsque le balancier soulève la goupille C, les deux leviers L_1 et L_2 obéissant à leurs ressorts tendent à suivre ce mouvement; mais leur course dépend de la course des aiguilles.

Si l'une des aiguilles rencontre un obstacle — en l'espèce un plein du papier — celui-ci surmontera l'action du ressort antagoniste et le levier correspondant ne pourra venir au contact de sa vis-butoir V_1 ou V_2 ; si, au contraire, cette aiguille rencontre une perforation, elle passe librement; le levier correspondant vient au contact de sa vis butoir et le circuit local aboutissant à cette butée sera fermé; l'électro-aimant correspondant fonctionnera; une émission déterminée sera envoyée sur la ligne.

Les perforations de la bande ne présentant jamais simultanément aux deux aiguilles qu'un seul trou, on voit qu'on n'aura jamais qu'une seule émission sur la ligne, tantôt positive, tantôt négative, suivant que le trou percé correspond à une aiguille ou à l'autre.

Remarque. — 1° Il est évident qu'on aurait pu utiliser les leviers L_1 et L_2 non plus à fermer des circuits locaux, mais à produire directement les émissions sur la ligne, comme le font en réalité les leviers M, N. Il suffirait, à cet effet, de les isoler électriquement, de les relier l'un à la ligne, l'autre à la terre, et de les faire osciller entre deux butées. En changeant les communications électriques du levier inverseur dans le transmetteur Wheatstone (dernier modèle), on pourrait, par exemple, obtenir exactement ce résultat.

Toutefois on a préféré, en France, recourir au dispositif plus complexe exposé ci-dessus, car le bruit produit par les armatures des électro-aimants permet de contrôler à l'oreille la transmission.

2° On évalue fréquemment la vitesse de transmission obtenue avec un transmetteur automatique en *nombre de tours*. Ce nombre de tours est compté sur la molette servant à l'entraînement du papier : il est de 10 au minimum par minute et de 150 au maximum. Chaque tour de la molette correspond d'ailleurs à 20 émissions, c'est-à-dire à 20 signaux.

Perforateur. — Les perforations à opérer sur la bande étant plus simples que dans le cas de la perforation Wheatstone, le perforateur employé pouvait être aussi plus simple et ne comporter à la rigueur qu'une seule rangée verticale de poinçons.

On préfère recourir actuellement à des perforateurs rapides permettant de produire d'un seul coup la perforation d'une lettre ou d'un chiffre. Le perforateur de cette espèce usité en France est le perforateur Terrin.

L'étude de cet appareil, utilisé dans quelques cas spéciaux seulement, sortirait du cadre élémentaire de ce travail.

Récepteur. — Le récepteur qui porte seul, à proprement parler, le nom de Siphon Recorder est essentiellement un galvanomètre dont les mouvements sont utilisés pour la production de signaux permanents conventionnels.

Il comporte donc :

1° Un champ inducteur et une bobine mobile dans ce champ (galvanomètre) ;

2° Une bande sur laquelle s'opère l'inscription ;

3° Un mouvement d'horlogerie entraînant la bande ;

4° Un organe inscripteur.

2. — Galvanomètre

Le galvanomètre comprend une bobine mobile dans un champ permanent et qui s'oriente dans un sens ou l'autre suivant le sens du courant d'émission qui le parcourt.

L'appareil étant destiné à fonctionner sous l'action de courants très faibles, le champ permanent est rendu aussi puissant que possible, la bobine aussi légère que possible; enfin la suspension de la bobine doit offrir la plus grande mobilité.

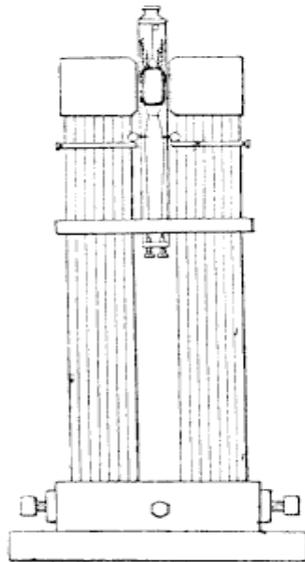


FIG. 254.

A cet effet, le champ permanent est produit par un aimant permanent en fer à cheval formé d'un grand nombre de barres d'acier réunies. Cet aimant est terminé par des épanouissements polaires (*fig. 254*) entre lesquels se déplace l'équipage de la bobine. Afin de concentrer au maximum le champ dans l'espace qui sépare ces épanouissements, on place à l'intérieur du cadre de la bobine (*fig. 255*) un cylindre en fer doux C.

La bobine est formée d'une vingtaine de spires de fil de cuivre de 0,08 millimètre de diamètre, recouvertes de soie et collées ensemble à la gomme laque. L'ensemble très léger est cependant assez rigide pour qu'il soit inutile de le supporter par un cadre. L'enroulement de la bobine est double; chacun des circuits a 250 ohms de résistance. Les extrémités des circuits sont reliées à des bornes par des boudins très souples: on peut, par suite, les grouper à volonté, soit en tension, soit en quantité (*fig. 255*).

La bobine est suspendue par un fil de cocon *ff* passant sur une poulie P soutenue par une vis qui permet de régler la hauteur de l'équipage. Elle porte également à sa partie inférieure une agrafe très légère dans laquelle s'engage un

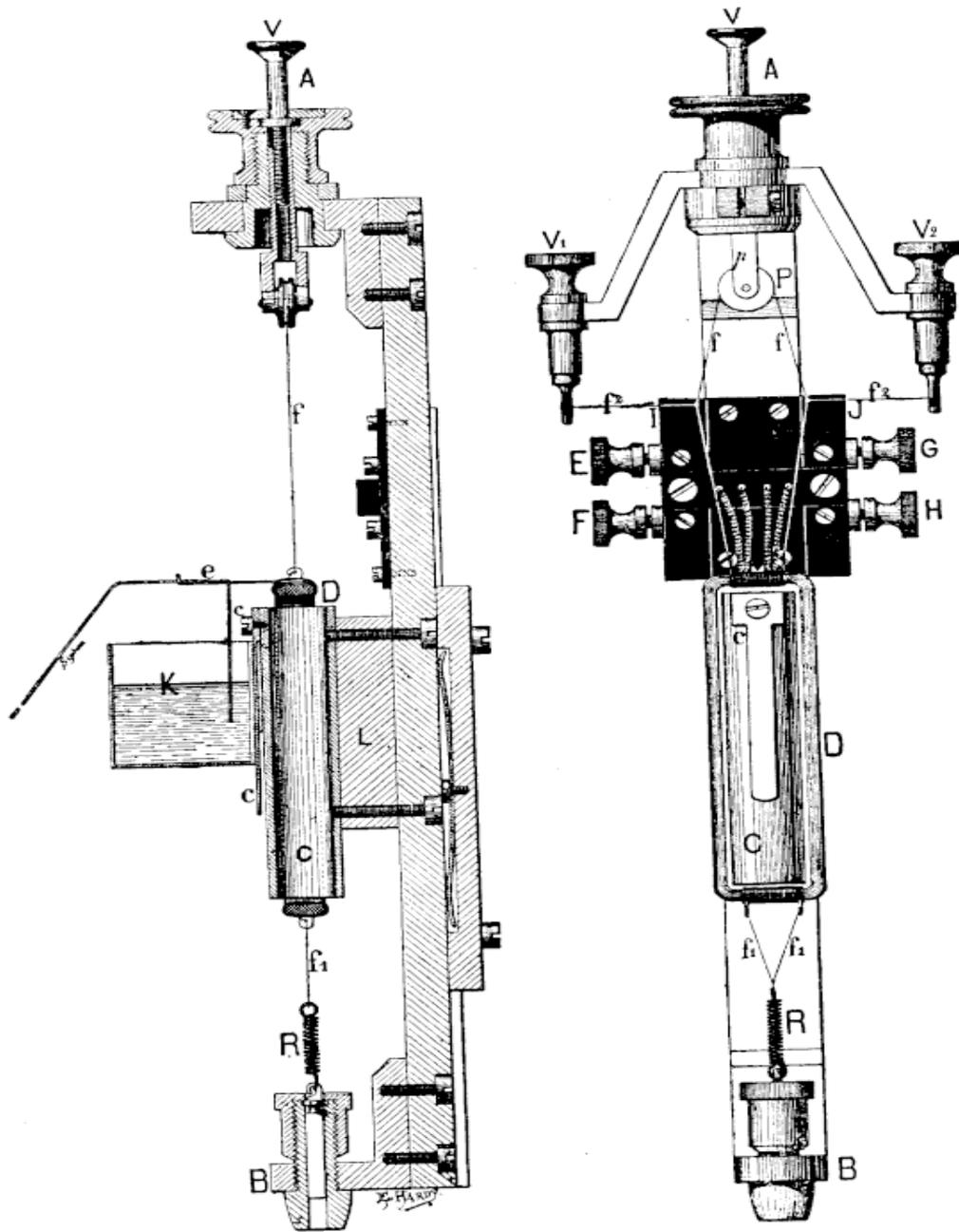


FIG. 255 .

deuxième fil de cocon f_1/f_1 , maintenu d'autre part par un ressort R.

L'ensemble de ces fils forme une suspension bifilaire; il importe de régler sa tension de telle sorte que la durée de période normale de cette suspension soit sensiblement plus courte que la durée correspondant à la production d'un signal. On règle cette tension à l'aide de deux fils transversaux f_2/f_2 s'enroulant autour de vis V_1V_2 et qui agissent sur les fils f, f .

3. — Bande

La bande est montée sur un rouet placé à la partie inférieure de l'aimant permanent (*fig. 256*). Elle passe ensuite sur une

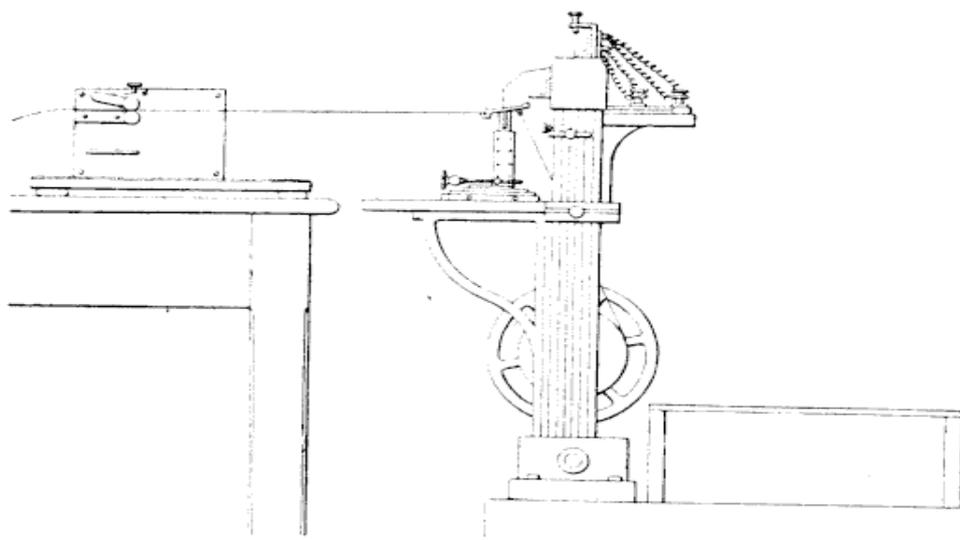


FIG. 256.

selle de forme cylindrique et sur laquelle deux ressorts latéraux la maintiennent appliquée. Des guides conduisent en outre la bande à l'entrée et à la sortie de la selle.

Deux glissières orientées perpendiculairement et une vis de réglage permettent de donner à la selle tous les mouvements possibles dans le sens de la bande, dans un sens perpendiculaire ou transversalement à la bande.

A la sortie du dernier guide, la bande s'engage enfin entre les cylindres entraîneurs du mouvement d'horlogerie chargé de provoquer le déroulement.

γ. — Mouvement d'horlogerie

Le mouvement d'horlogerie entraînant la bande est un moteur à poids entièrement semblable à celui du transmetteur Wheatstone.

δ. — Organe inscripteur

Comme dans tous les appareils mûs par des courants d'intensité très faible, l'organe inscripteur est un siphon porté par la bobine.

Une des extrémités du siphon plonge dans une encre fluide, l'autre appuie normalement sur la bande.

Le montage est le suivant :

La bobine porte une petite semelle en aluminium percée d'un trou à travers lequel on engage une extrémité du siphon ; la partie suivante du siphon repose sur le bec de la semelle. L'adhérence entre le siphon et cette pièce est obtenue à l'aide d'une goutte de cire vierge.

L'encrier K, rempli d'encre très fluide, est engagé par pression dans une pièce *c* portée par la masse de fer doux et qui fait glissière (*fig. 255*).

Le siphon est un tube de verre ayant 30 à 35 centièmes de millimètre de diamètre. Ces tubes sont toujours livrés droit. Il importe de leur donner la forme utile. On y parvient aisément en chauffant légèrement avec une allumette ou un brin de ficelle enflammée la partie à recourber. On use ensuite les extrémités du tube avec un peu de papier à l'émeri.

Remarque. — Nous avons supposé que le siphon reposait sur le papier. Lorsqu'on installe l'appareil sur de très longs câbles, le frottement du siphon sur le papier suffirait à contrebalancer l'action de la bobine. On est alors amené à projeter à distance l'encre sur la bande.

On obtient actuellement ce résultat en donnant d'une manière continue de petites vibrations au siphon. A cet effet, on fixe à la gomme laque, sur l'extrémité S du siphon (fig. 257), une petite masse de fer doux. Sous la sellette, en regard du siphon, on installe un électro-aimant E qu'excitent

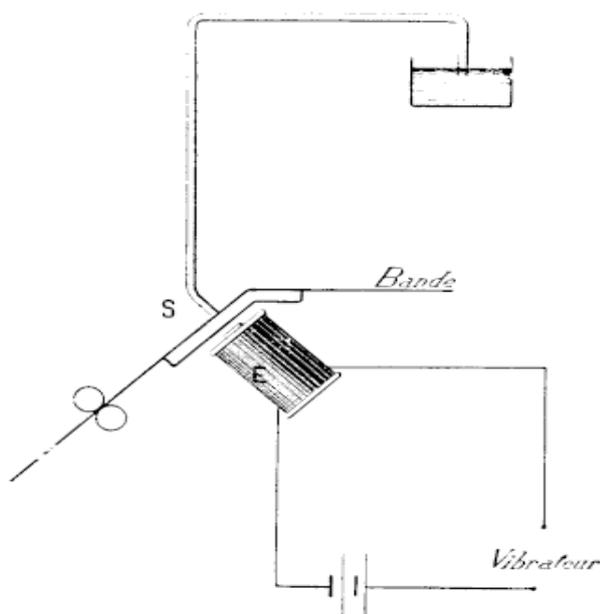


FIG. 257.

des courants périodiquement interrompus par un vibrateur. L'action de cet électro suffit à produire les vibrations demandées (vibrateurs Cuttriss, Ash).

Communications électriques. — Deux cas doivent être examinés pour l'établissement des communications électriques, suivant que l'on fait usage de la transmission à main ou du transmetteur automatique.

Dans l'un et l'autre, les seules difficultés proviennent de la nécessité d'établir au poste de départ un contrôle de la transmission.

α. — Transmission à main

Le contrôle s'opère en prenant une dérivation du courant d'émission à travers le Siphon Recorder installé au poste de départ.

Afin de diminuer autant que possible la valeur de cette dérivation, on installe sur elle une résistance R pouvant atteindre

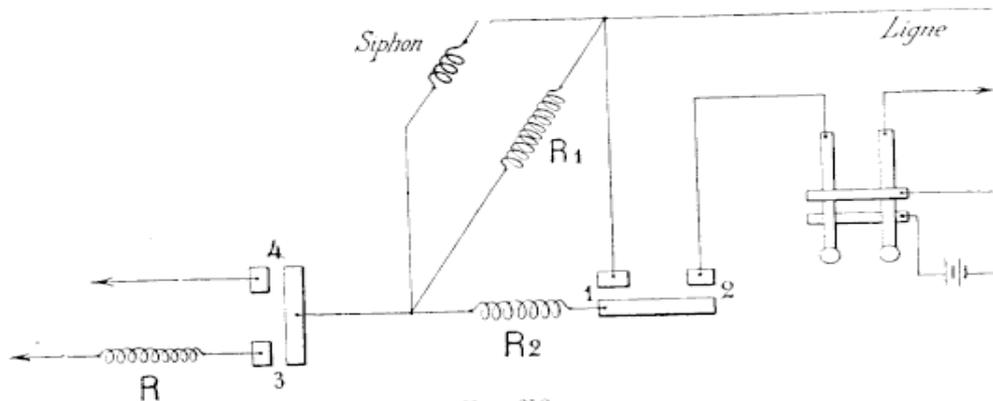


FIG. 258.

plusieurs milliers d'ohms. En outre, en raison de l'extrême sensibilité du récepteur, il y a lieu de régler très exactement l'intensité du courant ainsi dérivé qui doit traverser la bobine : on y parvient en munissant cette bobine d'un double shunt formé de résistances que l'on peut faire varier, l'une R_1 à résistances unitaires élevées, 500 ohms environ, l'autre R_2 à résistances unitaires très faibles, 10 ohms environ.

En cours de réception, on supprime la résistance R et les shunts. L'ensemble des manœuvres peut s'obtenir aisément à l'aide de deux commutateurs à chevilles. L'installation est représentée par la figure 258.

En plaçant des chevilles en 1, 2 et 3, on a la position de transmission.

En plaçant une seule cheville en 4 et en manœuvrant le shunt R_1 convenablement, on a la position de réception.

3. — Transmission automatique

Dans le cas de la transmission automatique, le contrôle se fait à l'oreille en écoutant le bruit des électro-aimants locaux. L'installation d'un poste est dès lors une installation normale ne présentant aucune difficulté. Il est d'usage toutefois d'adjoindre au transmetteur automatique un transmetteur à main.

La figure 259 représente l'ensemble des communications.

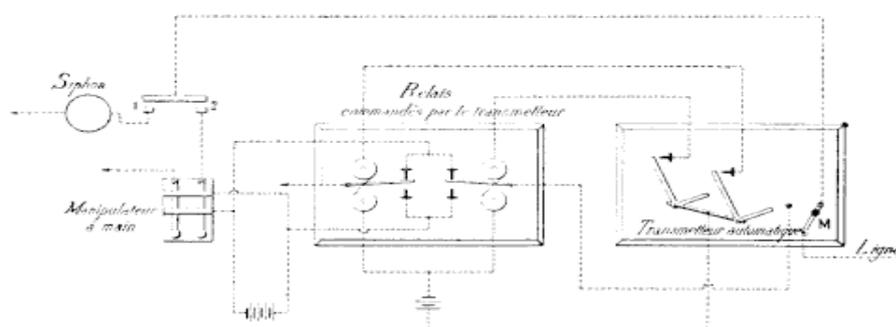


FIG. 259.

Lorsqu'on ne se sert pas du transmetteur à main, on place une cheville en 1. Dans le cas contraire, on la place en 2, et la manette M du transmetteur automatique doit être mise sur réception.

Cette seconde installation est rarement usitée sous cette forme. Lorsqu'on cherche de grands rendements, on ne se contente pas seulement de l'usage du transmetteur automatique; on recourt, en outre, à un montage dit montage en duplex que nous aurons l'occasion d'examiner plus loin.

CHAPITRE VI

RENDEMENT DES APPAREILS

Connaissant les éléments constitutifs des appareils, il importe pour achever leur étude, de se rendre compte des conditions qui régissent leur rendement.

Tout d'abord, la propagation du courant n'étant pas instantanée, la transmission d'un signal exige nécessairement un certain temps et le signal arrive déformé. Un premier problème se pose donc : quelles sont les causes qui influent sur la formation du signal et comment diminuer leur action ?

En second lieu, une transmission comportant nécessairement des groupements d'émission, on peut se demander quel est le groupement qu'il convient de choisir ou, ce qui revient au même, quelle est la relation entre le rendement des appareils et le système conventionnel alphabétique qui est utilisé.

Enfin, ayant choisi l'appareil et le groupement les plus favorables, ne peut-on parvenir, en combinant au besoin plusieurs appareils entre eux, à obtenir dans un temps donné un nombre plus élevé de transmissions.

Examinons ces trois points successivement.

A. — ÉTUDE DE LA FORMATION D'UN SIGNAL

Les causes qui agissent sur la formation d'un signal peuvent être classées en deux groupes distincts.

Les unes sont dues aux propriétés électriques de la communication (ligne et récepteur) et dépendent des lois même de la propagation des courants : ce sont pour ainsi dire des causes internes.

Les autres sont accidentelles et en quelque sorte extérieures à la communication.

§ 1. — Causes internes

Cas d'un conducteur ne présentant qu'une résistance ohmique. — Dans un conducteur présentant uniquement

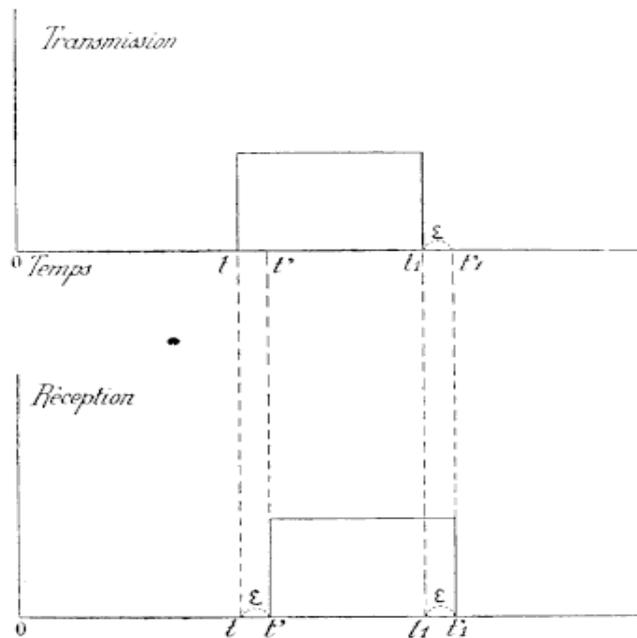


FIG. 260.

une résistance ohmique et, par suite, ne possédant ni self-

induction ni capacité, une onde électrique se propage nécessairement sans aucune déformation. Aucune raison n'existe, en effet, pour y produire une altération quelconque.

Dans ces conditions, si la courbe représentative d'une émission durant du temps t au temps t_1 au poste de départ est celle de la figure 260) il en résulte que la courbe au poste d'arrivée dans ces conditions sera identique.

Le temps t' correspondant au début de la réception sera légèrement supérieur à t_1 et égal à $t_1 + \varepsilon$; mais la durée de la réception $t'_1 - t'$ sera rigoureusement égale à celle $t_1 - t$ de la transmission. On se trouve en présence d'un simple décalage de temps dû à ce que la propagation de l'électricité n'est pas instantanée mais se fait avec une vitesse finie.

Cas d'un conducteur quelconque. — En pratique, il n'existe pas de conducteurs présentant uniquement de la résistance ohmique; tous les conducteurs employés sont doués, en outre, de capacité et de self-induction.

Au début d'une émission, l'énergie électrique fournie au conducteur est donc employée, en partie à charger le conducteur (effet de capacité), en partie à vaincre son inertie (effet de self-induction).

Les courbes représentatives des intensités au poste de départ et d'arrivée seront alors, par exemple, les suivantes (fig. 261) :

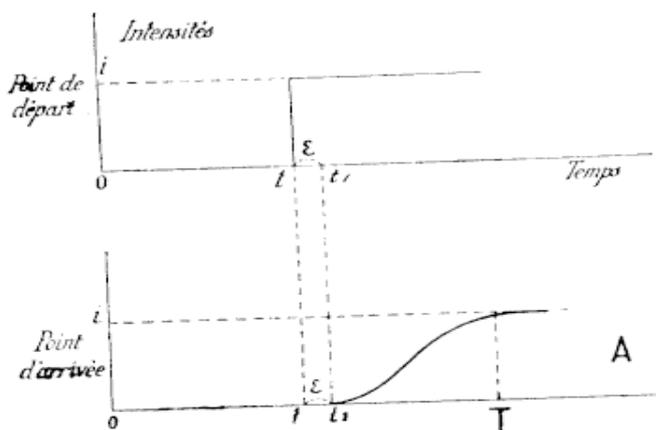


FIG. 261.

On voit qu'au poste d'arrivée l'intensité, au lieu de passer brusquement de zéro à i au moment t , ne prendra de valeur appréciable qu'à un moment $t_1 = t + \varepsilon$ et n'atteindra sa valeur définitive qu'au bout d'un temps T .

Inversement, en fin d'émission, l'énergie électrique absorbée pour charger le conducteur et vaincre son inertie est restituée : l'intensité au poste d'arrivée décroît de i à zéro passant par une série de valeurs intermédiaires, et le courant se prolonge ou, suivant l'expression usitée parfois en télégraphie, s'étale (*fig. 262*).

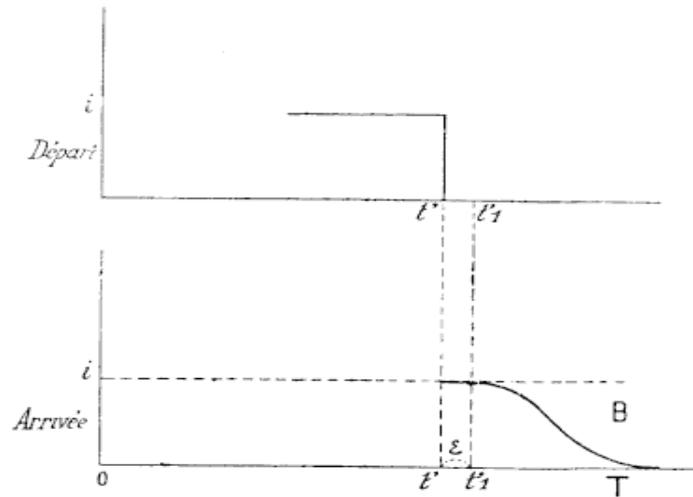


FIG. 262.

Étant donnée la courbe à l'arrivée A (*fig. 261*) correspondant à un début d'émission, on peut toujours obtenir celle B correspondant à une fin d'émission (*fig. 262*). Il suffit de se rappeler que supprimer l'émission revient à ajouter sur la ligne une force électromotrice égale et de signe contraire à celle qui a produit l'émission. Graphiquement, on transportera donc de t_1 en t la courbe A, et on retranchera ses ordonnées des ordonnées de la courbe qui représenterait le courant si l'émission était indéfiniment prolongée : les points ainsi obtenus représentent précisément la courbe cherchée B.

L'examen de cette courbe B, conduit à faire deux remarques intéressantes.

Tout d'abord elle montre que le courant au poste d'arrivée ne commence à décroître qu'au temps $t_1 = t + \varepsilon$, c'est-à-dire *un peu après* la fin de l'émission au poste de départ.

En second lieu, le temps $T - t$ s'écoulant entre la fin de l'émission au départ et la fin de l'émission à l'arrivée est supérieur au temps $(T - t)$ séparant le début de l'émission et l'établissement du courant de régime à l'arrivée.

Formes diverses des courbes de courant sur une ligne donnée. — La forme de la courbe A représentative du courant varie avec les valeurs des caractéristiques électriques de la ligne. Au contraire, pour une ligne donnée, elle a toujours

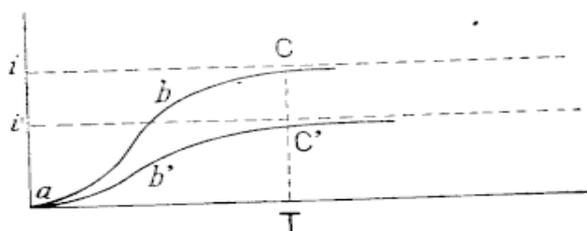


FIG. 263.

une même allure et la durée de la période variable est toujours semblable, quelle que soit la valeur de la force électromotrice au départ et, par suite, celle de l'intensité finale.

Si la courbe d'arrivée sur une ligne pour une intensité finale i est représentée par abC , celle pour une intensité finale i' inférieure à i sur la même ligne serait $ab'C'$ (fig. 263).

On voit que la courbe $ab'C'$ croît bien plus lentement que la courbe abC . Augmenter la force électromotrice de la source d'énergie revient donc à donner à la courbe du courant une forme beaucoup plus raide. Toutefois il est important de noter que, pendant le début de l'émission, les deux courbes demeurent très voisines.

Ce qui vient d'être dit pour la courbe A est également vrai pour la courbe B, puisque l'une sert à obtenir l'autre. En particulier l'accroissement de force électromotrice qui a pour

résultat de redresser la courbe A provoquera une chute plus rapide de la courbe B.

Transmission d'un signal. — Le graphique de la transmission d'un signal complet au départ et à l'arrivée s'obtient en combinant les deux courbes A et B des figures 261 et 262.

Examinons, en particulier, le cas où la durée de l'émission au départ est inférieure au temps s'écoulant entre le début d'émission et l'établissement du régime à l'arrivée (*fig. 264*).

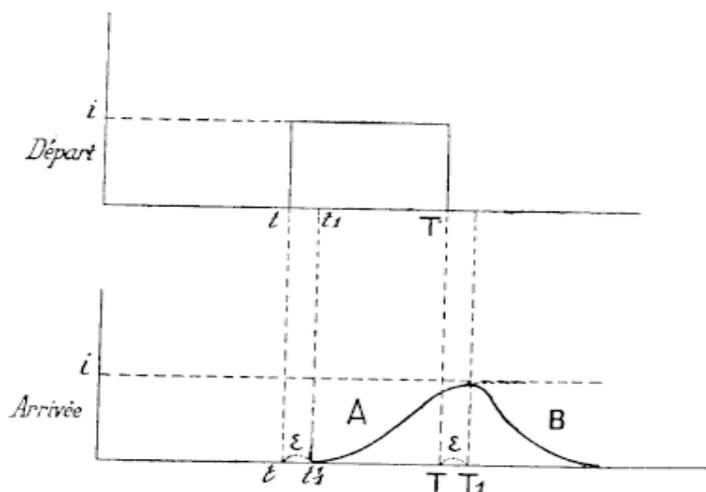


FIG. 264.

Nous avons vu tout à l'heure que tous les phénomènes (début d'émission, fin d'émission au départ) n'avaient leur répercussion à l'arrivée qu'après un certain intervalle de temps ε .

Soit dès lors (*fig. 264*) T le moment où l'on termine l'émission au départ : à l'arrivée, l'intensité ne commencera à décroître qu'au moment $T_1 = T + \varepsilon$, et tout se passera pendant l'intervalle ε comme si l'émission se poursuivait au départ. D'autre part, nous avons supposé qu'au moment T le courant n'avait pas encore atteint, à l'arrivée, sa valeur de régime. Durant l'intervalle ε , l'intensité continuera donc à croître à l'arrivée, et *ceci bien que l'émission au départ ait déjà cessé*.

Production d'un signal dans un récepteur à électro-aimant. — Examinons l'action sur un récepteur à électro-aimant d'une onde électrique telle que celle représentée par la figure 265.

Pour que l'électro-aimant fonctionne, il est nécessaire que le flux d'induction ait atteint une valeur déterminée. L'armature ne se mettra donc en mouvement que si le nombre d'ampères-tours ou, ce qui revient au même pour un récepteur donné, si l'intensité du courant a atteint une valeur déterminée i .

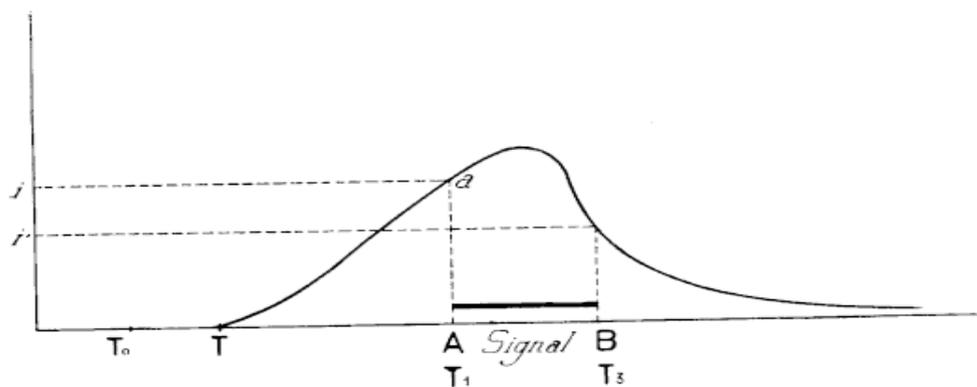


FIG. 265.

Inversement nous savons que, lorsque l'armature est au contact des noyaux, la réluctance du circuit magnétique est beaucoup moindre; le courant suffisant pour maintenir l'armature au contact a, par suite, une intensité i' inférieure à la précédente.

Pour avoir la représentation graphique de la durée du signal réel, il suffit de déterminer sur la courbe représentative de l'onde les points correspondants à ces deux intensités limites i et i' .

La ligne AB montre ainsi la durée exacte du signal réellement reçu. Cette durée T_1T_3 est très différente de celle de l'émission réelle arrivant au poste d'arrivée.

Plus la valeur de i sera faible (c'est-à-dire plus l'appareil est sensible), plus encore la courbe s'élèvera rapidement

(c'est-à-dire plus la force électromotrice sera élevée) plus aussi le temps T_1 se rapprochera du temps T . On diminue donc la déformation du signal en accroissant la sensibilité des récepteurs d'une part et, d'autre part, en augmentant la force électromotrice de la source d'énergie servant à la transmission.

Il faut remarquer toutefois que, si l'appareil est très sensible (valeur de i très faible), le point a se trouve nécessairement au début de la courbe, c'est-à-dire précisément dans une région où la forme change peu avec la valeur de la force électromotrice. Il en résulte qu'avec les appareils *très sensibles* il est inutile d'augmenter la force électromotrice.

Enfin nous savons qu'il s'écoule un intervalle de temps entre le début T_0 de l'émission au départ et le début T de l'émission à l'arrivée. Nous venons de voir, en outre, que la formation réelle du signal s'effectue encore avec un certain retard par rapport à ce temps T . Le retard total sur la formation au départ est donc la somme de ces deux retards et représenté sur la figure 265 par T_0T_1 . La valeur de ce retard total dépend naturellement des lignes mais est toujours appréciable. Sur une ligne de 500 kilomètres en fil de fer de 4 millimètres et desservie par un appareil Hughes, elle est de 2 ou 3 millièmes de seconde. Sur un câble sous-marin, elle peut atteindre aisément un dixième de seconde.

Transmission d'une série de signaux. — Supposons qu'au lieu d'une seule émission sur la ligne on envoie une série d'émissions courtes de même durée, on trouverait aisément que si la courbe représentative de l'état variable est toujours oaA' , l'ensemble de la courbe du courant à l'arrivée sera celle représentée par la figure 266.

Si i et i' sont toujours les limites de sensibilité de l'électro-aimant récepteur, on voit, dans l'exemple choisi, que le premier signal manque et que les signaux suivants ont des durées inégales.

On remarquera que cette fois la courbe passe par une série de maxima et de minima, à peu près également répartis de

part et d'autre d'une ligne médiane BB' . Plus on augmente la vitesse, plus on rapproche de la ligne BB' ces maxima et minima. Il arrive même un moment où ces maxima et minima étant compris entre les limites de sensibilité de l'appareil, on n'a plus de réception. Un appareil sur une ligne donnée a donc toujours une vitesse de transmission déterminée.

Supposons, d'autre part, que les limites de sensibilité soient

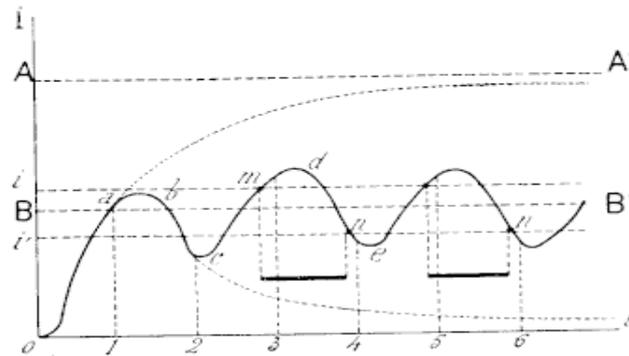


FIG. 266.

toutes deux au-dessus ou toutes deux au-dessous de la ligne médiane. Dans le premier cas, on recevra des points très courts séparés par de longs intervalles; dans le second cas, des points trop allongés séparés par des intervalles très courts. Pour avoir une transmission régulière, il importe donc que les limites de sensibilité soient placées de part et d'autre de la ligne BB' .

Nous venons d'analyser le cas de la transmission d'une série d'émissions courtes. Une série d'émissions longues donnerait de même, avec la même courbe représentative initiale, la figure suivante (*fig. 267*).

Ici la courbe monte beaucoup plus haut et demeure toujours au-dessus de la ligne BB' ; la durée des charges de la ligne est en effet beaucoup plus longue que la durée des décharges.

Un examen semblable à celui qui vient d'être fait pour la transmission d'une série de signaux brefs montrerait que les limites de sensibilité doivent être toutes deux au-dessus de la

ligne BB' , condition contradictoire de la précédente. Il en résulte que, pour une courbe d'arrivée de cette forme, il n'existe pas à proprement parler de récepteurs pouvant recevoir sans altération une transmission comprenant des successions quel-

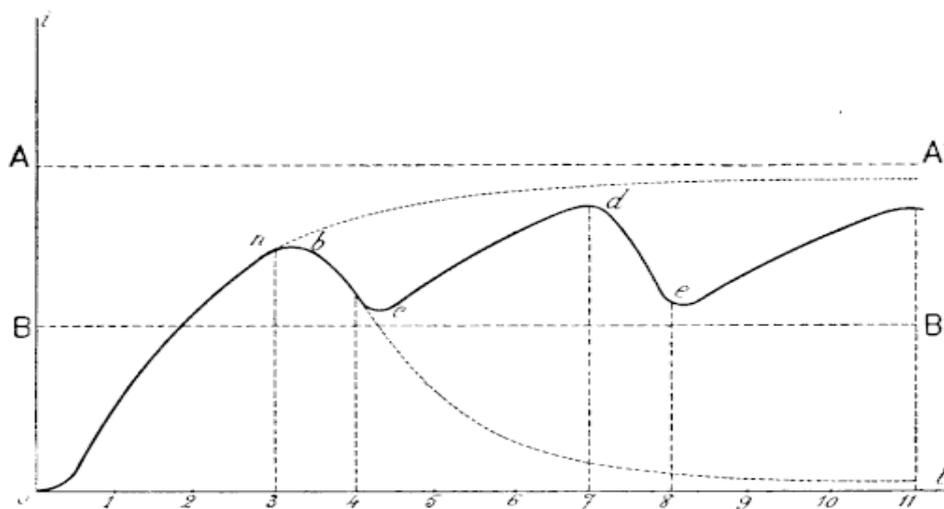


FIG. 267.

conques de signaux brefs et longs. On doit en pratique se contenter d'un réglage moyen atténuant le mieux possible les déformations.

Moyens d'atténuer les effets de la période variable —

Ce qui précède suffit pour montrer quelle perturbation l'existence de la période variable amène dans une transmission.

Les effets sont évidemment d'autant moins sensibles que la forme de la courbe d'arrivée se rapproche plus de la courbe d'émission au départ, c'est-à-dire d'une ligne droite verticale. Le seul moyen pour atténuer l'influence de l'état variable consiste donc à choisir des lignes ayant une résistance R , une capacité C et une self-induction L telles que la courbe correspondante réalise ces conditions.

Il importe pour cela de connaître l'influence relative de ces éléments R , C et L sur cette forme. Cette étude malheureusement ne va pas sans les plus grandes difficultés.

Nous examinerons successivement deux cas, suivant que la ligne étudiée est mise à la terre directement ou bien à la terre à travers un récepteur.

Cas de la ligne mise directement à la terre. — Supposons, en premier lieu, que la ligne soit reliée directement à la terre, sans récepteur.

L'étude analytique de la propagation du courant dans ces conditions est due à MM. Vaschy et Barbarat et conduit aux résultats suivants.

Soient :

L, la self-induction de la ligne ;

C, la capacité ;

R, la résistance ohmique.

Le courant à l'arrivée peut être sensiblement représenté par

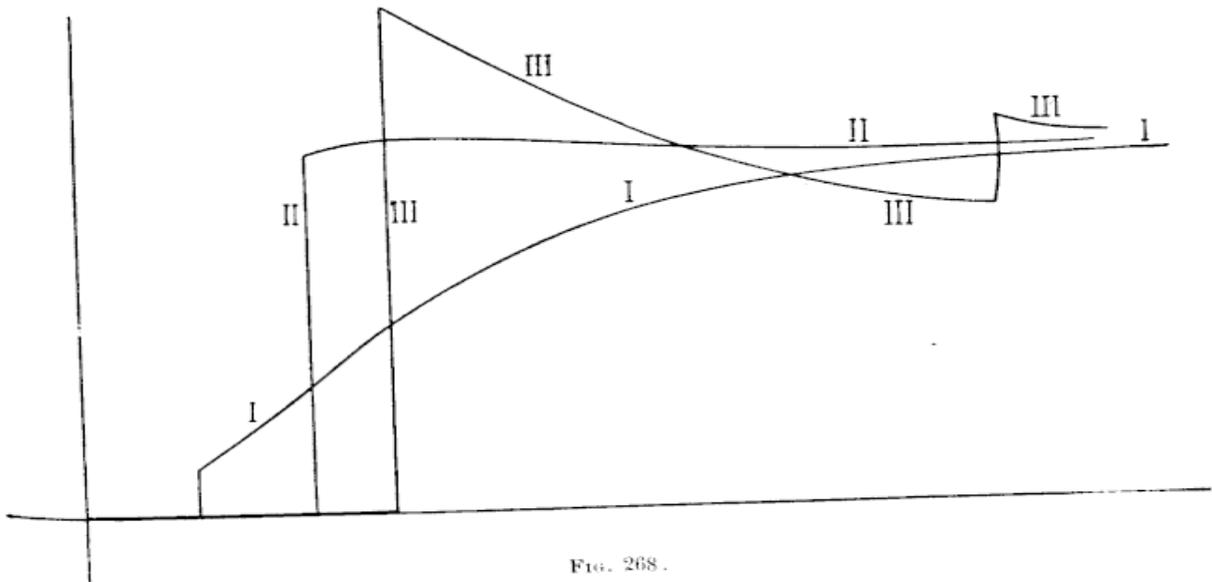


FIG. 268.

une courbe de la forme I (*fig. 268*), toutes les fois que l'on a la relation :

$$\frac{L}{CR^2} < \frac{1}{18,5} ;$$

par une courbe de la forme II quand on a la relation :

$$\frac{L}{CR^2} = \frac{1}{18,5};$$

par une courbe de la forme III quand on a la relation :

$$\frac{L}{CR^2} > \frac{1}{18,5}.$$

L'influence de la période variable est donc nulle ou très atténuée à condition que les valeurs de C, R et L obéissent à la relation :

$$(1) \quad \frac{L}{CR^2} \geq \frac{1}{18,5},$$

relation qu'on peut aussi écrire, si l'on désigne par λ , γ , z , la self-induction, la capacité et la résistance par unité de longueur et l la longueur de la ligne :

$$(2) \quad \frac{\lambda}{\gamma z^2 l^2} \geq \frac{1}{18,5}.$$

Les coefficients L, C et R sont des constantes physiques. Leurs valeurs sont déterminées dès lors qu'on a choisi un type déterminé pour le conducteur.

Il est rare que ces valeurs soient telles qu'on puisse satisfaire sans artifice à la relation qui précède. Examinons néanmoins successivement chacun d'eux.

Étude de L. — Il résulte de la formule (1) qu'on a intérêt à ce que le coefficient L soit le plus grand possible. Contrairement à une opinion fréquente en télégraphie, on voit donc que la self-induction de la ligne est *toujours* favorable.

Malheureusement la self-induction des lignes (fer ou cuivre) est toujours faible. M. Barbarat en premier lieu, et récemment M. Pupin, ont proposé d'élever la valeur de ce coefficient en intercalant sur la ligne une série de bobines de self-induction réparties uniformément et à des intervalles convenable-

ment calculés. Le procédé paraît avoir donné récemment des résultats favorables. C'est ainsi qu'une réception téléphonique correcte a été réalisée sur une ligne souterraine munie du dispositif Pupin et ayant une longueur de 352 kilomètres, alors qu'auparavant elle n'était possible sur la même ligne qu'à condition de ne pas dépasser 96 kilomètres.

Étude de C. — La formule (1) montre également qu'on a tout intérêt à diminuer la capacité de la ligne. Or, contrairement à ce qui a lieu pour la self-induction, la capacité des lignes aériennes et surtout souterraines ou sous-marines a une valeur élevée.

Comme dans le cas précédent, on s'efforce de recourir à un artifice de nature à diminuer tout au moins sinon à supprimer cette action nuisible.

Cet artifice consiste à faciliter la décharge de la ligne après chaque émission, ce qui a pour résultat a priori de rendre beaucoup plus raide la courbe représentative de fin d'émission. Il existe pour cela quatre méthodes.

α . — Méthode de la décharge directe

Elle consiste à mettre directement la ligne à la terre à ses deux extrémités, à la fin de chaque émission. Cette liaison est faite normalement à l'une des extrémités de la ligne (poste récepteur). Il suffit donc de modifier le manipulateur de telle sorte qu'il produise automatiquement cette liaison quand on passe de la position de transmission à la position de réception (décharge Schwendler, Farjou). Cette méthode est d'ailleurs peu employée, les suivantes étant plus efficaces.

β . — Méthode des courants de compensation

Cette méthode consiste à sectionner les émissions longues en deux périodes, la première durant laquelle la ligne est reliée à une pile forte, la seconde durant laquelle la ligne est

reliée à une pile faible. On arrive de cette façon à obtenir que la charge de la ligne soit sensiblement constante, quelle que soit la durée de l'émission. Nous avons vu ainsi que, dans le premier manipulateur Wheatstone, la formation du trait avait lieu en trois temps, le premier durant lequel la pile était directement reliée à la ligne, le second et le troisième durant lesquels la pile était reliée à la ligne à travers une résistance.

Une solution due à M. Godfroy permet d'appliquer aisément la méthode à tous les appareils. Elle consiste dans l'utilisation d'une bobine A à forte self-induction, mise au départ en dérivation sur la ligne (fig. 269).

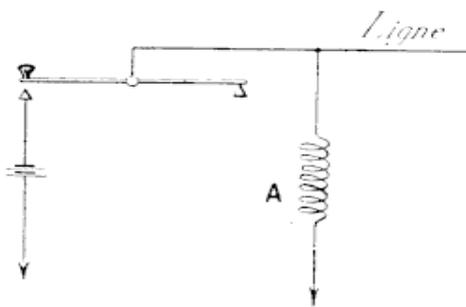


FIG. 269.

À la fin de l'émission et en raison de sa self-induction, cette bobine présente une résistance très élevée et la dérivation du courant est presque nulle. Mais, à mesure que la période variable avance, la dérivation ainsi établie diminue de résistance; le courant envoyé sur la ligne diminue donc, lui aussi, d'intensité : on a là une véritable compensation automatique.

En outre, à la fin de l'émission, la force électromotrice de self-induction agit comme une pile de sens inverse et provoque l'envoi d'un véritable courant de décharge sur la ligne.

γ. — Méthode des courants de décharge ou de repos

Cette méthode consiste à envoyer après chaque émission une émission de sens contraire et de durée appropriée.

C'est évidemment le système le plus efficace. Aussi tous les appareils rapides en font-ils usage.

6. — Méthode du condensateur

Cette méthode consiste à couper la ligne, au départ et à l'arrivée, par des condensateurs; les courants sur la ligne sont dus alors aux charges et décharges successives de ces condensateurs.

Remarque. — On peut combiner sans difficulté ces différentes méthodes.

L'appareil Wheatstone, dans sa première forme, utilisait ainsi les courants compensés et le courant de repos. De même les transmissions sous-marines font usage de la méthode du condensateur et des courants de repos.

Étude de R. — Il y a lieu de diminuer la résistance de la ligne comme on diminue sa capacité. Cela résulte encore de la formule (1).

On y parvient soit en employant des fils de gros diamètre et de haute conductibilité, soit encore en sectionnant les lignes à l'aide de relais (c'est le cas de la plupart des lignes desservies au Wheatstone).

Dans ce dernier cas, on n'a plus en effet à considérer que la longueur des sections individuelles et non plus la longueur totale.

Cas de la ligne liée à un récepteur. — L'étude analytique de la propagation du courant dans le cas où la ligne est munie d'un récepteur à son extrémité, n'est pas encore faite. Les raisonnements qui vont suivre sont donc hypothétiques; ils semblent d'ailleurs confirmés par l'expérience.

On peut admettre que, d'une manière générale, les résultats qui précèdent ne seront pas modifiés par l'adjonction d'un récepteur à condition :

1° Que le récepteur satisfera lui aussi à la même relation que la ligne :

$$\frac{L}{CR^2} \geq \frac{1}{18,5}$$

2° Que les valeurs L , C et R du récepteur seront du même ordre de grandeur que celles de la ligne.

Si ces conditions sont satisfaites, en effet, on peut considérer le récepteur comme un simple prolongement de la ligne.

Or les récepteurs, étant constitués par des électro-aimants dans la plupart des cas, ont toujours, à l'inverse des lignes, une self-induction élevée et une capacité faible. On comprend par suite que, si la plupart des récepteurs peuvent satisfaire aisément à la première des conditions posées, il n'en est plus de même pour la seconde.

La valeur du coefficient L qui leur correspond est toujours trop élevée par rapport à celle du coefficient L de la ligne. Cette valeur doit être réduite ou, si l'on préfère, contrairement à ce qui se passait pour la ligne, la self-induction des récepteurs est *toujours nuisible*.

De même, la valeur de la capacité des récepteurs est généralement trop faible par rapport à celle de la ligne.

La seule résistance ohmique ne donne lieu à aucune difficulté, car on en est toujours maître.

La recherche des conditions les meilleures pour la réception dans le cas considéré nous amène donc aux résultats suivants : on doit diminuer la self-induction du récepteur, accroître sa capacité, donner enfin à sa résistance ohmique une valeur comparable à celle de la ligne. Cette dernière condition n'est d'ailleurs que la confirmation d'une des lois générales exposées à l'occasion de l'étude des électro-aimants.

Il existe deux méthodes pour diminuer les effets de la self-induction des récepteurs.

La première consiste à mettre simplement en dérivation, à l'entrée du récepteur, une bobine de self-induction (par exemple une bobine Godfroy). Les effets de self-induction de cette bobine agissant en sens inverse de ceux du récepteur les neutralisent à peu près.

La seconde solution consiste à placer en arrière du récepteur (*fig. 270*) un condensateur shunté par une simple résistance. Soit C la capacité de ce condensateur, r la résistance du

shunt, L la self-induction du récepteur, les courants de self-induction dans le récepteur et ceux de charge ou de décharge se compenseront exactement, si l'on a la relation :

$$L = Cr^2.$$

Aucune méthode n'est appliquée tendant à modifier la capacité du récepteur; la capacité étant nuisible, c'est toujours en

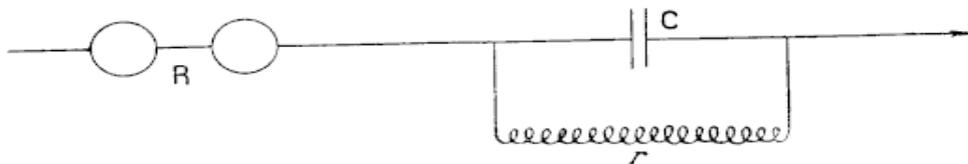


FIG. 270.

effet la capacité de la ligne que l'on s'efforce de diminuer en la ramenant à être de même ordre que celle du récepteur.

Remarque importante. — 1° Nous venons de voir que, moyennant des précautions convenables, le récepteur pouvait être assimilé à un simple prolongement de la ligne. Il en résulte que, sur les lignes munies de récepteur à leur extrémité comme sur celles mises directement à la terre, on a intérêt à recourir aux moyens généraux d'atténuer la période variable exposés plus haut : bobines de self-induction sur la ligne, décharge, courants compensés, courants de repos, sectionnement des lignes.

Il est d'usage ainsi de munir les relais très rapides de dispositifs de décharge. Les récepteurs polarisés du type Siemens ou du type d'Arincourt se prêtent admirablement à cet office. On se rappelle qu'en disposant convenablement les butées dans ces appareils, on peut obtenir un rappel automatique de l'armature sur la butée de repos dès que cesse l'émission. L'armature d'un relais étant toujours liée à la ligne, il suffit de lier à la terre cette butée de repos pour obtenir la décharge demandée.

2° On vient de voir que la valeur des coefficients L , R et C , tant pour la ligne que pour le récepteur, joue un rôle prépondérant dans la formation des signaux.

On en conclura, en premier lieu, qu'un appareil fonctionnant très bien sur une ligne locale ou sur une ligne ayant seulement une résistance ohmique ne fonctionnera pas nécessairement sur une ligne réelle. L'oubli de ce fait est l'origine de nombreux mécomptes pour les inventeurs.

A titre d'exemple, on peut, en particulier, rappeler qu'un récepteur téléphonique établi sur un circuit dépourvu de self-induction et de capacité fonctionne *toujours* comme un *haut-parleur*, c'est-à-dire de telle sorte que la transmission puisse être perçue à grande distance.

En second lieu, il est évident que ces effets de déformation des signaux seront d'autant plus sensibles que l'on utilisera, d'une part, des récepteurs très sensibles et, d'autre part, des courants constamment variables. La transmission des courants téléphoniques présente donc de bien plus grandes difficultés que la transmission télégraphique.

En particulier, la self-induction produisant sur un courant alternatif une diminution d'amplitude et un retard de phase d'autant plus grands que la fréquence est plus élevée, les sons aigus dans une transmission téléphonique seront plus affaiblis et modifiés que les sons graves. On sait, en effet, que les lettres telles que *s*, *c*, *z*, comportant des harmoniques très élevées sont presque toujours très altérées.

De même la capacité des conducteurs produit rapidement une atténuation des ondes alternatives, atténuation d'autant plus grande que la fréquence est plus élevée. La transmission téléphonique sur les câbles n'est donc possible que sur des longueurs relativement faibles.

3° La durée de formation d'un signal dans un appareil déterminé dépendant des valeurs de R , L et C correspondant à la ligne, varie avec ces éléments. Il en résulte que *le rendement d'un appareil varie nécessairement avec les lignes elles-mêmes* et que, par suite, ce rendement, pour être exactement

défini, doit être complété par l'indication des constantes de ligne auxquelles il correspond.

Calcul pratique de la fonction $\frac{L}{CR^2}$. — Le calcul pratique de la fonction $\frac{L}{CR^2}$ présente en réalité de graves difficultés.

On peut à la rigueur calculer la valeur des coefficients L et C lorsqu'il s'agit d'une ligne à double fil. Lorsqu'il s'agit, au contraire, d'une ligne avec retour par la terre, la valeur du coefficient L est tout à fait indéterminée. On sait seulement que cette valeur doit être extrêmement faible.

En second lieu, le coefficient R qui doit être employé n'est pas la résistance ohmique mais une résistance apparente plus élevée qui dépend de la fréquence du courant. On démontre en effet que les courants en période variable se propagent principalement par la périphérie et non par la section totale du conducteur (effet Kelvin).

Le phénomène est d'autant plus sensible que la self-induction est elle-même plus élevée ; il se manifeste donc surtout sur les conducteurs en fer. S'il s'agit, au contraire, de conducteurs *en cuivre* et dans les limites de la pratique des télécommunications, il peut au contraire être considéré comme négligeable. La relation qui définit dans le cas du cuivre la résistance apparente R_a , est en effet la suivante :

$$R_a = R \left(1 + \frac{2,03d^4}{T^2\rho^2} \right)$$

où R est la résistance réelle ;

d , le diamètre en centimètres ;

ρ , la résistivité du cuivre en ohm-centimètres ;

T, la fréquence.

En appliquant cette formule au cas d'une fréquence de 1000 (fréquence moyenne téléphonique), on trouve que la variation $R_a - R$ est insignifiante. Il n'en est au contraire plus de même dans les cas industriels où la fréquence est basse et le diamètre considérable. C'est ainsi que, avec une fréquence de 100 et

un diamètre de 22 millimètres, l'accroissement est déjà de 17,5 0/0.

En troisième lieu, enfin, et s'il s'agit de conducteurs en fer, la perméabilité varie avec la fréquence, les coefficients L et C varient eux-mêmes avec cette fréquence.

Il résulte de ces observations que la relation :

$$\frac{L}{CR^2} \cong \frac{1}{18,5}$$

ne peut être appliquée utilement qu'à un seul cas, celui de lignes en cuivre sans retour par la terre, — c'est le cas général des lignes téléphoniques.

Dans le cas de lignes en fer, elle peut fournir des indications erronées, les valeurs numériques connues n'étant pas toujours applicables en l'espèce.

À titre d'indication, rappelons que, lorsqu'il s'agit d'une ligne aérienne en cuivre, on peut admettre comme données :

$$\begin{aligned} L &= 0,0024 \text{ henry par kilomètre,} \\ C &= 0,0035 \text{ microfarad par kilomètre.} \end{aligned}$$

Pour une ligne en fer, le coefficient L peut être évalué à 0,0525 henry.

D'une manière générale, sur une ligne bouclée, on a les relations suivantes :

$$\begin{aligned} \frac{1}{C} &= 1800 \mathfrak{L} \frac{d^2}{a_1 a_2}, \\ L &= \frac{1}{900C} + \frac{1}{2} (\mu_1 + \mu_2) \end{aligned}$$

\mathfrak{L} désignant le symbole des logarithmes népériens, $2a_1$, $2a_2$ les diamètres des fils d'aller et retour, d la distance de ces fils, μ_1 , μ_2 , les perméabilités de ces fils, C étant exprimé en farads, L en henrys.

§ 2. — Causes externes agissant sur la formation du signal

Les causes externes agissant sur la formation d'un signal peuvent être ramenées à quatre : les pertes dues au défaut d'isolement de la ligne, les inductions dues aux courants circulant sur les lignes voisines, enfin les courants parasites provenant des liaisons de la ligne avec la terre ou de l'action des orages.

Pertes. — Les pertes le long d'une ligne aérienne se font par l'air et par les isolateurs ; leur valeur varie suivant l'état de l'atmosphère et la température. L'isolement kilométrique d'un même fil peut passer ainsi aisément de 1 mégohm à plusieurs centaines de mégohms, à quelques heures d'intervalle.

Sur les lignes souterraines ou sous-marines, les pertes résultent d'une altération de l'isolant, altération produite tout le long de la ligne si elle tient à l'isolant lui-même, ou en un point déterminé si elle provient d'un accident.

Les dérivations créées par les pertes, sauf dans le cas de défaut local nettement accusé, présentent toujours une résistance électrique et celle-ci est fréquemment comparable à la résistance de la ligne elle-même.

Une ligne présentant des pertes est donc l'équivalent d'une ligne présentant une série de dérivations. On comprend qu'en diminuant la résistance intérieure de la pile et, par suite, en accroissant son débit, on puisse atténuer l'effet de ces dérivations ; le mal se traduit alors simplement par un accroissement de consommation d'énergie électrique.

Induction due aux courants voisins. — On conçoit que les courants induits dus aux courants circulant dans les conducteurs voisins soient de nature à troubler la transmission

puisqu'ils ajoutent sur la ligne une force électromotrice de sens et de valeur variables, à celle provoquant l'émission.

L'effet est particulièrement nuisible lorsque la ligne influencée utilise des récepteurs très sensibles tels que les récepteurs téléphoniques.

Le seul remède employé consiste à utiliser pour la communication un circuit métallique fermé, c'est-à-dire deux fils, et à inverser de temps à autre les positions de ces deux fils par rapport au fil inducteur (*fig. 271*). Dans ces conditions, une

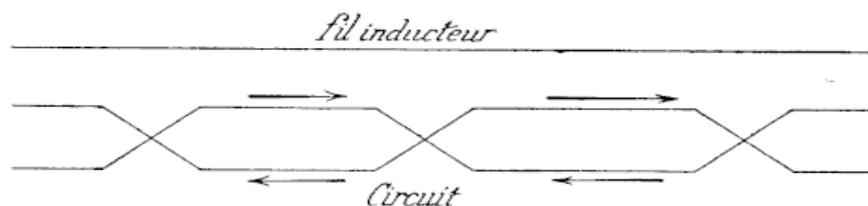


FIG. 271.

section du fil d'aller et une section du fil de retour se présentant alternativement au fil inducteur, les effets d'induction sur ces fils se contrebalancent exactement.

Courants telluriques. — Les courants dits *telluriques* sont dus à deux causes très différentes.

La première est l'action chimique exercée par le sol sur les plaques de terre. Ces plaques en s'oxydant forment de véritables éléments de pile orientés en sens inverse à chaque extrémité de la ligne et leur ensemble produit le même résultat que l'insertion sur la ligne d'une force électromotrice variable ayant constamment pour valeur la différence des forces électromotrices de ces deux éléments.

La seconde, beaucoup plus importante, est due à la différence de potentiel existant entre les deux points où l'on prend les terres. Le potentiel du sol n'est pas en effet partout identique et l'on sait que la terre est le siège de courants souvent intenses et toujours variables suivant des lois encore imparfaitement connues.

Il existe divers moyens pour atténuer, en partie tout au moins, l'action des courants telluriques.

Le premier consiste à bloquer la ligne entre deux condensateurs. Le conducteur n'est alors traversé par aucun courant étranger (*fig. 272*).



FIG. 272.

Un autre moyen consiste à diminuer la sensibilité des récepteurs (Wheatstone).

Ces procédés sont d'ailleurs des palliatifs plutôt que des remèdes.

Courants dûs à l'électricité atmosphérique. — On constate enfin que, durant les orages, les lignes sont parcourues par des courants parasites de très haute tension susceptibles de produire des détériorations considérables et même parfois dangereux pour le personnel.

La présence de ces courants interrompt naturellement toute formation de signal : on doit s'efforcer uniquement d'éviter leurs effets violents sur les appareils et les employés. C'est le but rempli par les dispositifs protecteurs dits *paratonnerre*, *parafoudre*, *coupe-circuits*, etc... Nous aurons l'occasion de décrire plus loin et avec détail ces appareils, dans l'étude de l'organisation des bureaux.

B. — RENDEMENT DES APPAREILS

L'étude du rendement d'un appareil téléphonique ou télégraphique est l'une des parties les plus mal définies de l'étude des télécommunications. Cela tient, en premier lieu, à ce fait que la plupart des auteurs désignent des objets absolument différents sous le nom générique de *rendement*, en second lieu à ce que, le rendement étant nettement défini, il est extrêmement difficile de l'évaluer.

Différentes sortes de rendement. — Les rendements considérés dans les télécommunications n'ont rien de commun avec les rendements étudiés en mécanique. La quantité d'énergie électrique mise en jeu et son prix de revient sont en effet insignifiants ; il n'y a pas d'intérêt, au point de vue économique, à chercher à diminuer les pertes résultant des modes de transformation de cette énergie.

Le seul rendement que l'on examine en télécommunication est donc le rendement *en vitesse*.

Ce rendement peut être évalué de quatre manières différentes :

1° Étant donné un appareil déterminé fonctionnant sur une ligne donnée, le *rendement en signaux* de cet appareil est le nombre maximum de signaux électriques que l'appareil est susceptible d'enregistrer par minute ;

2° Étant donné le même appareil fonctionnant dans les mêmes conditions, le *rendement en lettres* de cet appareil est le nombre maximum de lettres que l'appareil est susceptible d'enregistrer par minute ;

3° Étant donné le même appareil fonctionnant dans les mêmes conditions, le *rendement commercial* en lettres est le nombre maximum de lettres utiles que l'appareil est susceptible d'enregistrer par minute.

On entend par *lettre utile* une lettre faisant partie de la

dépêche à transmettre au destinataire; une *lettre morte* sera, au contraire, une lettre faisant partie d'indications de service, de collationnement, etc., — celles-ci, en effet, sont des charges d'exploitation non rémunérées;

4° Étant donné enfin le même appareil dans les mêmes conditions, le rendement *personnel* est le rapport du rendement en lettres au nombre de personnes concourant à la production de ces lettres.

Les chiffres afférents à ces quatre rendements sont très différents. On conçoit l'importance qu'il y a toujours à préciser exactement quel est le rendement choisi pour base des évaluations.

Ces chiffres varient, en outre, pour un appareil donné suivant la ligne. Un rendement doit donc toujours, *pour être valable, indiquer les constantes de la ligne sur laquelle il est obtenu.*

Remarque. — On substitue parfois au *rendement en lettres* le *rendement en mots* ou en *dépêches*. Il est assez facile de passer de l'un à l'autre en se rappelant que la dépêche est supposée le plus généralement composée de 10 mots de 6 lettres chacun (y compris l'intervalle séparatif) et que l'unité de temps choisie n'est plus la minute, mais l'heure. L'usage du rendement en dépêches, très en faveur, est déplorable, car il accroît encore la confusion, les conventions précédentes n'étant jamais définies en fait par les auteurs.

Rendement en signaux. — Le rendement en signaux est le rendement primordial et le plus essentiel. On va voir qu'il est malheureusement très peu défini.

On entend par *signal* l'ensemble d'une émission et de la non-émission consécutive. Cette définition est excellente si toutes les émissions et non-émissions ont une durée identique. Si au contraire il n'en est pas ainsi — ce qui est le cas général — la définition s'appliquant à un ensemble perpétuellement variable n'a plus aucun sens.

Remarquons, en particulier, que, pour tous les appareils

où la formation du signal repose sur des valeurs constamment caractéristiques et en nombre indéfini de e , e' et t , il en est ainsi. En fait, il n'est jamais question de rendement en signaux toutes les fois qu'il s'agit de transmissions téléautographiques ou téléphoniques.

Dans les systèmes où l'on donne à e , e' et t des valeurs approximatives ou caractéristiques en nombre restreint, on peut admettre que le signal possède une durée moyenne; mais cette durée ne peut être alors évaluée qu'expérimentalement, et encore ne doit-elle être considérée que comme une approximation.

L'approximation sera évidemment d'autant plus grande que le système de transmission emploie pour le signal une formation se rapprochant plus de la formation comportant une série alternative d'émissions et non-émissions égales entre elles.

Exemple : On constate qu'un appareil Baudot tourne au maximum à 180 tours sur une ligne donnée. Le nombre d'émissions positives ou négatives (correspondant aux émissions ou non-émissions) est de 24 par tour. On dira que le rendement en signaux est de :

$$\frac{180 \times 24}{2} = 2160.$$

On voit que ce rendement résulte d'une *expérience*.

Il serait évidemment désirable de pouvoir *calculer* à l'avance la vitesse de production des signaux sur une ligne donnée ou tout au moins de connaître la variation de cette vitesse lorsqu'on fait varier les éléments de la ligne. Malheureusement il n'existe pas à cet égard de méthodes analytiques complètes. Des indications expérimentales récentes ont toutefois été fournies par un ingénieur français, M. Devaux-Charbonnel. Ses formules ne tiennent pas compte de la self-induction des lignes. Il y a donc, de ce fait, une certaine erreur qui doit être assez faible. En revanche, on y voit figurer l'inertie mécanique des appareils, inertie qui est souvent le facteur prépondérant limitant le rendement.

Il importe avant tout de remarquer que les conditions dont dépend une transmission correcte des signaux, diffèrent suivant la nature des récepteurs employés.

Un récepteur à électro-aimant (cas des lignes aériennes et souterraines) n'enregistre un signal que s'il reçoit un courant d'une intensité suffisante et pendant un certain temps — temps que l'on peut appeler la *constante mécanique de temps* de l'appareil. De plus, pour que la transmission soit correcte, il faut que deux signaux consécutifs soient nettement séparés.

Dans les récepteurs galvanométriques (cas des lignes sous-marines), le signal est *toujours* enregistré. La seule limitation, à ce point de vue, dépend de l'inertie de l'appareil et nullement de la ligne. En revanche, ce signal enregistré n'est pas nécessairement *lisible* et la vitesse de transmission correspond précisément au nombre maximum de signaux *lisibles* reçus en une minute.

Ceci posé, on peut, dans la pratique, s'en référer aux indications suivantes :

1° Le temps T minimum (exprimé en secondes) nécessaire pour produire un signal dans un récepteur à électro-aimant placé à l'extrémité d'une ligne aérienne ou souterraine ayant une résistance R (exprimée en ohms) et une capacité C (exprimée en farads), est donné par la formule :

$$T = \frac{CR}{3} + t,$$

où *t* représente la constante mécanique de temps du récepteur, — cette constante a une valeur moyenne de 0,005 seconde pour les appareils courants ;

2° Le nombre maximum de signaux qui peuvent être enregistrés par un récepteur galvanométrique placé à l'extrémité d'une ligne quelconque est de 1500 à la minute ;

3° Le nombre maximum de signaux *lisibles* que reçoit par minute un appareil galvanométrique placé à l'extrémité d'une ligne ayant une résistance R (exprimée en ohms) et une capa-

ité C (exprimé en farads) est donné, si la ligne est bloquée entre deux condensateurs, par la formule :

$$N = \frac{2700}{CR}.$$

Si la ligne n'est pas bloquée entre condensateurs, par la formule :

$$N_1 = \frac{1800}{CR}.$$

Si elle est coupée par un seul condensateur à une de ses extrémités, par la formule :

$$N_2 = \frac{2700}{2CR}.$$

Remarque. — Lorsqu'il s'agit de lignes moyennes, on peut dire que la valeur du rendement en signaux ne dépend pas, en pratique, des éléments de ces lignes à condition d'agir préalablement sur ces éléments par l'un des moyens énumérés dans l'étude de la propagation des signaux. C'est ainsi que le rendement de l'appareil Wheatstone, qui semblait limité à 1000 signaux à la minute, a passé à 3 000 du seul fait de l'atténuation de la self-induction du récepteur par le procédé du condensateur shunté; en revanche, l'examen des formules précédentes montre que l'inertie mécanique des appareils récepteurs est une constante qu'on ne peut modifier : cette inertie est donc, en fait, la cause principale de limitation du rendement en signaux.

Rendement en lettres. — Le rendement en lettres sur une ligne donnée est le nombre maximum de lettres qu'un appareil transmet par minute. Il doit être déterminé expérimentalement.

Rapport du rendement en signaux au rendement en lettres. — Le rendement en lettres dépend évidemment :

1° Du rendement en signaux ;

2° Du code adopté pour la traduction des signaux.

En d'autres termes, étant donné que l'appareil enregistre un nombre déterminé N de signaux par minute, le rendement en lettres sera d'autant plus élevé que le nombre n des signaux constitutifs d'une lettre sera moindre.

L'importance du code choisi est donc de premier ordre et la valeur du rapport du rendement en signaux au rendement en lettres détermine la *valeur relative* du code adopté.

Nous disons valeur relative, car un code déterminé peut, en fait, être le plus avantageux pour un appareil donné sans être nécessairement le plus avantageux quel que soit l'appareil employé.

Moyen de passer du rendement en signaux au rendement en lettres. — Il est possible, dans la plupart des cas et connaissant le code adopté, de passer directement par le calcul du rendement en lettres au rendement en signaux.

Supposons, en premier lieu, que le code repose sur une lecture de combinaison de signaux toujours en nombre égal (exemple code Baudot).

La formation de chaque lettre exige dans ce cas toujours un même temps et un même nombre d'émissions. Soit $2n$ ce nombre total d'émissions positives ou négatives correspondant à une lettre. Il suffit de diviser par n le rendement en signaux pour obtenir le rendement en lettres (un signal correspond, on l'a vu plus haut, à l'ensemble d'une émission et d'une non-émission ou, dans le cas du courant de repos, à l'ensemble de deux émissions, l'une positive, l'autre négative).

Supposons, en second lieu, que le code repose sur une combinaison de signaux en nombre et en durée variables (exemple : le code Morse).

On décompose tout d'abord les signaux figuratifs des N lettres du code en signaux élémentaires (*fig.* 273).

On doit tenir compte ensuite de ce fait que toutes les lettres n'entrent pas d'une manière uniforme dans la composition des

textes. A cet effet on multiplie chacune des équivalences correspondant à une lettre par un coefficient d'usage; le total de ces produits divisé par 1000 N fournit le nombre moyen n cherché. En divisant le rendement en signaux par ce nombre, on obtient le rendement en lettres (*fig. 273*).

CODE MORSE

	Equivalence en signaux	Coefficient d'usage
A	3	55
B	5	24
C	6	55
D	4	54
E	1	85
F	5	33
G	5	21
H	4	22
I	2	80
J	7	24
K	5	10
L	5	37
M	4	35
N	3	48
O	6	52
P	6	24
Q	7	24
R	4	57
S	3	57
T	2	65
U	4	48
V	5	24
W	5	8
X	6	23
Y	7	12
Z	6	13

FIG. 273.

Remarque : 1° Le fait que toutes les lettres n'entrent pas également dans la composition des textes est très important. Il a été souvent négligé dans l'étude comparée des codes télégraphiques.

2° Lorsque l'appareil est disposé de telle sorte qu'on ne puisse pas transmettre consécutivement deux lettres quelconques —

tel est le cas de Hughes — il n'existe pas de relation entre le rendement en signaux et celui en lettres.

L'intervalle moyen entre deux lettres transmises n'est d'ailleurs jamais l'intervalle minimum résultant de la construction de l'appareil.

Pour calculer cet intervalle moyen, on fait usage de la méthode suivante :

Supposons, par exemple, que deux lettres ne puissent être transmises théoriquement que si elles sont séparées par 4 intervalles (c'est le cas du Hughes).

Soit 32 le nombre total des signaux et n le rang de la lettre qui vient d'être transmise en dernier lieu.

La lettre qui pourra être transmise après celle de rang n occupera l'un des rangs suivants :

$$n + 5 \quad n + 6 \dots n + 29 \quad n + 30 \quad n + 31 \quad n + 32.$$

Le rang moyen de cette lettre sera donc :

$$\frac{n + 32 + n + 5}{2} = n + 18,5,$$

ce qui revient à dire que deux lettres transmises consécutivement seront en moyenne séparées par un intervalle de 18,5 rangs, et non par un intervalle de 4 rangs, comme l'eût fait supposer la construction de l'appareil.

Rendement commercial. — Le rendement commercial est le nombre de lettres utiles, c'est-à-dire soumises à taxation, transmises par minute.

Le rendement commercial s'obtient en multipliant le rendement en lettres par un coefficient de réduction variable avec les appareils. Il résulte d'études faites à l'occasion de l'établissement du câble transpacifique que ce coefficient est compris entre 0,50 et 0,75. Le coefficient est d'autant plus faible que l'appareil a lui-même une transmission plus incertaine. Les appareils faisant usage du courant de repos offrent à ce point de vue un notable avantage.

Il résulte de ces observations que l'on doit s'abstenir de juger un appareil sur son seul rendement en lettres. Un appareil A présentant un rendement en lettres plus considérable qu'un autre B peut cependant être en réalité très inférieur à cet appareil B, en raison de son rendement commercial.

Rendement personnel. — Le rendement personnel s'obtient en prenant le rapport du rendement en lettres au nombre des agents prenant part à la transmission.

On constate que ce rendement varie, en réalité, très peu avec les appareils utilisant les mêmes modes de réception : pour les appareils imprimeurs, il est sensiblement double de celui des appareils Morse.

Données numériques sur le rendement des appareils courants. — Sur les lignes de longueur moyenne, on peut admettre pour les principaux appareils usités par l'administration française les chiffres de rendement maximum qui suivent :

	Rendement maximum en signaux	Rendement maximum en lettres	Rendement commercial
Morse	420	120	80
Hughes.....	—	360	180
Baudot sextuple...	636	1080	900

C. — MOYEN D'ACCROITRE LE RENDEMENT DES LIGNES

Il résulte de l'étude précédente qu'un appareil ne peut fournir sur une ligne déterminée qu'un rendement maximum également déterminé, généralement inférieur au nombre total de signaux que la ligne elle-même serait théoriquement susceptible de transmettre. On s'est donc demandé s'il n'existerait pas des moyens d'utilisation meilleure de cette ligne. La solution du problème est d'autant plus importante que le

prix de la ligne est généralement élevé par rapport à celui de l'appareil.

Il existe deux méthodes générales permettant d'accroître le rendement des lignes en branchant sur elles un certain nombre d'appareils.

La première utilise pour des communications *non simultanées* tout ou partie d'une même ligne.

La seconde utilise la ligne pour des communications *simultanées*.

Examinons chacune de ces méthodes.

§ 1. — Utilisation du fil pour des communications non simultanées

Les solutions du problème se ramènent à trois types généraux :

- 1° Montage des postes en embrochage;
- 2° Montage des postes en dérivation;
- 3° Emploi d'appareils dits multiples à division de temps.

α. — Montage des postes en embrochage

Principe. — Soient A, B, C, D, etc..., un certain nombre de postes. Chacun de ces postes, A par exemple, ne travaille pas d'une manière continue avec les autres. Si donc les postes A, B, C, D, ... sont montés en série sur une même ligne, on conçoit que l'on pourra profiter du moment où A n'a aucune transmission à effectuer pour laisser B, C, D, ... écouler leurs télégrammes en se servant de la ligne commune.

Il suffira pour que le problème soit résolu :

- 1° Que tous les manipulateurs et récepteurs puissent être aisément insérés sur la ligne;
- 2° Qu'un poste quelconque puisse appeler un autre poste quelconque;

3° Enfin que, lorsqu'un poste communique avec un autre, tous les autres en soient informés pour ne pas troubler la communication en cours.

Montage théorique. — La première condition peut être réalisée très simplement à l'aide du montage suivant qui s'explique de lui-même (*fig. 274*).

Ce montage est, en outre, théoriquement suffisant si chaque

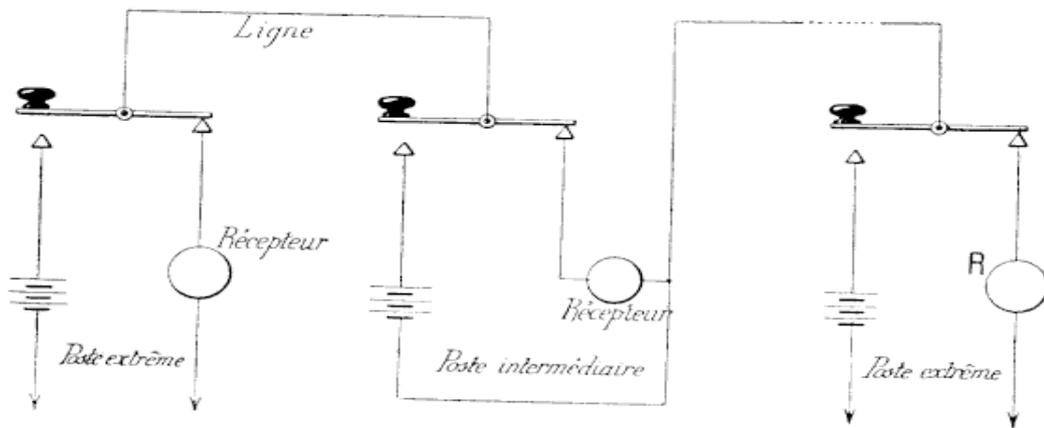


FIG. 274.

poste, au début de sa transmission, donne un indicatif d'appel permettant de reconnaître le poste désiré par lui. La seconde et la troisième conditions sont en effet remplies dans ce cas. Le poste demandé peut distinguer l'appel qui lui est adressé et, tant que dure la communication, aucun autre poste n'est tenté de troubler la communication puisque celle-ci fait fonctionner tous les récepteurs simultanément.

Montage à courant continu. — Une variété intéressante de ce montage type est connue sous le nom de *montage à courant continu* et permet de n'avoir qu'une seule pile desservant l'ensemble des postes. On remarquera, en effet, que, dans le montage type (*fig. 274*), tous les récepteurs sont *constamment* embrochés sur la ligne. Supposons donc que l'on installe normalement une pile sur la ligne. Tous ces récepteurs fonction-

neront *constamment*. Supposons, en outre, qu'un poste quelconque veuille transmettre et que son manipulateur ait pour seule fonction de couper ou de rétablir la continuité du circuit : au moment de commencer la transmission, on coupera d'abord le circuit. Tous les récepteurs cesseront de fonctionner. Puis, la manipulation commençant, à chaque abaissement du manipulateur le circuit se rétablira. La réception s'effectuera normalement dans tous les postes, comme précédemment. Toutefois, la transmission terminée, on devra soigneusement remettre le circuit en l'état du début.

En résumé, il suffit d'avoir en chaque poste deux commutateurs, l'un *m* pour passer de la position réception (continuité du circuit) à la position de transmission ou inversement, l'autre qui est un manipulateur à un seul contact. L'ensemble sera représenté comme il suit (*fig. 275*).

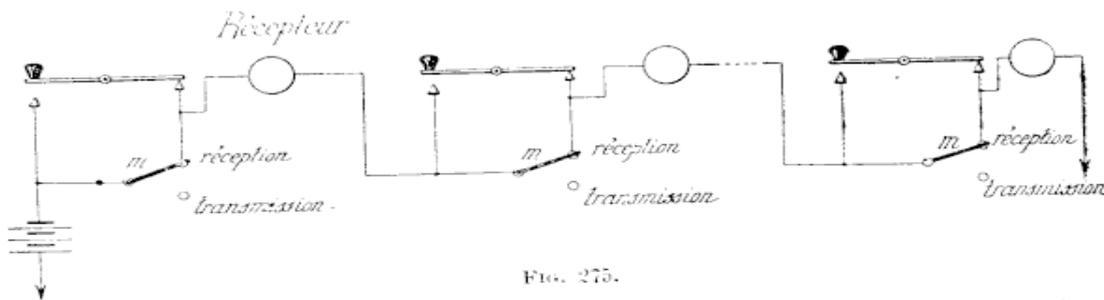


FIG. 275.

C'est le procédé américain. En France, on conserve le manipulateur ordinaire à deux contacts.

Le montage est, dans ce cas, représenté comme il suit (*fig. 276*).



FIG. 276.

Les commutateurs *m* sont placés sur transmission ou sur

réception; on retombe bien, dans les deux cas, sur le montage théorique de la figure 274.

Systemes d'appels. — Le montage général étudié plus haut a l'inconvénient de nécessiter la présence constante d'un employé près du récepteur, l'appel s'effectuant au son.

De plus, la transmission peut être suivie dans tous les postes puisque tous les récepteurs fonctionnent.

On peut éviter ces inconvénients à l'aide de dispositifs spéciaux d'appels. Leur complication est évidemment d'autant plus grande que le nombre de postes embrochés est lui-même plus élevé.

Nous examinerons deux cas suivant que le nombre des postes embrochés est égal ou supérieur à trois.

PREMIER CAS. — Trois postes embrochés

Il suffit d'embrocher en guise de récepteurs des électros polarisés, en général des rappels par inversion orientés en

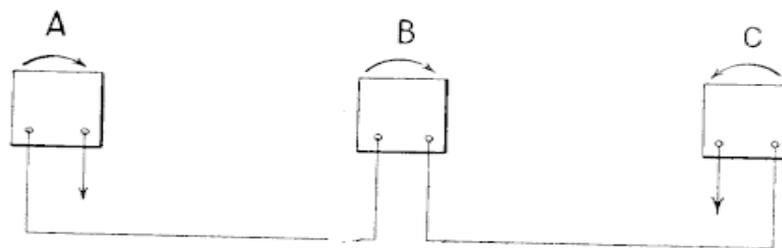


FIG. 277.

sens inverse par rapport à chacun des postes extrêmes (*fig. 277*).

On voit en effet, sur ce schéma, que le poste A appelle B ou C suivant qu'il utilise un courant d'appel positif ou négatif. Inversement, C appelle B ou A en utilisant un courant d'appel négatif ou positif. B peut enfin appeler A ou C en utilisant un courant d'appel négatif ou positif.

En pratique, il est d'usage, en France, d'installer en chacun des postes extrêmes A et C un commutateur *i* à deux directions

permettant de passer de la position d'appel à la position de transmission (fig. 278).

En outre, le poste intermédiaire au moment de transmettre au poste A, par exemple, coupe la ligne et branche son appareil sur le côté venant de A, tout en évitant que le côté B ne demeure isolé. Deux commutateurs à deux directions K et K' permettent cette opération. Le premier K sert à opérer la cou-

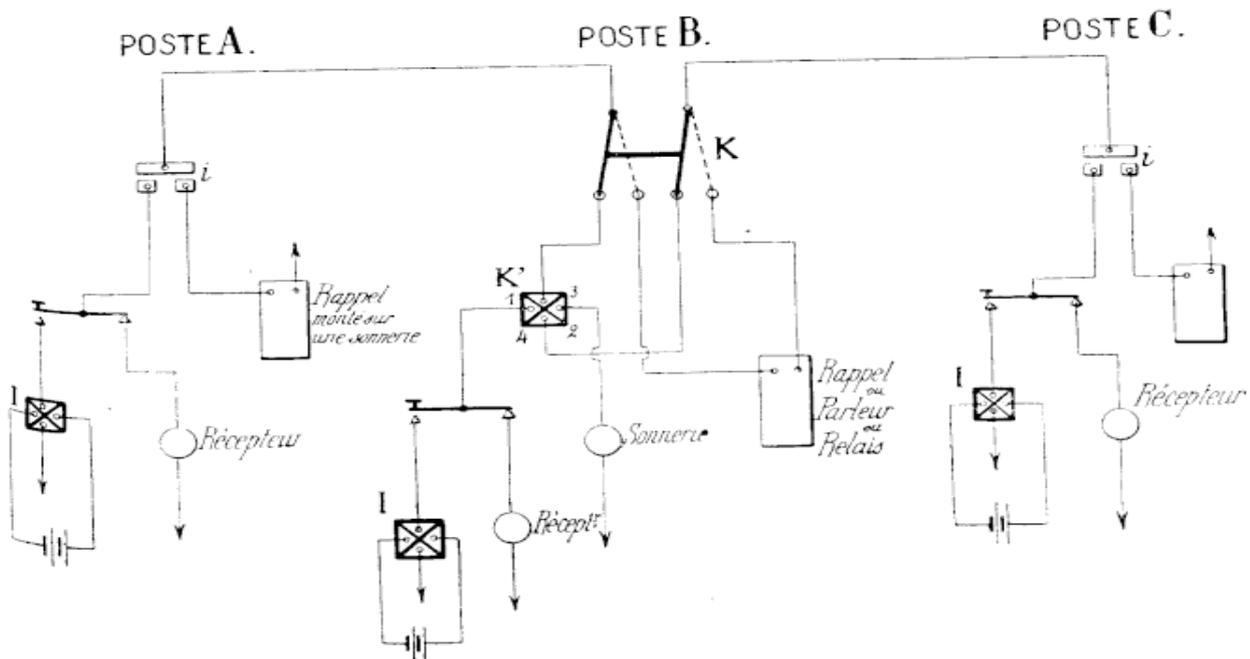


FIG. 278.

pure du fil; le second K' permet, en installant deux chevilles en 1 et 2 ou en 3 et 4, d'orienter l'un des tronçons sur l'appareil, l'autre sur une sonnerie ordinaire.

Chaque poste devant enfin appeler tantôt en positif, tantôt en négatif, est muni d'un commutateur inverseur I placé sur la pile.

Remarque. — 1° Lorsque le poste intermédiaire ne rentre que rarement sur le fil, il est d'usage fréquent d'installer, au lieu du rappel, soit un parleur, soit un relais.

La première de ces installations est désignée souvent sous le nom *d'installation avec parleur embroché* ;

2° On a supposé dans les schémas précédents que la ligne avait ses extrémités à la terre, ce qui est le cas général en télégraphie.

Le dispositif reste identique si la ligne est à double fil : on peut aussi profiter de la présence du double fil pour sim-

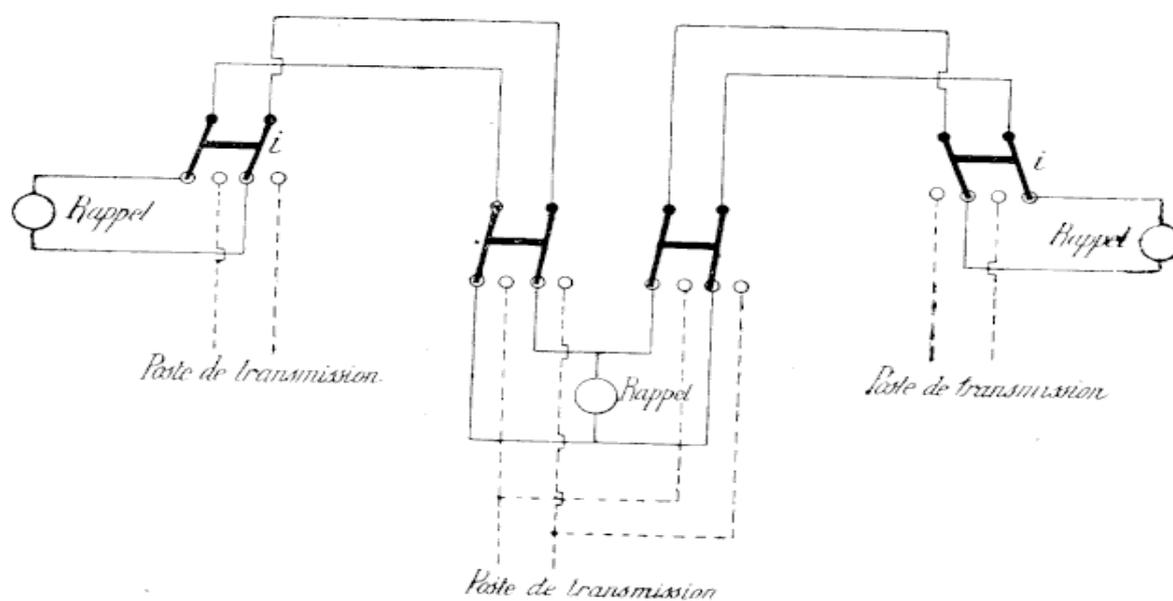


FIG. 279.

plifier légèrement le montage d'appel en établissant le rappel intermédiaire en dérivation.

Le montage est alors représenté par la figure 279. Il suffit de manœuvrer un seul des commutateurs au poste intermédiaire pour passer sur transmission.

3° On a, à dessein, figuré sur les croquis précédents des commutateurs de formes diverses. Il est inutile de rappeler que ces formes importent peu. En pratique, on emploiera les plus simples et celles qui exposent au minimum de confusion en cours de manœuvres. Nous verrons dans l'étude de l'organisation des bureaux que les commutateurs usités en

téléphonie résolvent à ce point de vue la question. C'est donc à eux qu'il conviendra de donner la préférence.

DEUXIÈME CAS. — Plusieurs postes embrochés

Un grand nombre de systèmes de rappels ont été imaginés pour résoudre le problème. Ils reposent sans exception sur le principe suivant.

Tous les organes d'appels sont des commutateurs pouvant être actionnés à distance et se déplaçant simultanément d'une division pour chaque émission de courant. Pour une position donnée de ces commutateurs, un poste, et un seul, est mis sur sonnerie. Cette sonnerie est alors actionnée par un courant n'agissant pas sur les organes d'appel.

Le mode de différenciation des courants servant à l'appel et à la sonnerie s'obtient de deux façons différentes.

Dans la première on règle les organes d'appel et la sonnerie de telle sorte que les uns soient actionnés par un courant d'intensité i , et l'autre par un courant d'intensité l (systèmes Chevron, Selector, etc...).

Dans le second, on emploie des organes d'appel et des sonneries polarisés, les uns répondant à un courant d'un sens, les autres à un courant de sens inverse (rappels Claude, Bréguet).

Ces solutions sont d'inégale valeur : leur utilisation est limitée à des cas trop spéciaux pour qu'il y ait lieu de les analyser ici.

β. — Montage des postes en dérivation

Principe. — Soient A, B et C, trois postes. Une portion commune du fil peut être utilisée pour les communications de A avec B et de A avec C en recourant au montage en dérivation.

Les conditions du problème sont les suivantes (*fig. 280*) :

A doit pouvoir communiquer avec B sans déranger C et avec C sans déranger B.

L'un des postes B ou C doit pouvoir appeler A sans déranger C ou B.

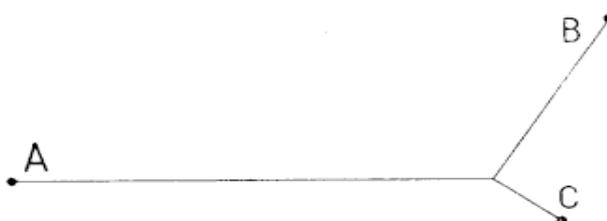


FIG. 280.

Enfin, quand une communication est établie entre A et B ou C, le poste qui ne communique pas avec A doit pouvoir vérifier sans peine que la communication a lieu et ne pas troubler celle-ci.

Le montage représenté par la figure 281 réalise bien ces conditions.

Chacun des postes B et C comporte un commutateur à deux positions — position de réception mettant la ligne en communication avec un organe d'appel polarisé (rappel par inversion ou sonnerie polarisée) — position de transmission mettant la ligne en communication avec l'ensemble des appareils (manipulateur et récepteur).

Le poste A peut, à l'aide d'un commutateur inverseur, travailler soit en positif, soit en négatif.

Si les deux postes B et C sont sur réception et si les organes d'appel polarisés sont orientés en sens inverse, tout appel en positif émanant de A sera reçu, par exemple, en B seulement, tout appel en négatif en C.

Supposons que B soit appelé : il met son commutateur sur réception et, A ne changeant pas l'orientation de sa pile, il continue seul à recevoir ; au cas où C voudrait communiquer, il se mettrait lui-même sur position de transmission et serait

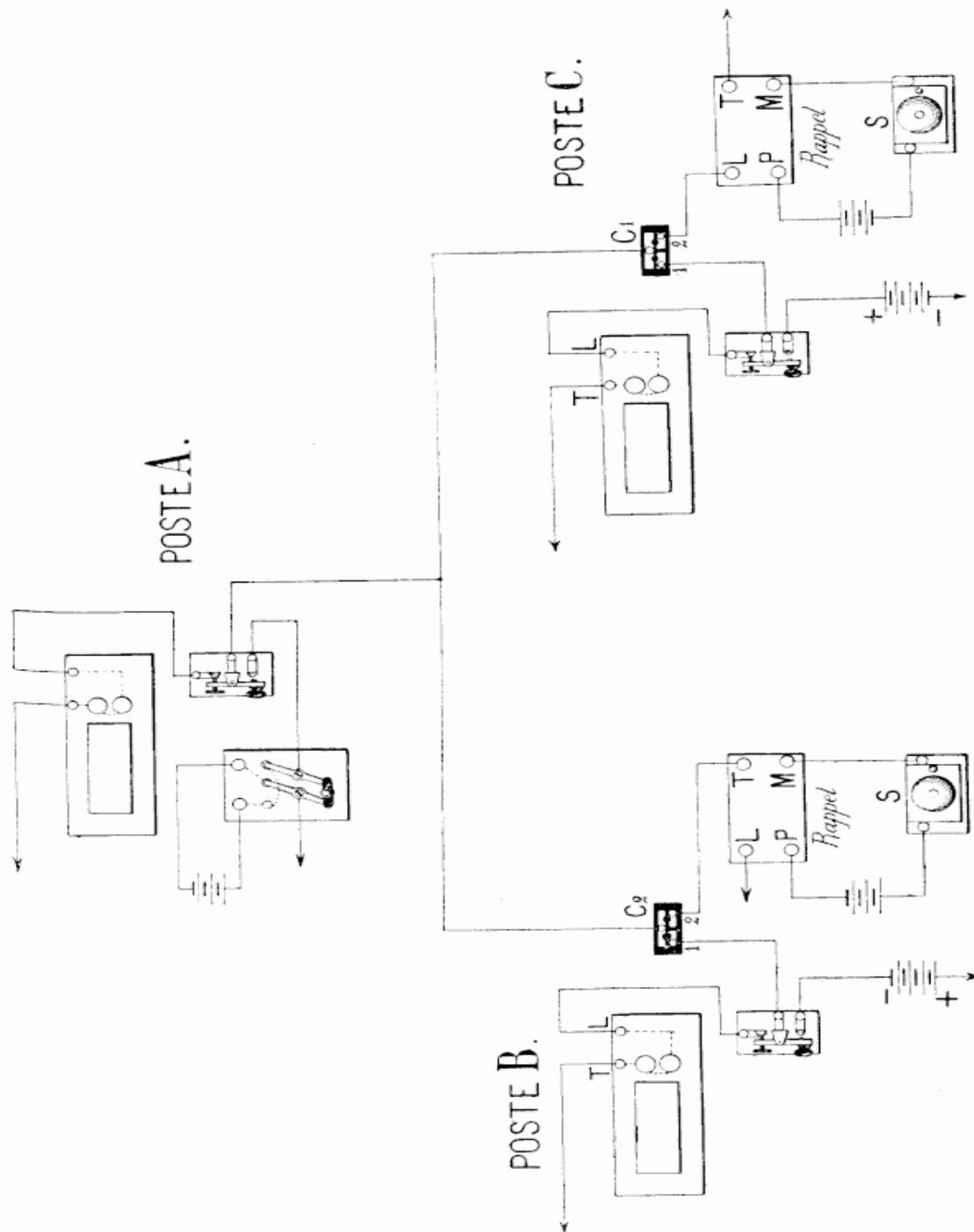


Fig. 381.

averti par le fonctionnement de son receptrer qu'une communication est en cours.

De même on voit qu'il suffit d'orienter en sens inverse les piles dans B et C pour qu'un appel de B ne dérrange pas C et inversement.

Remarques sur les deux méthodes précédentes. —

1° Quelle que soit la méthode, embrochage ou dérivation, un poste au moins est exposé à travailler avec deux autres postes et, par suite, sur des longueurs de ligne différentes. Or un récepteur une fois réglé ne fonctionne qu'avec une intensité déterminée. On est donc amené soit à modifier le réglage en cours de service, ce qui est inadmissible, soit à modifier la pile de transmission, soit enfin à unifier la résistance des lignes.

Dans la pratique, c'est généralement la résistance des lignes que l'on unifie. En particulier, dans le cas du montage en dérivation, on donne aux deux branches dérivées la même résistance en intercalant sur l'une d'elles une bobine convenable.

2° La résistance de la ligne dans les dispositifs d'embrochage est très notablement augmentée par l'insertion des récepteurs dans le circuit. De même dans le dispositif en dérivation, le courant du poste A se partageant entre les deux branches égales, son intensité au départ doit être double de l'intensité normale.

Il en résulte que, dans un cas comme dans l'autre, la pile doit avoir une force électromotrice beaucoup plus élevée que dans le cas d'une installation ordinaire.

3° Les deux solutions générales qui viennent d'être exposées présentent en réalité beaucoup plus d'inconvénients que d'avantages. Elles permettent d'accroître le trafic, mais à deux conditions seulement :

1° Une communication ne peut passer que si aucune autre n'est en cours.

2° Le trafic des postes doit être individuellement très faible.

La première de ces conditions entraîne une sujétion et des

retards nuisibles à l'exécution du service; on ne saurait oublier, en effet, que le message télégraphique ne doit pas subir de retards.

La seconde fait que le dispositif n'est applicable, en fait, qu'aux seuls postes desservant des localités peu importantes et rapprochées.

Remarquons que, dans ce cas, l'économie réalisée sur le fil est minime. La longueur totale des communications est en effet

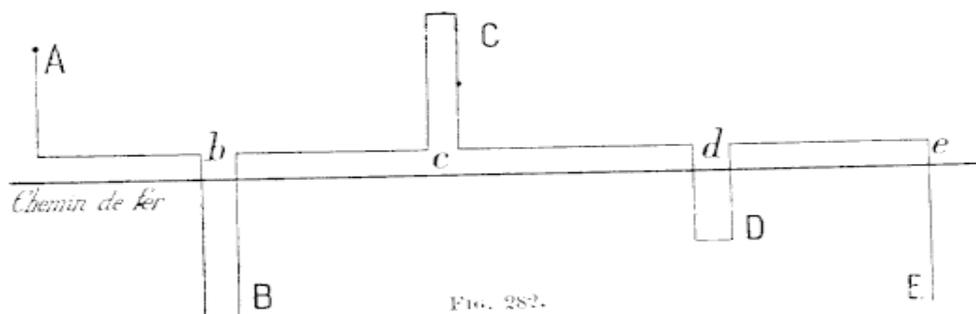


FIG. 282.

assez courte en valeur absolue. D'autre part, les localités n'étant pas nécessairement sur la ligne elle-même, il peut en résulter des doubléments de fils supplémentaires. Supposons par exemple qu'on ait à relier en embrochage cinq postes A, B, C... situés (fig. 282) de part et d'autre d'une ligne de chemin de fer : on devra nécessairement doubler le fil de B en *b*, de C en *c* et de D en *d*.

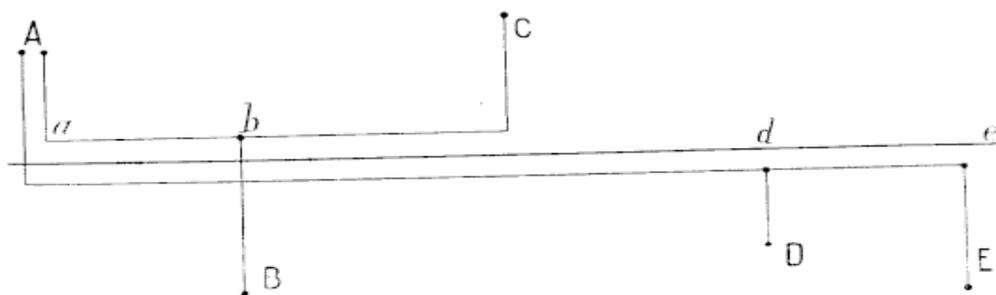


FIG. 283.

Le dispositif en dérivation suppose de même qu'on pose autant d'artères qu'il y a de fois deux postes, soit un doublément sur la section *Ac*, si A est le poste principal (fig. 283).

Par contre l'accroissement de prix du matériel d'utilisation est élevé et souvent comparable à l'économie réalisée sur l'établissement de la ligne.

Enfin, du fait que ce matériel d'utilisation est plus complexe, l'entretien est lui-même plus difficile et plus coûteux.

On ne saurait donc recommander au point de vue de l'exploitation ni l'une ni l'autre de ces méthodes.

γ. — Emploi des appareils multiples à division du temps

La troisième solution — appareils multiples à division du temps — échappe à ces critiques. Elle permet d'augmenter le trafic d'un fil soit entre les deux postes extrêmes desservis par ce fil, soit entre ces postes extrêmes et des postes intermédiaires, et cela sans troubler aucunement l'indépendance des communications.

Principe. — Soient deux organes tournant synchroniquement dans les deux postes auxquels aboutit la ligne et en rela-

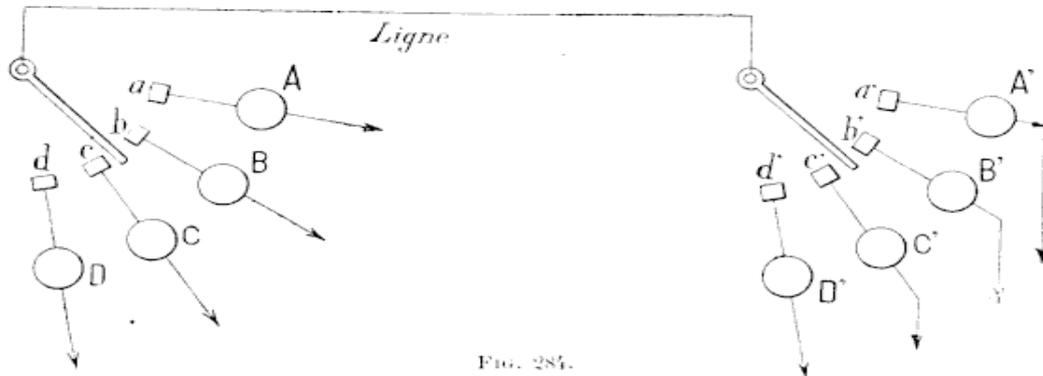


FIG. 284.

tion constante avec la ligne. Soient $a, a', b, b',$ etc., les plots correspondants placés sur les cercles fixes au-dessus desquels tournent les organes synchrones (*fig. 284*).

Soient enfin A et A', un groupe d'appareils (transmetteur et récepteur) relié aux plots a et a' , B et B', un autre groupe semblablement lié à b et b' , etc.

On voit que le mouvement des organes synchrones a pour résultat de mettre la ligne sur le groupe A et A', au moment où les bras passent sur a et a' , puis sur le groupe BB', au moment où les bras passent sur b et b' , etc...

En d'autres termes, les bras tournants distribuent la ligne successivement aux divers groupements d'appareils, et cela, une ou plusieurs fois par tour, suivant que un ou plusieurs plots sont reliés à un même groupement.

On a donc là, a priori, un moyen de faire fonctionner non pas *simultanément*, mais *successivement* divers appareils sur une même ligne et ce moyen accroît certainement le rendement. Le temps nécessaire à la transmission électrique d'un signal est en effet extrêmement faible et *toujours inférieur* à la durée de préparation mécanique du même signal.

Si donc t est la durée de cette transmission électrique, soit $T = nt$ la durée de fabrication mécanique du signal, il reste toujours un temps $(n - 1)t$ durant lequel la ligne est libre électriquement et peut servir à transmettre $(n - 1)$ signaux préparés par d'autres opérateurs et reçus dans $(n - 1)$ récepteurs distincts du premier.

Il existe deux moyens d'utiliser pratiquement cette propriété des organes synchrones. Ils diffèrent uniquement par le mode choisi pour la répartition des plots sur les cercles fixes et leur liaison avec les groupements A et A', B et B', etc.

1° Méthode intercalaire

Supposons que l'on veuille desservir trois groupements distincts avec le même fil. On peut en premier lieu relier successivement les plots aux groupements de la manière suivante :

Plot	Groupement
1	A
2	B
3	C
4	A
5	B
6	C
.	.
.	.

Dans un tel système, deux plots consécutifs reliés au même groupement sont toujours séparés par autant de plots qu'il y a d'autres groupements — deux dans le cas présent.

Les récepteurs des groupements A, B et C ont une constante de temps dépendant de leur construction et des données de la ligne. Cela revient à dire qu'il s'écoule nécessairement un temps x entre le moment, par exemple, où l'émission commence et celui où le récepteur fonctionne.

Choisissons la vitesse des organes synchrones et la dimension des plots de telle sorte que le temps ε nécessaire pour faire passer le bras du plot 1 au plot 4 soit inférieur à x ; l'effet produit par l'enlèvement de la ligne pendant le passage d'un bras sur les plots 2 et 3 ne pourra se traduire mécaniquement dans le récepteur A, et tout se passera comme si le groupement A était resté constamment en relation avec la ligne (Delany).

C'est un phénomène entièrement analogue à la persistance des impressions lumineuses ou sonores.

Remarque. — La vitesse du bras dans les organes synchrones étant limitée par des conditions mécaniques, on voit que c'est, en réalité, la durée x ou, ce qui revient au même, la constante de temps des électros récepteurs qui détermine le nombre de plots pouvant être intercalés entre les deux plots reliés au groupement A et, par suite, le nombre de groupements desservis.

Il est d'usage d'accroître cette constante en utilisant des récepteurs à très forte self-induction.

Sous cette réserve, on peut affecter aux groupements n'importe quels transmetteur et récepteur; les appareils du groupement A sont entièrement indépendants de ceux du groupement B; ils peuvent en différer sans inconvénient. C'est ainsi qu'on a proposé d'utiliser des récepteurs téléphoniques et de réaliser par cette méthode la téléphonie multiple.

En pratique, on peut aisément monter soit 4, soit 6 groupements.

Dans le cas de six groupements, chaque cercle fixe porte 162 plots, la vitesse du bras est de 3 tours à la seconde. Un secteur est parcouru dans ces conditions en 0,002 seconde.

2° Méthode successive

Supposons que les appareils utilisés dans les groupements soient des appareils à formation de signal comportant des valeurs de e constantes et de t caractéristiques et que, de plus, on ait convenu de ne faire qu'un signal par tour.

On a vu que dans ce cas le nombre des plots nécessaires à la transmission du signal pouvait être réparti sur un arc de cercle très faible, AA' (fig. 285). Pendant que le bras achève de parcourir le cercle fixe, la ligne est inoccupée. Rien n'empêche

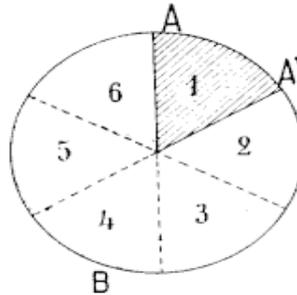


FIG. 285.

donc de diviser le reste du cercle en un certain nombre de secteurs égaux au premier et de relier chacun de ces secteurs à un groupement spécial. On a, par exemple, dans ces conditions, six appareils branchés successivement sur le fil pendant le temps nécessaire à la transmission électrique de leur signal, par suite la possibilité de transmettre six signaux au lieu d'un seul. La plupart des appareils télégraphiques dits *multiples* (Meyer, Rowland, Baudot) reposent sur ce principe.

A l'inverse du système intercalaire, le système successif exige que chaque manipulant ne fasse qu'un signal par tour et suive, par suite, une cadence. En second lieu, dans ce système, le mouvement du bras distributeur étant lié intimement au manipulateur du groupement, on est amené à n'utiliser sur un même distributeur que des groupements similaires.

Échelonnement. — Supposons qu'on fasse usage d'appareil à divisions successives mais qu'au lieu de deux distributeurs on en ait quatre marchant toujours synchroniquement, un au poste A, deux au poste B, le quatrième dans un poste C; supposons, en outre, que ces distributeurs soient par exemple susceptibles d'établir une communication quadruple.

Si aucune liaison n'est établie entre les distributeurs de B, on aura, en fait, quatre communications établies entre A et B, et quatre entre B et C.

Si, au contraire, on relie entre eux dans le poste B (*fig. 286*) tous les plots des secteurs 1, les lignes 1 et 2 seront mises en direct en B pendant que les bras passeront sur les secteurs 1

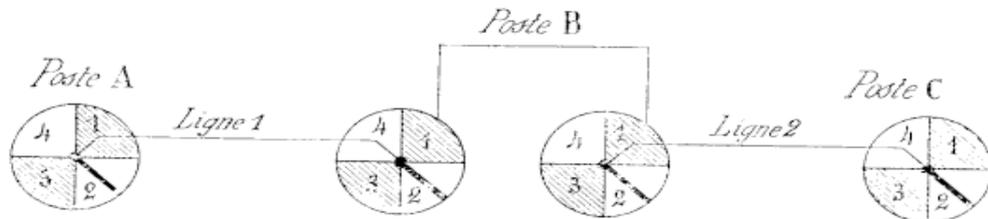


FIG. 286.

et l'on aura sur le secteur 1 une communication de A en C, sur 2, 3 et 4, des communications de A en B, et de B en C.

On voit qu'en reliant convenablement au poste B des secteurs correspondants, le même fil peut servir simultanément à des transmissions entre les postes extrêmes et entre les postes deux à deux.

L'installation est dite, dans ce cas, *avec postes échelonnés*.

Remarques. — 1° L'établissement du synchronisme présente évidemment de plus grandes difficultés dans le cas de quatre distributeurs que dans le cas de deux. Il est toutefois assez aisé.

En B on peut, en effet, monter sur le même mouvement les deux distributeurs du poste. Il suffit ensuite de faire envoyer la correction électriquement par ce poste dans les distributeurs de A et de C.

2° Le montage avec postes échelonnés est applicable théori-

quement à tous les appareils multiples, qu'ils soient montés suivant le système intercalaire ou le système successif. Dans le premier cas, toutefois, la variation de la ligne a pour effet de modifier la valeur du temps x . On doit donc régler la vitesse des distributeurs sur la constante de temps correspondant à la longueur de ligne la plus courte.

§ 2. — Utilisation du fil pour des communications simultanées

On peut diviser en deux groupes les solutions permettant de transmettre des communications simultanées sur une ligne. Dans le premier, il est fait usage de courants de même nature pour chacune des transmissions; dans le second, au contraire, on utilise pour chacune des transmissions des courants de nature différente.

Les solutions du premier groupe reposant sur des combinaisons de circuit sont peu nombreuses et peu variées. Elles permettent au plus l'échange simultané de quatre communications.

Les solutions du second groupe, reposant sur ce fait qu'un récepteur ne sera jamais actionné que par des courants appropriés, sont véritablement des solutions générales et permettent théoriquement de supposer un nombre indéfini de communications simultanées.

On désigne sous le nom de montage en *duplex* les combinaisons permettant l'envoi simultané de deux dépêches en sens contraire; sous le nom de montage en *diplex* celles permettant l'envoi simultané de deux dépêches dans le même sens; sous le nom de montages *quadriplex*, celles permettant l'envoi de quatre communications simultanées, deux dans un sens et deux dans l'autre; au-delà de ce nombre, la communication est dite enfin *multiplex*.

2. — Emploi de courants de même nature

Les solutions utilisant l'emploi de courants de même nature sont basées, on vient de le dire, sur des combinaisons de circuit. Elles permettent de réaliser des montages en duplex et en diplex.

Principe du duplex. — Dans un montage en duplex, chacun des postes correspondants A et B, pouvant transmettre en même temps qu'il reçoit, doit avoir simultanément sur la ligne un manipulateur et un récepteur.

Il résulte de cette condition :

1° Que la manipulation du poste ne doit à aucun moment interrompre le circuit de ligne, car sans cela la transmission du poste correspondant pourrait être troublée ;

2° Que les récepteurs doivent être montés de telle sorte que la manœuvre du manipulateur du poste correspondant les actionne seule et qu'inversement la manœuvre du manipulateur du poste qu'ils desservent ne les actionne pas.

Un montage en duplex suppose donc, en général, une modification du manipulateur et du récepteur.

Montage du manipulateur pour duplex. — Les seuls transmetteurs ne produisant pas par leur manœuvre une interruption du circuit sont les transmetteurs téléphoniques. Dans une transmission en duplex, tous les manipulateurs, sauf ceux-là, doivent donc être modifiés.

La modification, due à Stearns, est la suivante (*fig. 287*).

La ligne aboutit à un ressort r porté par un bloc isolant et monté sur le massif du manipulateur.

A l'état normal, ce ressort r presse contre une extrémité recourbée r du massif et établit la communication entre la ligne et la terre reliée au massif.

L'un des pôles de la pile aboutit à une butée fixe r , l'autre pôle est à la terre.

Il résulte de cette disposition que la manipulation comporte en réalité deux temps. Le premier correspond à la rencontre de

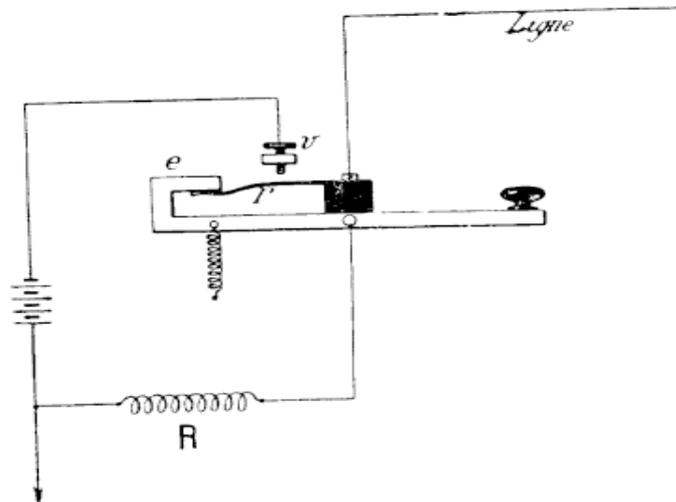


FIG. 287.

la vis-butoir *v* avec le ressort *r* avant que ce ressort n'ait été détaché du bec du massif. Pendant ce premier temps très

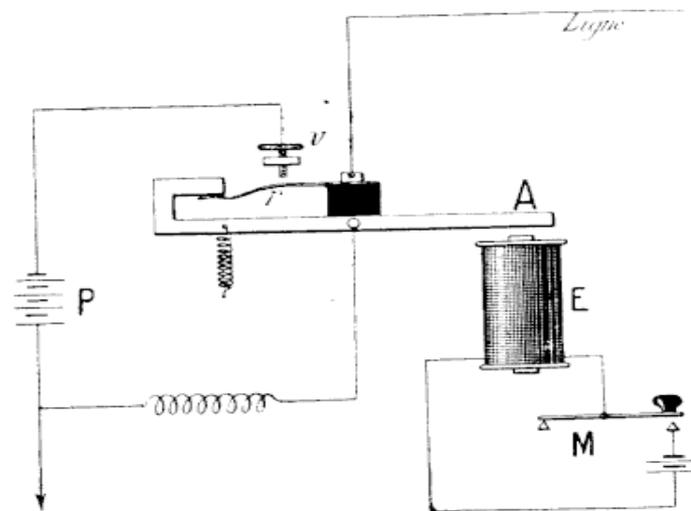


FIG. 288.

court, la ligne est mise à la terre à la fois par le massif et à travers la pile. Une résistance est d'ailleurs établie en R pour éviter que la pile ne soit à ce moment en court-circuit. Le

second temps correspond au moment où la vis-butoir, pressant le ressort, a détaché celui-ci du massif. C'est l'émission proprement dite.

Il résulte bien d'ailleurs de ce dispositif qu'à aucun moment la ligne n'a été interrompue.

Remarque. — Fréquemment on commande la manœuvre de ce manipulateur par l'intermédiaire d'un relais local E. Le montage est alors représenté par la figure 288 ci-dessus.

Montage du récepteur pour duplex. — Il existe un grand nombre de montages du récepteur permettant de satisfaire aux conditions de la transmission duplex (Vianisi, Mance, Edison, etc.). Nous ne citerons que les deux seuls réellement entrés dans la pratique : le montage en différentiel et celui par la méthode du pont.

Montage en différentiel. — On désigne sous le nom de récepteur différentiel un récepteur à électro-aimant portant deux enroulements égaux et de sens inverse A et B (*fig.* 289). Un courant arrivant par le bout commun *o* se bifurque dans

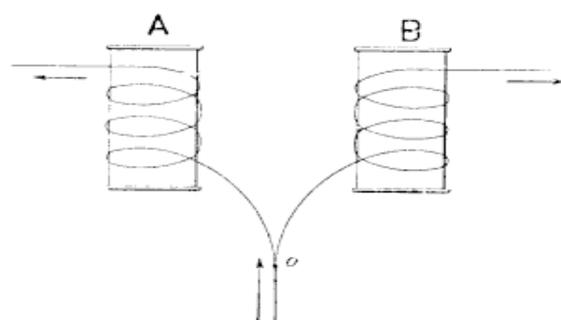


FIG. 289.

un tel récepteur en deux dérivations qui tendent à provoquer des aimantations de sens contraires. L'action exercée sur l'armature est alors due à la différence des actions des courants traversant chacun des enroulements : en particulier, si ces

courants sont égaux, cette différence est nulle et l'armature ne fonctionne pas.

Supposons (*fig. 290*) que l'on installe en chacun des postes un récepteur de cette sorte, la ligne étant reliée à l'un des enroulements A, l'autre enroulement B étant relié à la terre à travers une résistance R choisie de telle sorte que les courants

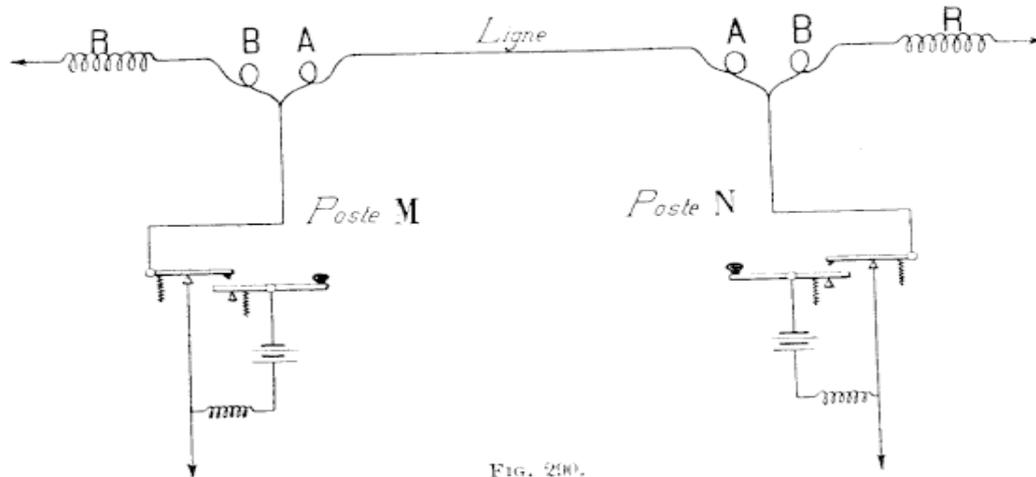


FIG. 290.

traversant au départ ces enroulements soient égaux ; il est aisé de constater que le récepteur ne fonctionnera jamais que sous l'action du manipulateur du poste correspondant.

Soit, en effet, a l'intensité du courant du poste M ; ce courant se divise dans le récepteur M entre les branches d'égale résistance qui lui sont offertes : chacun des enroulements A et B est donc parcouru de ce fait par un courant d'intensité $\frac{a}{2}$.

Si le poste N ne transmet pas, l'armature du récepteur M est actionnée par un courant d'intensité $\frac{a}{2} - \frac{a}{2}$ et ne fonctionne pas.

Supposons, au contraire, que N transmette au même instant et envoie un courant d'intensité $\frac{b}{2}$ sur la ligne.

La bobine A est parcourue par un courant $\frac{a+b}{2}$, la bobine

B par un courant $\frac{a}{2}$. L'armature fonctionne sous l'action d'un courant :

$$\frac{a+b}{2} - \frac{a}{2} = \frac{b}{2}$$

c'est-à-dire comme si le poste N transmettait seul.

Enfin, supposons que N transmette alors que M est au repos. La bobine A est seule parcourue par un courant d'intensité $\frac{b}{2}$ et l'armature fonctionne encore sous l'action de ce courant.

Remarque. — 1° L'exposé précédent a supposé que l'on faisait

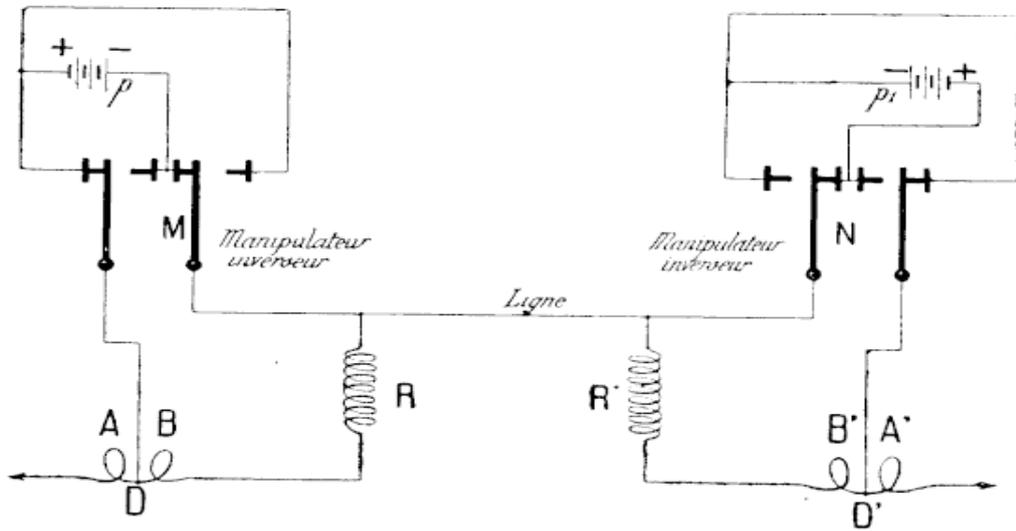


FIG. 291.

usage pour la transmission d'un seul sens du courant. Un montage légèrement différent permet d'atteindre au même résultat lorsque l'on fait usage des deux sens.

Ce montage est le suivant (*fig. 291*) :

M est un manipulateur inverseur convenable, R une résistance égale comme précédemment à celle de la ligne, D le récepteur différentiel. En outre, au repos, les piles sont orientées en sens inverse dans chaque poste correspondant.

On va constater encore que le récepteur D ne fonctionne

jamais que sous l'action du courant venu du poste N correspondant.

En effet, supposons d'abord qu'aucun des deux postes ne transmet et soit I le courant dû à la pile p qui traverse l'enroulement B. L'enroulement A sera traversé par un courant $2I$, puisque les deux piles p et p_1 sont montées en série sur la ligne. L'armature sera confirmée dans sa position de repos comme si l'électro-aimant A était parcouru par un courant I seulement.

Supposons que M transmette seul. En cours de manipulation il inverse sa pile : les deux piles sont cette fois en opposition aux extrémités de la ligne ; A n'est parcouru par aucun courant ; B seul est parcouru par un courant I de sens inverse : l'armature est encore maintenue dans sa position de repos.

Si N transmet, on constate au contraire que B seul est parcouru par un courant I : l'armature fonctionne.

Même résultat enfin si les deux manipulateurs fonctionnent simultanément ; tout se passe en effet comme dans le cas où les deux manipulateurs sont au repos ; seuls les sens des courants à travers A et B sont inversés. L'armature doit donc être projetée sur sa butée de travail.

2° Le plus souvent les récepteurs sont munis de commutateurs permettant de passer commodément du montage duplex au montage ordinaire ou inversement.

C'est le cas des installations Wheatstone où le groupement particulier des bobines du récepteur permet ce passage par une simple modification des attaches.

3° Il va de soi que la méthode n'est applicable que s'il est fait usage de courants continus : c'est l'inconvénient de ces solutions d'espèce.

Ligne factice. — Le fonctionnement du récepteur différentiel suppose essentiellement que le courant traversant la branche de compensation où figure la résistance R, est toujours égal à celui qui parcourt la ligne. Ceci doit avoir lieu aussi bien durant la période variable que lorsque le régime

est établi. Il en résulte que la branche de compensation ne doit pas avoir seulement la même résistance que la ligne, mais aussi la même capacité et la même self-induction. Elle ne saurait être une simple résistance ohmique.

La self-induction des lignes étant en pratique négligeable, on constitue R à l'aide d'une série de résistances ohmiques r et de capacités C (fig. 292).

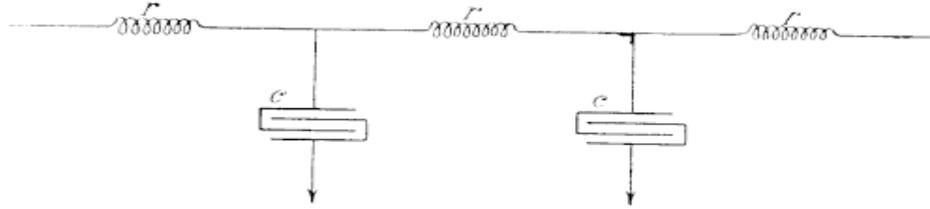


FIG. 292.

L'ensemble forme ce que l'on nomme une *ligne artificielle*. Les éléments en sont déterminés par tâtonnements une fois pour toutes.

L'état d'une ligne ordinaire étant variable suivant la température, etc., il en résulte que le réglage de la ligne artificielle est lui-même variable et il n'est pas rare que celui-ci soit modifié en cours de service.

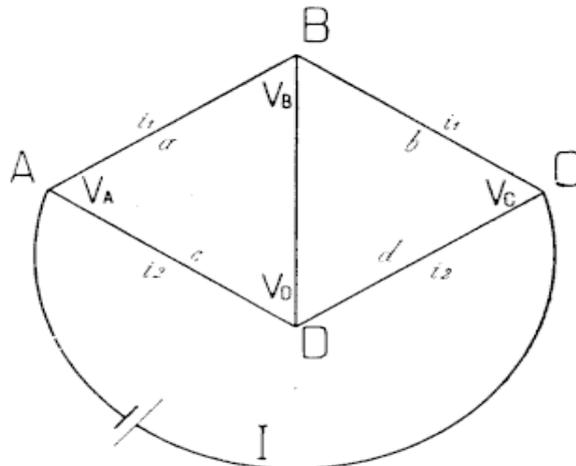


FIG. 293.

pour qu'aucun courant ne passe dans la branche BD ou, ce qui revient au même, pour que le potentiel en B (V_B) soit toujours égal au potentiel en D (V_D).

Méthode du Pont de Wheatstone. — Principe. — Soit un circuit constitué comme ci-contre (fig. 293).

L'ensemble ainsi formé est connu sous le nom de pont de Wheatstone. Cherchons la condition

Soient :

a, b, c, d , les résistances des branches AB, BC, CD, DA;

i_1 , l'intensité du courant en AB et BC (ces intensités étant égales puisque l'on suppose qu'aucun courant ne passe suivant BD);

i_2 , l'intensité du courant en AD et DC.

On a les relations :

$$\frac{V_B - V_A}{a} = \frac{V_C - V_B}{b} = i_1,$$

$$\frac{V_D - V_A}{c} = \frac{V_C - V_D}{d} = i_2,$$

d'où l'on tire :

$$\frac{V_B - V_A}{V_C - V_B} = \frac{a}{b},$$

$$\frac{V_D - V_A}{V_C - V_D} = \frac{c}{d}.$$

Aucun courant ne passant en BD, V_B est égal à V_D , et l'on a :

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d}, \quad (1)$$

ou encore :

$$ad = bc.$$

Telle est la condition cherchée. Remarquons que cette condition est indépendante de la valeur de la force électromotrice de la pile : en d'autres termes, quelle que soit la valeur de l'intensité dans la branche AIC et ses variations, aucun courant ne passera en BD si les résistances des branches satisfont à la relation (1).

En particulier, si l'on insère un manipulateur sur la branche AIC et un récepteur sur la branche BD, celui-ci ne sera pas influencé par la transmission du manipulateur.

C'est précisément la solution du problème posé dans les montages en duplex.

Cas particuliers de montages du pont de Wheatstone.

— Parmi les nombreuses dispositions du pont de Wheatstone, il y en a deux sur lesquelles il convient d'attirer l'attention.

La première correspond au cas où le sommet C est mis à la terre ; le schéma devient dans ce cas celui de la figure 294.

Il montre que, si BC représente l'ensemble de la ligne et des

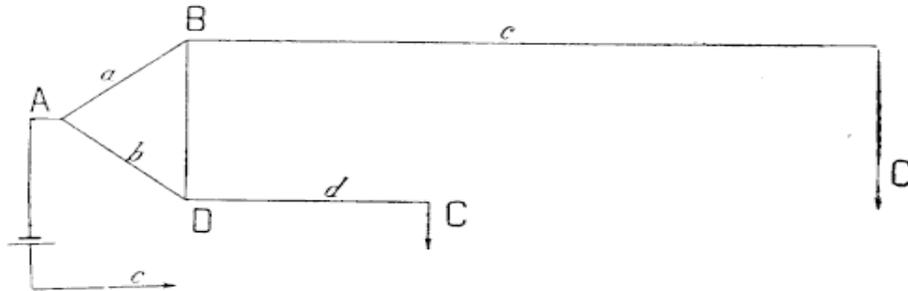


FIG. 294.

appareils du poste correspondant, il suffira de placer au départ, en Ac, le manipulateur, en BD le récepteur et en AB, BC, DC des résistances telles que :

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$$

pour que l'on ait indépendance complète entre le manipulateur et le récepteur du même poste. C'est précisément le montage duplex dans le cas d'une ligne ordinaire avec retour par la terre (fig. 295).

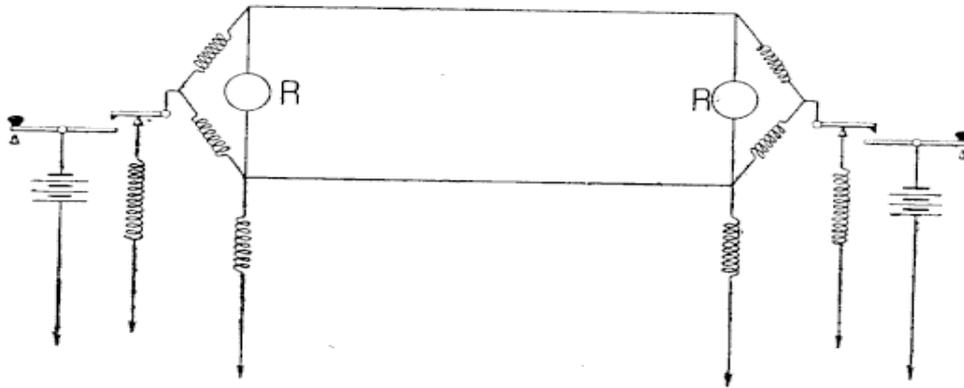


FIG. 295.

La seconde disposition intéressante correspond au cas où les deux branches AB et AD ont des résistances égales $a = c$. Il

en résulte immédiatement dans la relation (1) que $b = d$ (fig. 296).

La figure montre que, si BC et DC représentent les deux conducteurs d'un circuit, conducteurs supposés de résistance

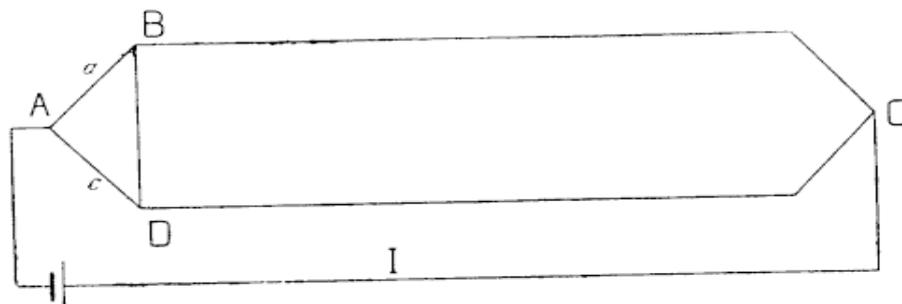


FIG. 296.

égale, il suffit de placer en AB et AD des résistances égales pour que les potentiels en B et D soient toujours identiques, quelles que soient les variations du courant en AIC.

On a dès lors le principe d'un nouveau montage en duplex visant le cas d'une ligne à double fil.

Il est représenté en détail par la figure 297, où T_1, T_2 repré-

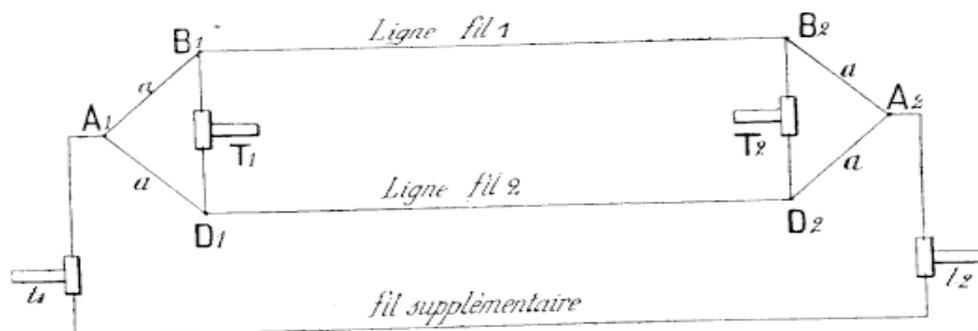


FIG. 297.

sentent deux postes téléphoniques correspondant entre eux, t_1, t_2 deux autres postes téléphoniques correspondant également entre eux.

On voit en effet que les transmissions de t_1 et t_2 auront toujours pour résultat de maintenir égaux les potentiels en

B_1 et D_1 d'une part, B_2 et D_2 d'autre part ; T_1 et T_2 ne seront donc pas troublés par t_1 et t_2 .

Réciproquement les transmissions de T_1 et T_2 ne troubleront pas celles de t_1 et t_2 , puisque ces appareils sont mis en court-circuit par les branches $D_1A_1B_1$ et $D_2A_2B_2$. La réception dans T_1 et T_2 sera seulement affaiblie, et cela d'autant moins que les résistances a seront plus élevées.

On a réalisé ainsi un dispositif non seulement duplex, mais duplex applicable aux circuits téléphoniques.

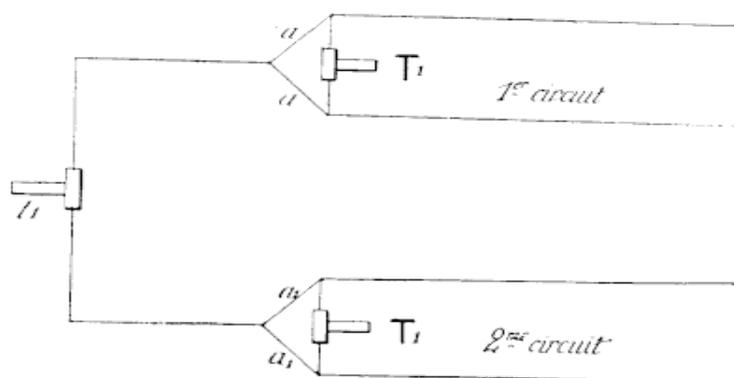


FIG. 298.

Remarques sur les dispositifs précédents. — 1° Le dispositif précédent (*fig. 297*) suppose un troisième fil. En pratique, il est d'usage de se servir, pour ce troisième fil, d'un deuxième circuit téléphonique bouclé en tension et monté d'après le même dispositif. L'ensemble est alors celui représenté par la figure 298.

On a ainsi trois postes fonctionnant sur deux circuits.

2° Les résistances aa , a_1a_1 sont, en réalité, constituées par un électro-aimant différentiel à circuit de faible résistance et à forte self-induction ; on sait en effet que la self-induction est le meilleur obstacle présenté aux courants alternatifs.

Soient A et B les deux enroulements de cet électro (*fig. 299*). On voit que les courants venant de t_1 parcourent ces enroulements en sens inverse. L'effet de la self-induction sur ces courants sera donc nul. Les courants venant de T_1 parcourant au

contraire ces enroulements dans le même sens, l'effet de la self-induction sur ces courants sera maximum (bobine différentielle à forte self-induction, système Cailho).

3° Comme dans le cas des méthodes différentielles, chaque fois que l'on doit établir un équilibre entre une branche du pont et une ligne aérienne, il est nécessaire d'introduire dans la branche de compensation DC une ligne artificielle représentant aussi exactement que possible la ligne réelle.

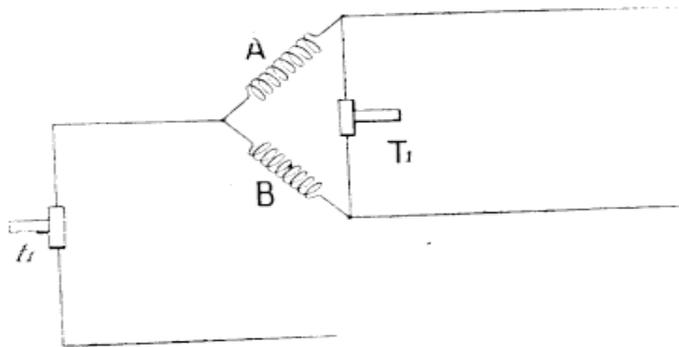


FIG. 299.

Cette condition s'impose en particulier lorsque la ligne réelle présente une capacité considérable, ce qui est le cas des câbles sous-marins. Parmi les dispositifs qui ont permis de fabriquer des lignes artificielles comparables aux câbles, il convient de signaler ceux dus à Muirhead. Le principe en est le suivant.

On forme un condensateur en fixant sur la face d'un papier paraffiné, d'une part une feuille d'étain, d'autre part des lames d'étain découpées en ruban étroit et raccordées bout à bout. L'ensemble de ces rubans constitue la résistance ohmique représentative de la ligne. Une de leurs extrémités est reliée à la terre ainsi que l'autre face du condensateur. La capacité et la résistance se trouvent très suffisamment réparties par ce moyen.

Quoi qu'il en soit, le prix de ces lignes étant élevé, on a cherché des dispositifs permettant d'en éviter l'emploi. Il convient de citer en particulier, le dispositif Ailhaud, installé en

France sur les câbles algériens. L'étude de ces cas particuliers sortirait des limites de cet ouvrage.

4° Le dispositif à fil double suppose qu'un équilibre existe entre les deux conducteurs du circuit. Une simple approximation ne suffit pas. Aussi est-il nécessaire de prendre les plus grandes précautions au moment de la pose des fils, afin de le réaliser. Cette difficulté est la raison du peu de succès obtenu tout d'abord par les duplex téléphoniques.

β. — Emploi des courants de natures différentes

Principe. — A l'inverse des solutions exposées précédemment pour réaliser un montage duplex, les méthodes multiplex utilisant des courants de nature différente sont régies par un principe général qui est le suivant.

Au poste de départ existent autant de manipulateurs qu'il y a de natures de courant employées : au poste d'arrivée, autant de récepteurs obéissant à la seule action d'un des courants de nature différente envoyés par les manipulateurs.

Passons en revue les courants de nature différente qu'il est possible d'utiliser. Ils sont résumés par le tableau suivant :

Courants continus différenciés par.....	} Sens } Intensité
Courants alternatifs différenciés par.....	
Ondes hertziennes différenciées par.....	} Fréquence } Amplitude

On peut combiner ensemble deux ou plusieurs de ces formes de courants. Toutefois on peut prévoir déjà que, dans ce cas spécial encore, les courants alternatifs offrent un avantage important, la différenciation par la fréquence rendant possible un nombre presque indéfini de combinaisons. En outre, il est difficile d'établir sans réglage délicat des récepteurs pour courant continu ne fonctionnant bien que pour un courant déterminé. Le principe même des récepteurs pour courants

alternatifs permet au contraire de les différencier aisément au point de vue de la fréquence du courant excitateur.

Les combinaisons utilisées en pratique sont les suivantes :

1	{	1 courant continu différencié par le sens. 1 courant continu différencié par l'intensité.....	{	Diplex Edison.
2	{	1 courant continu quelconque..... 1 courant alternatif quelconque.....	{	Phonopore, dispositifs de télégraphie et de téléphonie simultanées.
3	{	n courants alternatifs différenciés par la fréquence.....	{	Multiplex Gray, Mercadier, etc.
4	{	1 courant continu quelconque..... n ondes hertziennes de fréquences différentes.....	{	Dispositif Turpain.
5	{	n ondes hertziennes de fréquences différentes.....	{	Dispositif Turpain.

Les combinaisons 1 et 2 permettent seulement de réaliser un dispositif diplex. Les combinaisons 3, 4 et 5, au contraire, ne sont pas limitées et permettent de réaliser des multiplex.

Nous ne pouvons qu'indiquer très sommairement les modes de réalisation de ces méthodes.

Étude de la combinaison 1. — Le dispositif diplex basé sur la première combinaison (Edison) comporte deux manipulateurs, l'un m destiné à envoyer des courants de faible intensité d'un sens déterminé, positif par exemple, l'autre M destiné à émettre des courants de grande intensité et de sens quelconque (*fig.* 300).

Des deux récepteurs correspondants, l'un r est un récepteur polarisé obéissant à des courants faibles positifs ; l'autre R est un récepteur ordinaire réglé de telle sorte qu'il obéisse à des courants de sens quelconques, mais de forte intensité.

Le manipulateur M est un manipulateur de Stearns ordinaire.

Le manipulateur m est un manipulateur de Stearns modifié de telle sorte qu'il soit à double effet.

Soient p et P deux piles, l'une à faible voltage, l'autre à voltage élevé.

On voit qu'en abaissant le manipulateur m , on relie le pôle

négatif de la pile p à la terre, et son pôle positif à la ligne. Un courant positif faible est donc envoyé sur celle-ci ; le récepteur r fonctionne seul.

En abaissant M , les deux piles p et P sont associées en série : le pôle négatif de p est à la ligne, le pôle positif de P à la terre : un courant négatif fort circule sur la ligne : le récepteur R seul est actionné.

Si, en dernier lieu, on abaisse simultanément m et M , l'inverse a lieu ; les deux piles sont toujours en série ; mais, cette

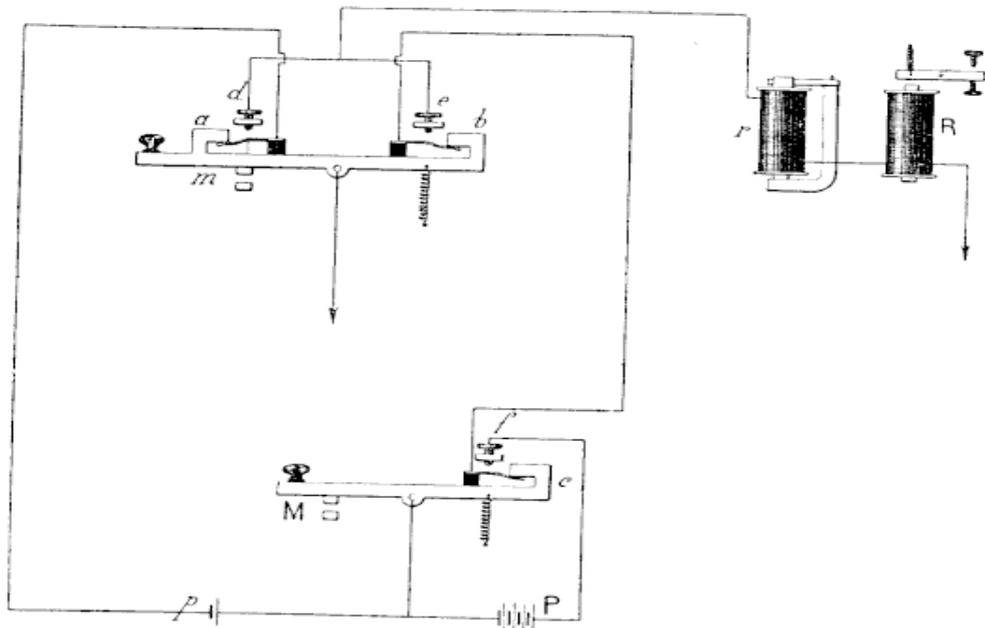


FIG. 300.

fois, c'est le pôle négatif qui est à la terre, le positif à la ligne ; un courant positif fort parcourt celle-ci, les deux récepteurs sont actionnés.

Remarque. — Le dispositif précédent est bien réellement un dispositif diphase ne permettant l'écoulement du trafic que dans un sens. Il est rarement employé car, sauf dans les cas exceptionnels, le trafic n'est jamais ainsi limité. Rien n'empêche d'ailleurs d'associer ce dispositif avec l'un quelconque des montages en duplex ; on a ainsi la possibilité d'écouler quatre

dépêches simultanées, dont deux dans chaque sens. L'installation ainsi combinée est fréquemment usitée en Amérique (diplex monté avec un pont) et en Angleterre (diplex différentiel).

Étude de la combinaison 2. — La combinaison d'un courant continu et d'un courant alternatif se prête a priori beaucoup plus facilement que la précédente aux dispositifs multiplex. Elle permet, comme toutes celles qui suivront, l'échange de plusieurs dépêches sans distinction de sens; elle n'exige aucune modification dans les manipulateurs; enfin il est extrêmement facile de séparer, à l'arrivée, les deux sortes de courants pour les aiguiller sur des récepteurs distincts.

Un condensateur intercalé sur la ligne laisse passer, en effet, les courants alternatifs et arrête les courants continus; inversement une bobine à forte self-induction laisse passer les courants continus et arrête les courants alternatifs. Tous les dispositifs de multiplex de cette catégorie reposent dès lors sur l'emploi de condensateurs et de bobines de self-induction, soit séparément, soit associant leurs effets.

Le schéma théorique de cette combinaison est représenté sur la figure 301 (dispositif Van Rysselberghe).

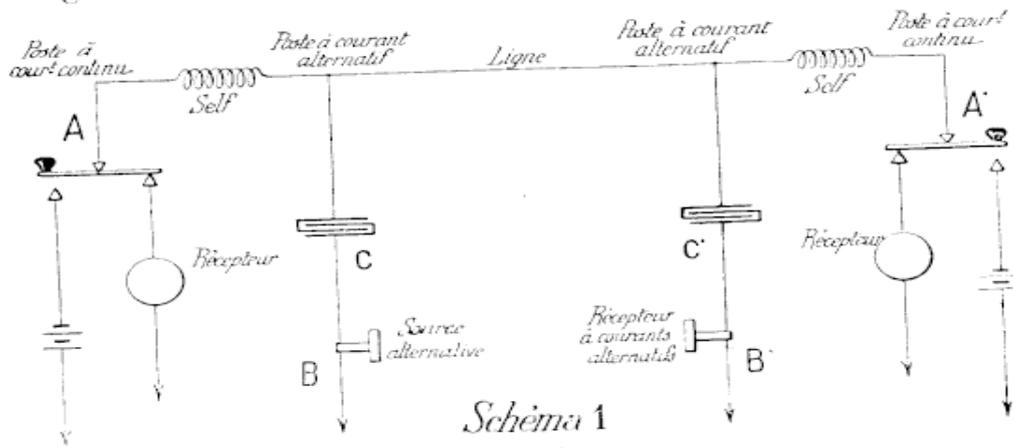


Schéma 1
FIG. 301.

Les courants continus émis en A ou A' sont reçus en A' ou en A et ne peuvent bifurquer sur B ou B', grâce aux condensateurs

C, C'. Inversement les courants alternatifs émanant de B ou de B' sont reçus en B' ou en B, les self-inductions les empêchant d'actionner A ou A'.

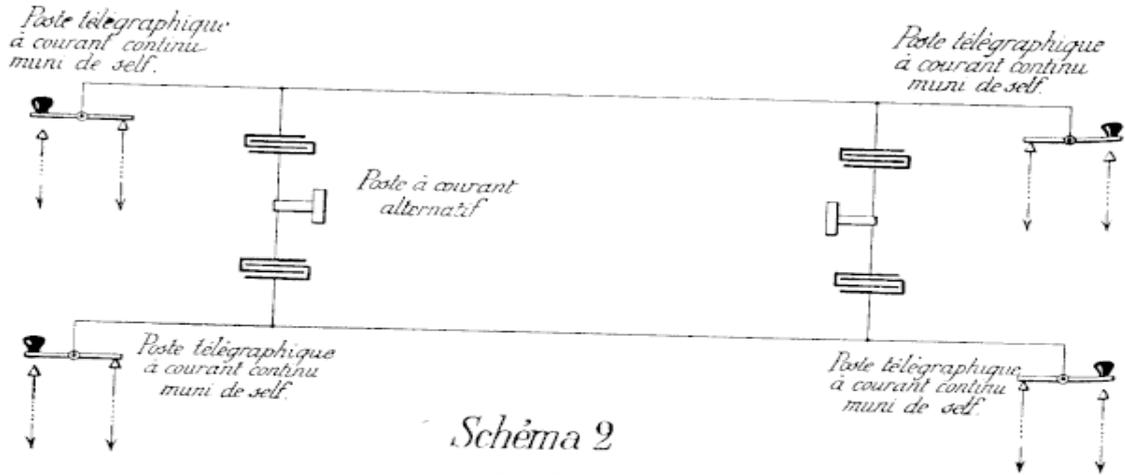


FIG. 302.

Adapté à un circuit à double fil, ce schéma devient celui indiqué par la figure 302 (Van Rysselberghe).

Il permet l'échange de trois communications simultanées, deux à courant continu, une troisième alternative.

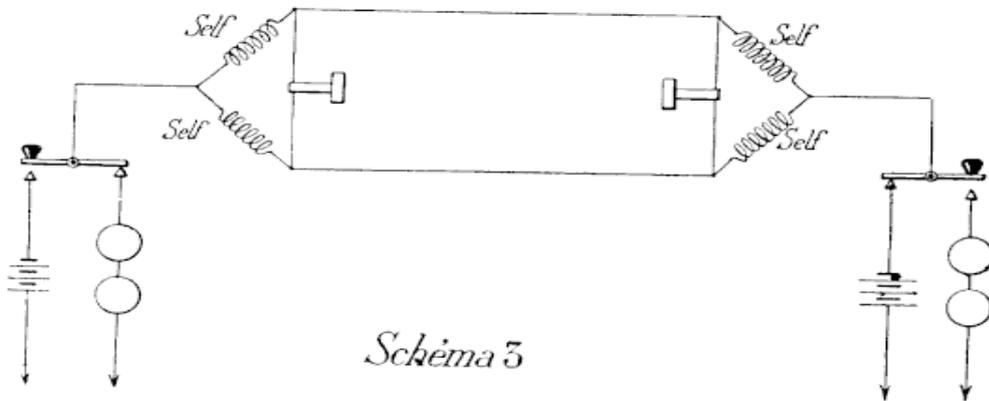


FIG. 303.

On peut simplifier encore ce dispositif à condition de n'échanger que deux communications, l'une à courant continu, l'autre alternative (*fig. 303.*)

On remarquera en effet que, dans cette dernière combinaison,

les courants continus se partagent en deux courants égaux entre eux, parcourant en sens inverse chacune des branches où sont les récepteurs alternatifs. Les condensateurs peuvent donc être supprimés.

Les modifications apportées à ces diverses installations types visent uniquement la réalisation pratique des capacités et des

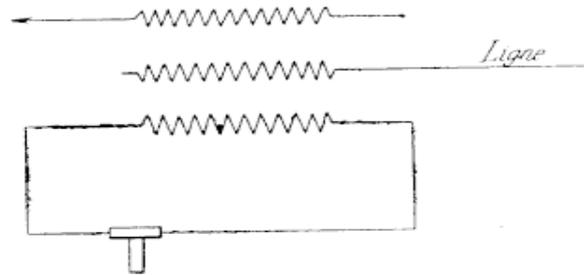


FIG. 304.

self-inductions qui y figurent. C'est ainsi que, dans les installations de multiplex phonoporique, la capacité est formée par une bobine à trois enroulements, dont deux ont une extrémité isolée, et montés comme il est montré figure 304.

L'ensemble du montage phonoporique, conforme au schéma n° 1, est alors le suivant (fig. 305) :

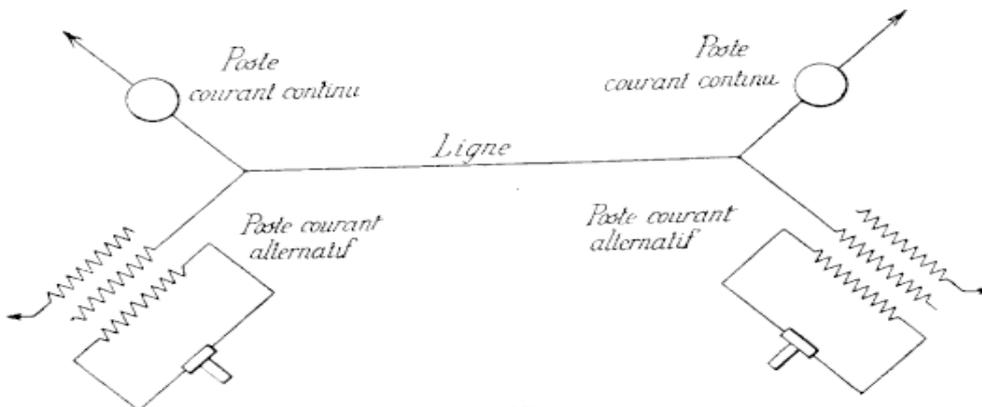


FIG. 305.

M. Picard substitue également aux condensateurs des transformateurs séparateurs, ce qui paraît peu heureux. Enfin la

présence de fortes self-inductions dans le circuit ayant pour résultat de diminuer la vitesse des transmissions à courant continu, M. Cailho a substitué aux deux résistances munies de self-induction figurant à chaque extrémité du schéma n° 3 une bobine différentielle à forte self-induction (*fig. 306*). Nous avons vu qu'une bobine ainsi montée présentait une self-

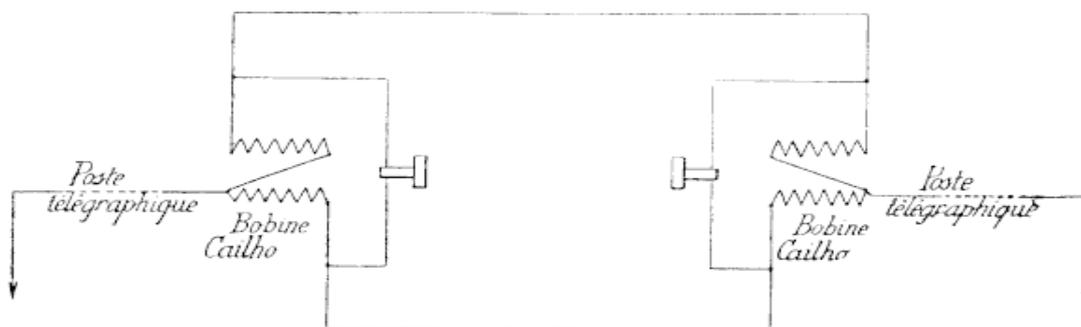


FIG. 307.

induction nulle aux courants continus émanant du poste extrême et une self-induction élevée aux courants alternatifs venant d'un appareil placé en dérivation sur les fils de ligne. L'inconvénient précité est alors évité.

Remarque. — La combinaison 2 a été surtout utilisée pour obtenir des transmissions télégraphiques et téléphoniques simultanées. Théoriquement elle est simple et susceptible d'une application aisée. En France même, le montage Cailho est encore en faveur. Toutefois des raisons d'exploitation rendent la méthode peu recommandable et l'on peut prévoir le temps où l'on y renoncera complètement.

Étude de la combinaison 3. — Le principe du multiplex dans le cas de la combinaison 3 est le suivant :

On établit au poste de départ n transmetteurs ; chacun de ces transmetteurs envoie sur la ligne des courants alternatifs d'une fréquence différente. Ces courants peuvent d'ailleurs être aisément obtenus à l'aide de l'un quelconque des dispositifs exposés au début de cet ouvrage, par exemple à l'aide d'électro-diapasons.

A l'arrivée, tous ces courants traversent une série de récepteurs susceptibles chacun d'être actionnés seulement par un courant d'une fréquence déterminée, par exemple des monotéléphones (multiplex Mercadier) ou encore des électro-aimants agissant sur une lame vibrante (Elisha Gray).

Chacun des récepteurs correspondant aux divers courants émis simultanément fonctionne, et ceux-là seulement. Il se produit là un véritable triage des vibrations électriques, de même que des caisses de résonance analysent les composantes d'un accord.

Les solutions de multiplex fournies par la combinaison 3 sont donc extrêmement générales et d'une réalisation facile. Elles n'ont pas les complications mécaniques des multiples à division de temps. Elles permettent les mêmes combinaisons et en beaucoup plus grand nombre. On peut ainsi réaliser, avec l'appareil multiplex Mercadier, l'échange de 24 dépêches simultanées.

Étude des combinaisons 4 et 5. — Les ondes hertziennes dirigées par un conducteur en cuivre offrent au

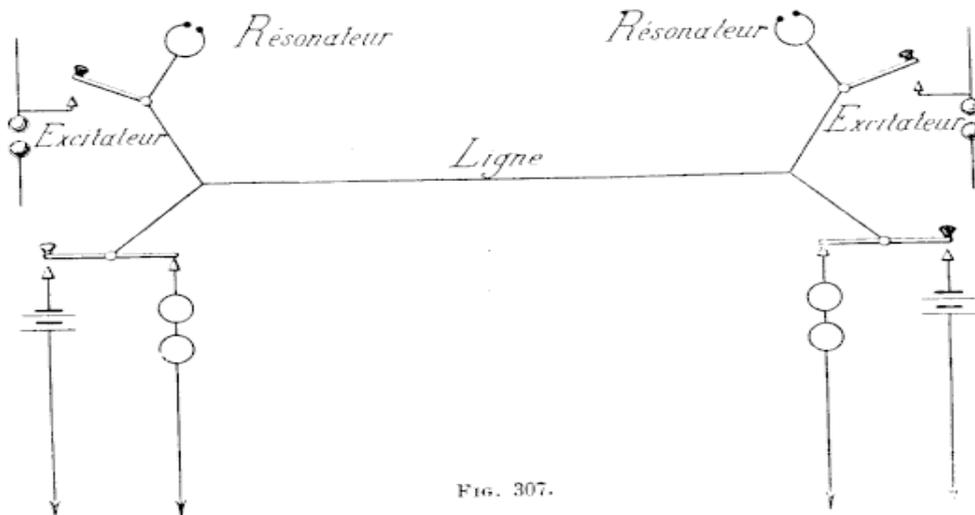


FIG. 307.

point de vue des combinaisons multiplex les mêmes facilités que les courants alternatifs. Elles présentent en outre sur ces

courants de notables avantages : la séparation des ondes et des courants continus s'effectue, en effet, sans intervention de capacités ou de self-inductions, les ondes actionnant uniquement les résonateurs.

Un dispositif diplex, dans ces conditions, serait par exemple représenté par la figure 307.

Des expériences de laboratoire permettent de penser que ces prévisions sont justifiées et il est possible qu'il y ait là une nouvelle classe importante ouverte dans les dispositifs multiplex.

Nous avons achevé ici l'examen des éléments d'une télécommunication. Après avoir passé en revue chacun d'eux, nous avons constaté quelles influences diverses agissaient sur leur fonctionnement et montré comment on peut faire varier leur rendement.

Il nous reste maintenant à aborder l'étude de l'installation des bureaux.

Étant donnés, en effet, ces éléments, comment les grouper pour assurer une exploitation régulière et économique? La réponse à cette question fait l'objet de la deuxième partie de cet ouvrage.

DEUXIÈME PARTIE

ORGANISATION DES BUREAUX

Fonctions diverses d'un bureau. — Le bureau, dans une exploitation de télécommunication, est le lieu où sont abrités les appareils, où s'effectuent leur liaison avec les lignes et leur mise en œuvre par des manipulateurs, où se centralise enfin la surveillance des organismes divers concourant à l'échange des transmissions :

Un bureau télégraphique ou téléphonique a donc trois fonctions essentielles : il doit, en premier lieu, assurer la protection des appareils qu'il abrite ; en second lieu, permettre une facile liaison des lignes avec les appareils ; enfin, permettre de contrôler constamment, par un système de mesures approprié, l'état des lignes et des appareils.

L'examen de ces trois fonctions qui ont — il est superflu de le rappeler — une égale importance, fait l'objet de cette seconde partie de notre étude.

A chacune d'elles correspondent des organes spéciaux diversément groupés suivant les bureaux. Il convient donc tout d'abord d'examiner la nature de ces organes — organes de protection, de permutation et d'essai — puis, ceux-ci étant connus, de passer en revue leurs groupements.

Ces groupements obéissent toujours aux mêmes règles, qu'il s'agisse d'un bureau téléphonique ou d'un bureau télégraphique. Dans la réalité cependant, les deux sortes d'exploitation sont séparées. Il y a par suite, un intérêt pratique à étudier séparément chacun des deux cas. C'est ce que nous ferons en commençant par le cas du montage téléphonique, à la fois le plus complexe et le mieux étudié. L'étude du montage télégraphique ne sera plus ensuite qu'un cas particulier et simplifié du précédent.

Au cours de cette nouvelle étude, nous aurons d'ailleurs à constater fréquemment que la réalité est loin de répondre aux desiderata résultant d'une étude systématique. Il semble que l'effort des inventeurs et des offices exploitant se soit toujours porté de préférence sur les appareils proprement dits, plutôt que sur leur agencement. Très souvent nous en serons réduits à exposer moins ce qui est que ce qui devrait être. On ne saurait assez le regretter, car le rendement des appareils dépend au moins autant du mode choisi pour les exploiter que de leurs caractéristiques électriques.

Remarques générales sur le matériel de bureau. — L'accomplissement des fonctions fondamentales d'un bureau entraîne l'emploi d'un matériel indépendant des appareils de télécommunication proprement dits : organes protecteurs, organes de permutation, instruments d'essai.

Du fait qu'il est indépendant des appareils et se retrouve dans tous les bureaux quels qu'ils soient, ce matériel doit remplir un certain nombre de conditions qui le différencient à un haut degré du matériel d'appareil proprement dit.

Tout d'abord, il importe que, dans l'ensemble d'un office, il soit aussi unifié que possible.

Cette unification a une double utilité évidente : utilité au point de vue du *prix de revient*, car les achats par quantités considérables ont des chances d'être moins coûteux en même temps que le matériel d'entretien est plus réduit et plus facile à réunir ; utilité au point de vue de l'*exploitation* elle-même ;

il est évident, en effet, que le personnel dans les bureaux s'acquitte d'autant plus aisément de sa tâche qu'il se trouve constamment devant des organes connus de lui et accomplissant les mêmes fonctions.

En outre, le principe de l'unification adopté, il convient de choisir parmi les divers types, le plus économique.

Des facteurs nouveaux et souvent délicats à apprécier interviennent dans cet examen. En dehors du prix d'achat lui-même, on doit considérer le coût de l'entretien et le nombre d'employés manipulants résultant de l'adoption d'un type de préférence à un autre. Un même multiple téléphonique, par exemple, peut occuper 100 ou 120 employés suivant la nature de son montage. Cet aspect du prix de revient que l'on pourrait appeler le prix de revient en personnel est malheureusement négligé le plus souvent, alors qu'il joue un rôle capital dans le rendement financier d'une entreprise et le choix des appareils. Chaque fois que l'on établit un projet de bureau, il importe donc de ne pas l'omettre. On s'apercevra ainsi fréquemment que certains organes doivent être préférés à d'autres dont le prix immédiat d'établissement est cependant beaucoup moins élevé.

CHAPITRE I

ORGANES DE PROTECTION

Les accidents contre lesquels on doit protéger les installations de télécommunication ont deux origines : les uns sont dûs aux décharges provenant de l'électricité atmosphérique, les autres aux courants industriels.

A ces deux origines correspondent deux catégories distinctes d'appareils de préservation.

A. — PROTECTION CONTRE LA Foudre

Les organes de préservation utilisés contre la foudre sont au nombre de deux : les paratonnerres et les mises à la terre.

§ 1. — Paratonnerre

Théorie ancienne des décharges atmosphériques. — La théorie des décharges atmosphériques est encore mal connue. On ne sera donc pas surpris de constater que la question des parafoudres a passé elle-même par des phases presque contradictoires.

Dès le début de la télégraphie, on a assimilé les décharges à un courant instantané d'un seul sens, sous une tension extrêmement élevée, courant qui se manifestait soit par la

mise hors service des appareils, soit par de violentes étincelles disruptives.

Le moyen le plus simple pour se protéger contre de telles manifestations parut consister dans l'établissement à l'entrée du poste d'une plaque métallique, parfaitement reliée à la terre et très rapprochée du conducteur. Au moment de la décharge, le courant trouvait à travers le léger intervalle séparant le conducteur et la plaque un chemin vers la terre de moindre résistance et qui le détournait des appareils.

Un schéma de ce montage est représenté par la figure 308.

Tous les parafoudres de modèles anciens comportent en conséquence deux plaques conductrices et séparées par un intervalle isolant, l'une reliée au conducteur, l'autre reliée à la terre.

Les seules différences existant entre les divers types ont pour but de faciliter la décharge, soit en modifiant la nature et la forme des plaques en regard, soit en diminuant au maximum l'intervalle qui sépare ces plaques.

On peut grouper en cinq classes les modèles de paratonnerre basés sur cette conception :

- 1° Les paratonnerres à pointes ;
- 2° Les paratonnerres à lame isolante ;
- 3° Les paratonnerres à air ;
- 4° Les paratonnerres à vide ;
- 5° Les paratonnerres à fil fusible.

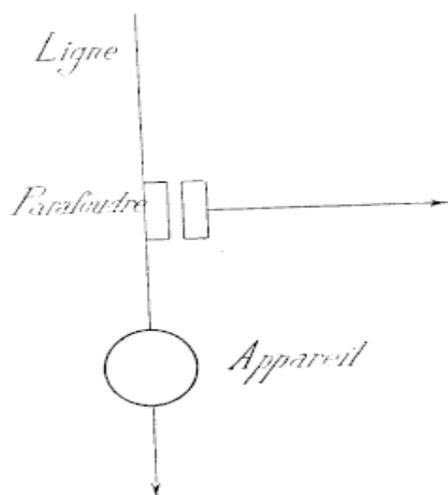


FIG. 308.

1° Paratonnerres à pointes

Dans les paratonnerres à pointes les deux lames en regard sont armées d'un grand nombre de pointes aiguës.

Le paratonnerre Bertsch en est un spécimen très répandu (*fig. 309*). Dans cet appareil les montants i_1 , i_2 , séparant les plaques sont en ébonite: la plaque supérieure est munie de deux bornes B_1 , B_2 reliées à la ligne, la plaque inférieure est fixée contre une feuille de zinc reliée à la terre ou mieux est soudée directement au fil de terre.

Remarque. — On remplace quelquefois les pointes par des

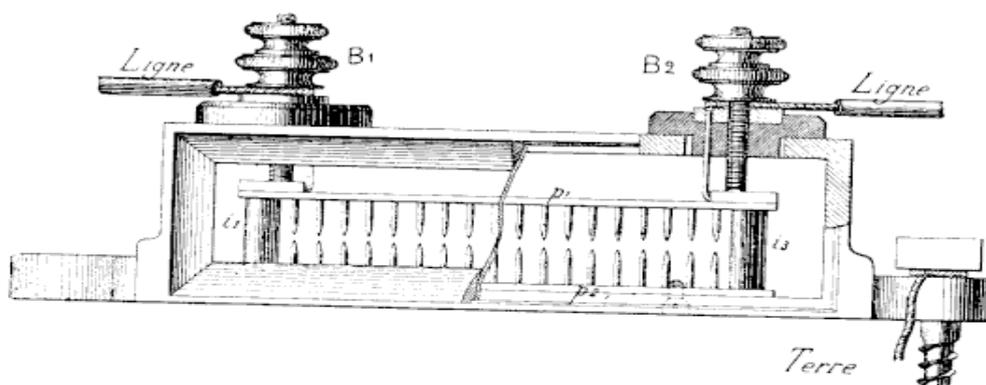


FIG. 309.

striées à angle vif orientées en sens inverse sur chacune des deux plaques.

2° Paratonnerres à lame isolante

Dans les paratonnerres à lame isolante, les deux surfaces conductrices sont planes et séparées par une lame isolante très mince, soit une feuille de papier paraffiné, soit une feuille de mica, soit plus rarement une feuille de gutta. Tel est, par exemple, le paratonnerre téléphonique de la Western C°

(fig. 310); il comporte deux lames de charbon serrées par des ressorts de contact et séparées par une lame de mica.

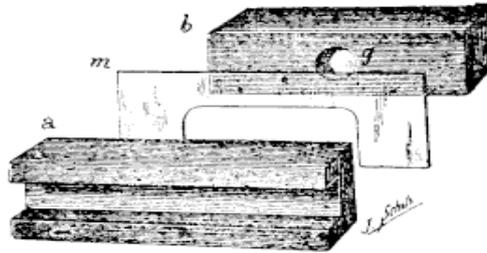


FIG. 310.

Remarque. — On associe quelquefois les paratonnerres de ce type avec des paratonnerres à pointes (fig. 311). L'ensemble

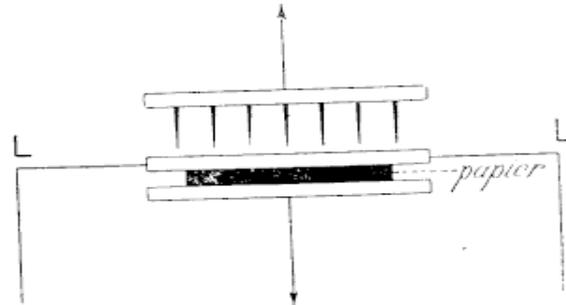


FIG. 311.

comporte alors trois lames parallèles, la lame médiane étant à la ligne.

3° Paratonnerres à lame d'air

Les paratonnerres à lame d'air sont formés de deux lames maintenues très faiblement écartées; leur construction est assez délicate en raison même de la faiblesse de cet écart d'où dépend l'efficacité. Ils sont peu répandus.

A titre d'exemple, on peut citer le paratonnerre Voisenat, comportant une lame en communication avec la ligne et main-

tenue séparée, par des bagues isolantes, de deux autres lames en communication avec la terre (*fig. 312*).

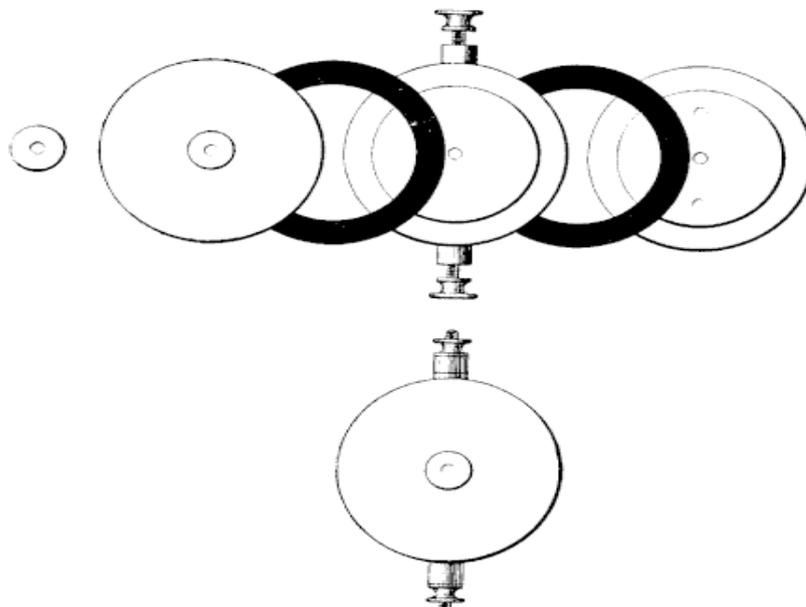


FIG. 312.

4° Paratonnerres à vide

Les paratonnerres à vide comportent deux pointes métalliques en regard l'une de l'autre et enfermées dans une ampoule de verre où l'on a fait le vide (Varley). Des calottes en laiton protègent les points d'insertion des fils sur l'ampoule (*fig. 313*).



FIG. 313.

5° Paratonnerres à fil fusible

Dans les paratonnerres à fil fusible, la plaque de ligne est remplacée par un conducteur très fin qui, sous l'action du

passage du courant dangereux, s'échauffe suffisamment soit pour altérer son enveloppe et établir ainsi une liaison avec la terre, soit pour se volatiliser et interrompre le circuit.

Le paratonnerre dit à *fil préservateur* en est le modèle le plus répandu. Il comporte un fil de fer ténu recouvert de soie, enroulé dans une rainure hélicoïdale tracée sur un cylindre (*fig. 314*) et divisé en trois parties séparées par des rondelles d'ébonite. Les deux parties extrêmes sont en communication

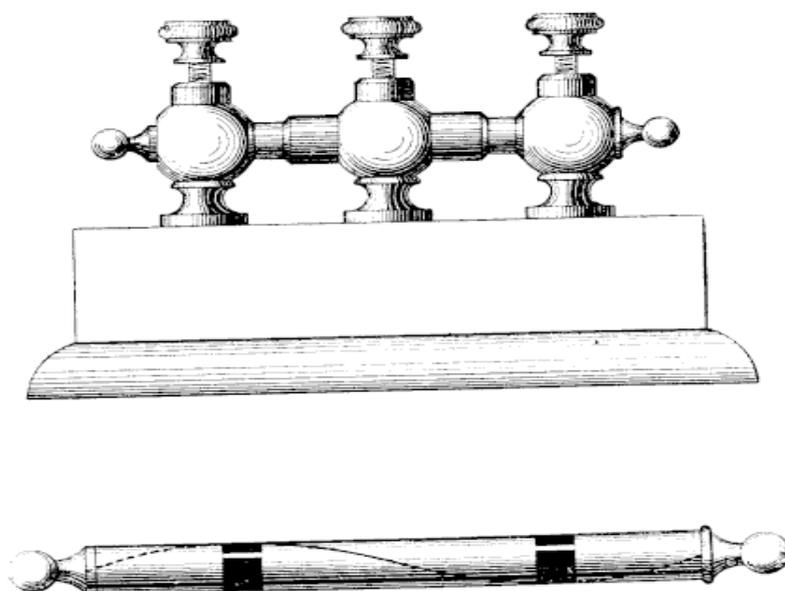


FIG. 314.

avec la ligne, ainsi que le fil ténu; la partie médiane est en relation avec la terre. Dès que la soie recouvrant le fil s'altère sous l'action de l'échauffement du fil préservateur, une communication s'établit entre la terre et la ligne.

On remarquera qu'un tel appareil présente de graves inconvénients :

- 1° Le fil ténu est fort difficile à rétablir;
- 2° Le cylindre de cuivre est nécessairement fragile;
- 3° Il est impossible de savoir quand l'appareil a fonctionné :

cette connaissance, indifférente dans le cas des autres dispositifs, devient ici essentielle, puisque le fonctionnement a pour résultat d'établir normalement une mise à la terre sur la ligne.

A priori, il semble que, parmi tous ces appareils, les plus efficaces doivent être les paratonnerres à vide : on sait, en effet, que la distance explosive correspondant dans l'air à une différence de potentiel déterminée se trouve considérablement augmentée dans une atmosphère raréfiée. De même, on pourrait croire que la sensibilité de l'appareil croît avec les surfaces en présence et doit être notablement augmentée par la présence des pointes.

En fait, on a constaté que, dans la pratique, tous ces appareils présentent une valeur protectrice équivalente et que cette valeur était médiocre. Aussi est-il d'usage, lorsqu'il s'agit d'assurer une préservation efficace — par exemple sur les câbles sous-marins — d'installer jusqu'à trois types différents, les uns derrière les autres.

Quelques observations tirées de la pratique ont permis de reconnaître :

1° Qu'il y avait intérêt à faire usage de surfaces non susceptibles de s'altérer sous l'action de décharges, telles, par exemple, que du métal doré ou du charbon ;

2° Qu'il y avait intérêt à renoncer à l'emploi de la gutta ou du papier pour l'intervalle isolant et d'une manière générale à tous produits donnant, après l'étincelle, des résidus conducteurs de nature à amener une communication électrique entre les plaques. Ce sont évidemment des faits utiles à connaître mais qui ne résolvent pas le problème.

Études récentes des décharges atmosphériques. — Les études relativement récentes de Lodge et reprises par M. Voisenat sur les décharges électrostatiques, ainsi que les expériences de Hertz, ont modifié complètement la conception trop simple qui avait conduit à l'établissement des appareils précédents.

Il résulte de ces études que les fortes décharges électrostatiques produisent sur les fils les phénomènes suivants :

1° Un courant oscillatoire ayant des périodes de vibrations variables et très rapides :

2° Un courant de conduction de durée variable et d'intensité relativement faible ;

3° Que ces phénomènes se superposent, les premiers ayant de beaucoup l'influence prépondérante.

Ces résultats de laboratoire sont une confirmation des théories générales de la décharge qui ont été exposées au début de cet ouvrage. Il a paru justifié de les étendre, toutes proportions gardées, aux décharges atmosphériques et d'estimer que semblablement ces décharges donnaient lieu à deux ordres de phénomènes distincts :

1° Des phénomènes oscillatoires ;

2° Des courants de conduction relativement peu dangereux.

Dès lors un appareil complet de préservation devait comporter d'une part un organe de décharge pour les phénomènes oscillatoires, d'autre part un organe défendant l'appareil contre les courants de conduction.

Remarquons immédiatement que ces courants étant le plus souvent très faibles et en tout cas de même ordre que les courants industriels dangereux, on pourra sans inconvénient soit supprimer l'organe de protection qui les concerne, soit le confondre avec l'organe de protection contre les courants industriels.

Nous n'avons dès lors à nous occuper ici que des phénomènes oscillatoires.

Nous avons vu que la self-induction avait pour résultat d'accroître dans des proportions très considérables la résistance opposée par un conducteur donné au passage d'un courant variable et que cet accroissement dépendait précisément de la période de vibrations du courant. En fait, lorsqu'il s'agit de vibrations électriques extrêmement rapides, il suffit de quelques centimètres d'un gros fil de cuivre pour s'opposer d'une

manière presque absolue au passage de la décharge. On peut en conclure que, dans un grand nombre de cas, c'est-à-dire dès que les vibrations correspondant à la décharge atmosphérique atteignent une valeur déterminée, la self-induction des conducteurs de la ligne elle-même suffit pour arrêter la décharge.

On constate, en effet, que les bureaux télégraphiques ou téléphoniques sont rarement atteints, alors qu'en revanche les lignes sont souvent frappées. De plus, lorsqu'une décharge atteint une ligne, les dégâts se manifestent presque toujours aux environs du point frappé, mais sans *se propager* au-delà d'un périmètre restreint.

Le très petit nombre de décharges arrivant aux bureaux ex-

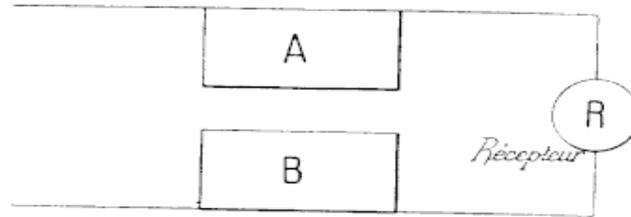


FIG. 315.

plique d'ailleurs comment on a pu se contenter pendant longtemps de paratonnerres fonctionnant mal ou ne fonctionnant pas.

Reste à se protéger dans les cas où la décharge pourrait atteindre le bureau. Examinons en premier lieu le cas d'un circuit fermé (*fig. 315*). La boucle fermée constituée par les deux fils peut être assimilée à un véritable résonnateur de Hertz. Les récepteurs présentant toujours une forte self-induction, on a pensé que si l'on rapprochait en avant du récepteur les deux conducteurs, par exemple, en mettant en regard deux plaques conductrices A et B insérées sur ces conducteurs, tout se passerait comme si la portion ARB présentait un obstacle absolu au passage des décharges, qu'en revanche l'ensemble des plaques A et B représenterait exactement la coupure du résonnateur. Une décharge continue aurait donc lieu entre ces plaques.

Dès lors le paratonnerre construit par l'administration française a été établi de la manière suivante (fig. 316). Deux plaques de charbon fixées sur un bloc d'ébonite sont intercalées sur chacun des fils de ligne et séparées par un faible intervalle d'air. Ces deux plaques sont assujetties au-dessus d'une troisième lame de charbon en relation avec la terre et séparées de cette lame par une feuille de mica percée de trous.

La pratique semble avoir justifié les prévisions précédentes : on constate en effet sur un paratonnerre de cette sorte une production presque continue d'étincelles par temps d'orage et, dans certains cas, de véritables décharges accompagnées d'un bruit comparable à une détonation de revolver. La protection semble absolue.

Le cas d'une ligne unifilaire se ramène aisément à celui d'une bifilaire, si l'on remarque que la terre peut être consi-

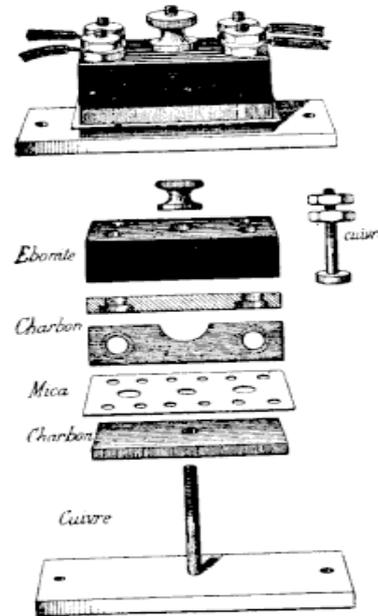


FIG. 316.

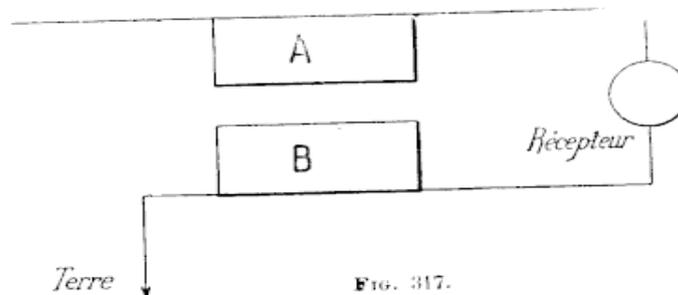


FIG. 317.

dérée comme constituant le circuit de retour. Il est dès lors facile d'appliquer à des lignes de cette sorte le dispositif précédent ; il suffit de prendre la terre à la sortie du paratonnerre seulement. Le montage est alors celui représenté par la figure 317.

On remarquera qu'il présente une différence absolue avec celui représenté par la figure 308; on ne saurait trop insister sur cette différence puisqu'en n'en tenant pas compte on risquerait de faire perdre toute efficacité au paratonnerre en question.

Remarque. — L'installation du paratonnerre ci-dessus exige deux précautions importantes :

1° Il est essentiel de débarrasser les plaques, au moment du montage, des poussières de charbon qui ont pu y adhérer; il suffit pour cela de les essuyer une fois pour toutes au moment de la mise en service. En laissant, en effet, ces poussières, on s'exposerait à avoir dans le paratonnerre un véritable microphone et des bruits de friture sur les lignes téléphoniques;

2° Lorsqu'il est fait usage de protecteurs contre les courants industriels, ces protecteurs doivent être placés en avant des paratonnerres précédents. Ceux-ci, en effet, fonctionnent en raison de leur sensibilité sous l'action de ces courants : il peut s'y produire des arcs, et l'ébonite prend feu. Une modification utile du type consisterait sans doute dans la substitution de fibre incombustible à cet ébonite.

§ 2. — Mise à la terre

Dispositif de mise à la terre. — Un deuxième mode de protection longtemps en usage contre les décharges atmosphériques a consisté dans la mise de la ligne à la terre, à l'entrée du poste, au moment des orages.

Lorsqu'il s'agit d'un fil unique aboutissant au bureau, un simple commutateur à manette sert à cet office : ce commutateur est souvent placé sur le même socle que le paratonnerre à fil préservateur.

Lorsqu'au contraire un grand nombre de fils pénètrent dans le bureau — ce qui est le cas par exemple d'une installation téléphonique — on fait usage de commutateurs à grand nombre de directions, permettant de mettre d'un seul coup à

la terre un nombre égal de fils. Ces commutateurs, dits de *mise à la terre simultanée*, sont généralement du type à cylindre.

La figure 318 montre la coupe d'un de ces appareils en service en Belgique. Chaque ligne traverse un paratonnerre à lame isolante T, puis aboutit à un ressort S. Ce ressort presse contre

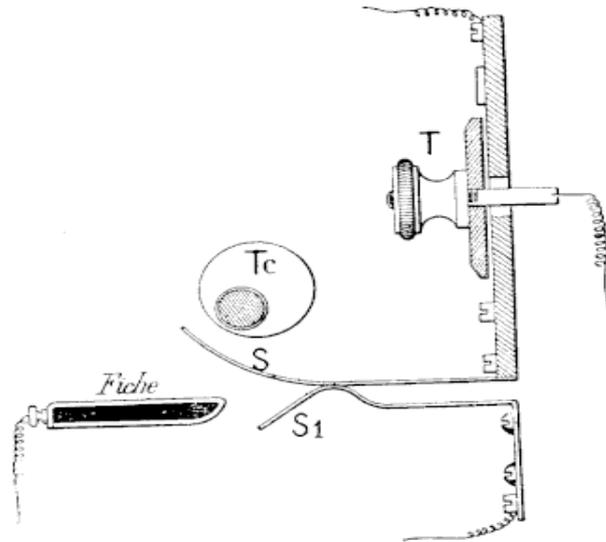


FIG. 318.

un autre ressort S_1 communiquant avec les appareils. Lorsqu'on manœuvre le cylindre métallique Tc en communication avec la terre, celui-ci vient en contact avec le ressort S et met ainsi la terre en dérivation.

Le montage des deux ressorts S, S_1 a pour seul but de permettre commodément de couper le fil avec une fiche lorsqu'on veut opérer des essais.

Ici encore, comme dans l'étude des parafoudres, il semble qu'on ait été guidé par des considérations en désaccord avec les notions actuelles sur les décharges atmosphériques.

On peut douter, en effet, de l'efficacité de la mise à la terre lorsqu'il s'agit de décharges oscillatoires à vibrations très rapides. Nous avons vu que, dans ce cas, la moindre action de

self induction avait pour résultat de s'opposer d'une manière absolue à la décharge : l'étincelle, si elle parvient au bureau, jaillira donc exactement comme si la liaison à la terre n'existait pas.

S'il s'agit de décharges oscillatoires susceptibles d'atteindre normalement le bureau, on a vu également que le paratonnerre convenablement monté suffisait à assurer la sécurité. La mise à la terre directe ne provoquant pas une décharge des fils du circuit sur eux-mêmes serait plutôt une source de danger. On n'aperçoit pas, dès lors, quel avantage résulte de ce supplément de précaution.

On comprend en revanche quels inconvénients d'exploitation il provoque. Le fonctionnement des mises à la terre équivaut, en effet, à une suspension de service.

Cette suspension, s'il s'agit d'un réseau urbain, est inadmissible en raison même de l'importance du service.

S'il s'agit de protéger une communication à longue distance, elle risque d'être fréquemment inefficace puisque le poste, ne percevant que les phénomènes existant dans son voisinage immédiat, risque de ne pas user de la mise à la terre alors que le conducteur rencontre un orage violent en un point éloigné de son parcours.

Ces raisons ont paru décisives, et l'administration française a renoncé définitivement à l'emploi des mises à la terre. Si nous avons mentionné le dispositif, c'est donc plutôt à titre théorique et pour exposer les motifs de son abandon.

B. — PROTECTION CONTRE LES COURANTS INDUSTRIELS

Principe. — Les courants industriels contre lesquels on doit défendre les appareils proviennent des dérivations acci-

dentelles survenant entre les conducteurs d'énergie industrielle et les conducteurs affectés aux télécommunications.

Ces courants ne sont pas seulement dangereux pour les appareils mais peuvent l'être dans certains cas pour le personnel. On conçoit donc que la question de préservation les concernant soit d'une haute importance.

Il paraît évidemment que le moyen certain d'éviter tout accident de ce fait consiste à éviter soigneusement la possibilité d'un contact accidentel entre les deux sortes de conducteurs, en supprimant tout point de croisement. La question est donc avant tout une question de tracé de ligne.

Avant de se décider toutefois à des remaniements de ligne extrêmement coûteux, on a recherché si des dispositifs spéciaux placés à l'entrée des bureaux ne garantiraient pas également la sécurité. La question, relativement récente, a donné lieu à de très vives controverses et ne paraît pas avoir reçu de solution satisfaisante.

Les dispositifs proposés sont de deux sortes : les uns fonctionnent sous l'action des voltages élevés, les autres sous l'action des intensités anormales. Les courants industriels dangereux peuvent nuire en effet, soit en raison de leur voltage élevé, soit en raison de leur intensité considérable.

Protecteurs contre les voltages élevés. — Les premiers de ces protecteurs sont faciles à réaliser : en particulier, l'un quelconque des parafoudres décrits plus haut en peut tenir lieu. Nous avons vu ainsi que le parafoudre de l'administration française fonctionnait bien avec les courants industriels. Les parafoudres à charbon et à lame de mica sont universellement employés pour cet office. Toutefois, lorsqu'il s'agit de courants industriels dont l'action n'est pas instantanée mais se poursuit tant que dure le contact intempestif, il peut arriver que l'étincelle, une fois jaillie, continue, formant un véritable arc électrique.

On a proposé, en vue de remédier à cet inconvénient, de placer une goutte de métal fusible sur l'une des faces du charbon ;

sous l'action de l'étincelle, le métal fond et éteint l'arc ; mais, pour qu'un tel artifice fût efficace, il faudrait que l'étincelle jaillisse toujours en ce point, ce qui n'est pas certain. En fait, le seul moyen de préservation contre ce danger spécial consiste à accoupler avec le protecteur et en avant de lui un deuxième protecteur coupant la ligne, lorsque l'intensité du courant dépasse une certaine limite.

La nécessité d'un double système de protection est ainsi démontrée.

Protecteurs contre le débit. — Les protecteurs universellement employés contre l'accroissement anormal de l'intensité circulant dans un conducteur portent le nom de *coupe-circuit*.

Le principe de ces appareils est le suivant :

Soit un conducteur parcouru par un courant d'intensité I et de résistance R ; la quantité de chaleur dégagée par le passage du courant pendant un temps t dans ce conducteur est donnée par la relation :

$$Q = RI^2t$$

elle est donc proportionnelle au carré de l'intensité.

L'accroissement de température correspondant est proportionnel à cette quantité et en raison inverse de la masse et de la chaleur spécifique du conducteur.

Il dépend aussi, et ceci suivant une loi non définie, du refroidissement du conducteur par radiation et par conduction.

En particulier, supposons deux fils, l'un rectiligne, court et nu, l'autre recouvert et enroulé sur une bobine ; en raison des conditions différentes du refroidissement, le premier atteint à peu près instantanément son régime de température, l'autre ne l'atteint qu'au bout d'un temps T . Si le régime de température atteint par le premier fil est supérieur à son point de fusion, ce premier fil fondra presque instantanément et coupera le circuit avant que le second n'ait atteint son régime et par conséquent ait pu être détérioré.

Une conclusion importante dérive de ce principe.

Supposons en effet que, pour une intensité i , le coupe-circuit n'ait pas fondu : le régime du coupe-circuit étant atteint instantanément, le coupe-circuit ne fonctionnera plus à aucun moment. Cependant, sous l'action du même courant i continuant de passer, la température de l'appareil à protéger continue à croître et peut même devenir dangereuse. D'où la nécessité, dans le choix d'un coupe-circuit, de tenir compte non seulement de la valeur absolue de l'intensité dangereuse, mais des durées d'action du courant sur l'appareil à protéger.

Le tableau suivant indique la durée du courant permanent nécessaire pour détruire les principaux organes d'appel en usage dans les télécommunications.

APPAREILS	RÉSISTANCE EN OHMS	INTENSITÉ du COURANT EN AMPÈRES	TEMPS NÉCESSAIRE à LA MISE HORS D'USAGE
Récepteur Morse ou sonnerie.	250	0,30	9 minutes
Sonnerie.....	250	0,37	5 —
Parleur.....	500	0,22	10 —
Annonciateur.....	100	0,26	30 —
—	200	0,25	6 —

Il en résulte qu'un coupe-circuit destiné à protéger le matériel de télécommunication doit être établi de manière à fondre sous un courant maximum de 0,2 ampère c'est-à-dire pour une valeur de i extrêmement faible.

Dès lors, l'établissement d'un tel appareil devient fort délicat. Pour donner au produit Ri^2 une valeur suffisante, on est amené à donner à R une valeur très grande, c'est-à-dire à prendre des fils de diamètre extrêmement faible (1 ou 2 dixièmes de millimètre). Ces fils ne sont plus maniables.

Deux solutions ingénieuses ont été proposées pour tourner la difficulté.

1° Coupe-circuit à bobine thermique

La première de ces solutions recourt à l'emploi d'une bobine thermique. Elle consiste à munir (*fig. 319*) la ligne d'un coupe-circuit G, fusible à une température relativement élevée (1,5 ampère par exemple) destiné à protéger les appareils en cas de production d'un courant instantané très intense,

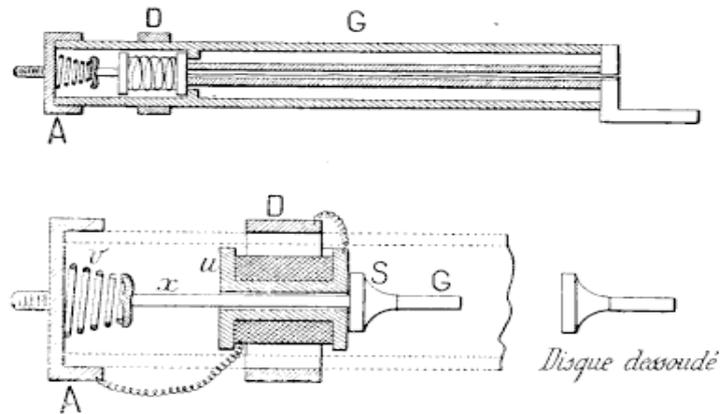


FIG. 319.

et à doubler ce coupe-circuit par un dispositif provoquant mécaniquement la rupture dès que l'intensité minima dangereuse est atteinte.

A cet effet, à la suite de G, est installée une petite bobine *u* en laiton. Un disque de même métal S est fixé par une goutte de soudure sur une des joues de cette bobine; c'est cette goutte de soudure qui constitue, à proprement parler, le second coupe-circuit.

Une broche en verre *x* traversant la bobine et reposant sur un ressort en boudin *v* appuie constamment contre le disque S. La ligne est reliée en A et à la sortie de G. Le circuit de la bobine aboutissant d'une part en A, d'autre part au massif de la bobine *u*, les courants circulant sur la ligne échauffent la soudure. Dès que l'élévation anormale de la température est suffisante pour fondre celle-ci, la broche en verre obéissant à

Faction du ressort chasse le disque S et rompt la communication.

Ce dispositif possède un certain nombre de variantes analogues et qu'il est inutile de décrire (Sneak, dispositif Rolf, etc...).

2° Coupe-circuit à dilatation

Une seconde solution due à M. Voisenat repose sur le principe suivant (*fig. 320*). Sur le circuit à protéger sont insérés :

1° Un coupe-circuit fusible à 1,5 ampère ;

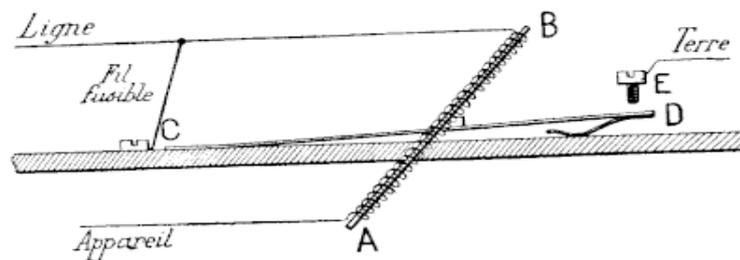


FIG. 320.

2° Une petite bobine AB enroulée sur une lame de maillechort. Cette lame, fixée à ses deux extrémités, appuie au repos sur un ressort CD et l'écarte d'un contact de terre E. Lorsque, sous l'influence d'un échauffement anormal, la lame AB se dilate, elle cesse de s'opposer à l'action du ressort C. Celui-ci établit alors le contact direct de la ligne avec la terre. Du fait de la suppression des appareils sur la ligne, l'intensité du courant croît brusquement et le coupe-circuit fonctionne.

Cette solution intéressante ne paraît pas avoir été appliquée dans la pratique.

Actions diverses nuisant au fonctionnement des coupe-circuits. — En dehors des difficultés afférentes au premier établissement d'un coupe-circuit efficace pour les télécommunications, il y a lieu encore de tenir compte d'un élément important. La limite de fonctionnement d'un coupe-

circuit fusible est en effet *variable en cours de service et avec le temps*.

Cette limite dépend en premier lieu du mode d'attache du fil à ses extrémités. Suivant qu'on serre plus ou moins le fil au moment où on le remplace, l'intensité provoquant la fusion varie dans une large mesure.

En second lieu, le fait que le fil fin s'échauffe et se refroidit constamment, suivant que le courant passe ou ne passe pas, provoque un recuit du métal et élève parfois considérablement le point de fusion de celui-ci.

Il résulte de ce qui précède :

1° Qu'un coupe-circuit, pour être un protecteur efficace dans tous les cas, est très difficile à construire et nécessite l'emploi de fils non maniables ;

2° Que ce coupe-circuit, en dépit de toutes les précautions prises, n'est jamais comparable à lui-même.

En fait, l'expérience montre que le nombre des ratés atteint environ 25 0/0. La sécurité fournie est donc illusoire.

En outre, la très basse limite de fonctionnement des coupe-circuits qui devraient être employés entraîne des difficultés à peu près insurmontables au point de vue de l'exploitation. Sans parler de la presque impossibilité de munir de fils fins et peu maniables tous les conducteurs d'une grande exploitation téléphonique, on doit en effet songer que fréquemment les seuls courants de sonnerie ont une intensité dépassant 0,2 ampère, c'est-à-dire les limites de fonctionnement des protecteurs. Il en résulte que, dans la plupart des réseaux existants munis de coupe-circuits, ces derniers fondent indûment sous l'action des courants même servant à l'exploitation.

On a proposé quelquefois de tourner la difficulté en insérant sur chaque fil, en arrière du coupe-circuit, une résistance supplémentaire ; mais cette résistance a pour résultat de nuire précisément au fonctionnement des sonneries.

Pour toutes ces raisons, on se contente dans la pratique d'installer des coupe-circuits fondant à 2 ampères et constitués par un fil à peu près maniable et tendu à l'intérieur d'un tube

en verre. Il est évident que la protection assurée dans ces conditions est une protection des plus médiocres et qui ne compense pas la dépense considérable d'installation, le prix et les difficultés d'entretien.

Il paraît dès lors nécessaire de revenir résolument à la seule méthode efficace — le remaniement des lignes. — D'ores et déjà, certains pays tels que la Suisse, abandonnant les coupe-circuits, ont adopté cette manière d'agir : il semble que l'extension *toujours croissante* des installations industrielles et les dangers qui en résultent l'imposeront en France à bref délai.

CHAPITRE II

ORGANES DE PERMUTATION

Exposé du problème. — L'exploitation d'un bureau quel qu'il soit comporte, comme opération principale et presque continue, des permutations de conducteurs.

Ces permutations peuvent être groupées sous deux chefs distincts.

Les unes n'intéressent que le fonctionnement d'un appareil déterminé : ce sont, par exemple, les permutations ayant pour but de substituer la position de réception à la position de transmission, ou encore un récepteur sonore au récepteur normal. Elles sont effectuées en général directement par l'employé manipulant ; elles sont peu difficiles à réaliser et intéressent toujours un petit nombre de conducteurs locaux.

Les autres au contraire ont pour but d'assurer la liaison des fils de ligne avec les divers appareils. Elles servent en réalité à distribuer le travail et intéressent la totalité des conducteurs circulant dans le bureau. Parmi elles, quelques-unes reviennent assez rarement et une fois faites demeurent un certain temps ; aussi peuvent elles être nommées *permutations lentes* ; tel est, par exemple, le cas d'un conducteur de ligne normalement relié à un appareil : la liaison n'est modifiée qu'en cas d'avarie au conducteur ou à l'appareil. Beaucoup d'autres permutations, au contraire, sont extrêmement fréquentes et résultent du fonctionnement même du service ; telles sont par exemple les liaisons des conducteurs d'une ligne téléphonique avec une

autre ligne également téléphonique. Ce sont, par opposition aux précédentes, des *permutations rapides*.

Quelles que soient les permutations, elles sont toujours obtenues à l'aide des mêmes organismes élémentaires groupés soit à côté de l'appareil même, soit sur des meubles spéciaux affectés, les uns aux permutations lentes (répartiteurs), les autres aux permutations rapides (commutateurs Standard, multiples, etc). Il est bien évident d'ailleurs que ces groupements varient suivant la nature du service à rendre. En tout état de cause, la connaissance de ces groupements suppose l'étude préalable des organismes élémentaires les composant ; c'est cette étude que nous allons aborder.

Classement des commutateurs. — Le nombre des commutateurs est extrêmement considérable ; leurs formes sont très variables ; on peut toutefois les classer en deux grandes catégories, d'après la nature de la fonction qui leur est demandée : les commutateurs pour permutations lentes et les commutateurs pour permutations rapides.

Dans le premier cas, le temps employé à la permutation est à peu près indifférent et les fils aboutissant au commutateur sont reliés *à la main* sur des bornes convenables ; dans le second, les liaisons sont préparées une fois pour toutes et établies en agissant *mécaniquement* sur le commutateur.

Chacune de ces grandes catégories comprend en outre un certain nombre de types caractéristiques résumés dans le tableau suivant :

Commutateurs pour permutations lentes	monocorde.....	Exemple : Rosace	
	dicorde.....	Exemple : Répartiteur	
Commutateurs pour permutations rapides	sans cordon	à levier	levier proprement dit
			cylindre
	avec cordon	à fiche	fiche proprement dit
			jack
	monocorde		
	dicorde		

A. — COMMUTATEURS POUR PERMUTATIONS LENTES

Soient A, B, C, ... les extrémités d'une série de fils de ligne a, b, c, \dots les extrémités d'une série de fils aboutissant à des appareils; le problème de la commutation lente consiste à disposer ces extrémités de telle sorte que l'on puisse relier à la main et sans difficulté un quelconque des fils A, B, C, ... à l'un quelconque des fils a, b, c, \dots

Deux solutions générales permettent de résoudre le problème.

Commutateurs monocordes. — On peut, en premier lieu, faire aboutir à des plots fixes, les extrémités de A, B, C, ..., munir d'attaches spéciales les extrémités des fils a, b, c, \dots

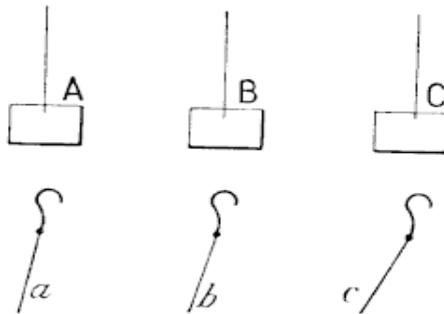


FIG. 321.

et fixer à la main ces attaches sur les plots fixes convenables (*fig. 321*).

Ce montage est dit *monocorde*, car la liaison est obtenue par le rattachement d'une seule extrémité de conducteur.

Dans cette solution, tous les fils a, b, c , arrivent en masse, formant ce qu'on nomme une chevelure; ceux d'entre eux qui ne sont pas déjà reliés aux plots A, B, C, demeurent flottants. Les dispositions les plus convenables sont évidemment celles qui donnent aux bouts mobiles de a, b, c , des longueurs égales

et qui mettent à portée de ces bouts tous les plots fixes, tout en diminuant le plus possible l'emmêlement de la chevelure.

La plus fréquemment employée consiste à répartir tous les plots fixes (*fig. 322*) sur une circonférence tracée sur un pan-

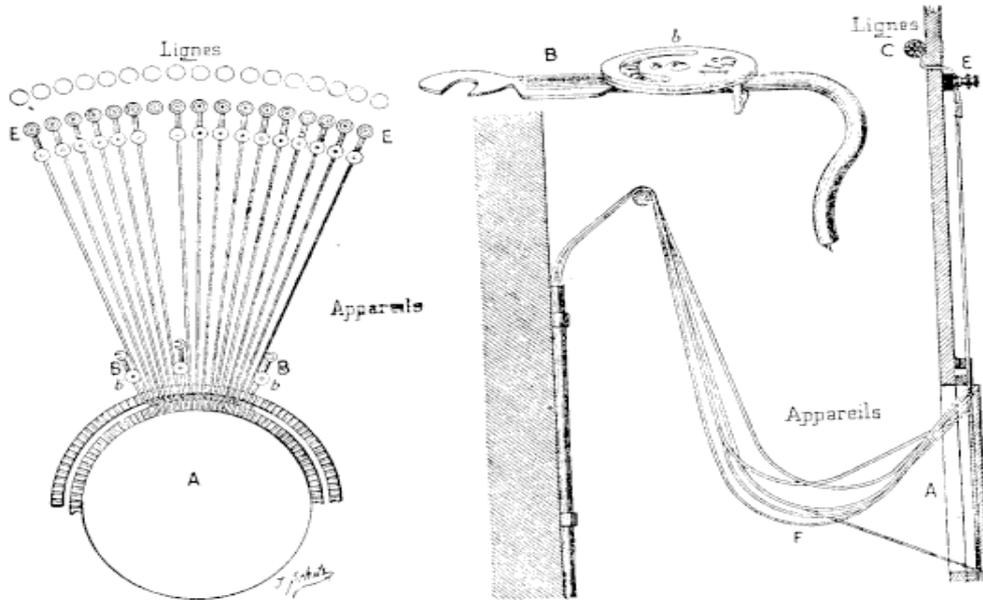


FIG. 322.

neau vertical. Les fils C arrivant à ces plots sont fixés sur la face interne de ce panneau et traversent la boiserie.

Les fils provenant des appareils arrivent au centre de la circonférence et passent sur la face extérieure du panneau : des guides en bois, ainsi qu'un couvercle en bois A, assurent leur direction et cachent aux yeux le désordre de leur venue (rosace télégraphique).

Les inconvénients d'un tel montage sont nombreux. Lorsqu'il s'agit d'un très grand nombre de fils, la répartition des plots sur une circonférence nécessite la construction de panneaux de dimensions très considérables. Ces panneaux, qui doivent être en bois, sont à la fois difficiles à construire, coûteux et sujets à une prompt déterioration. D'autre part, la chevelure, lorsqu'il y a des centaines de fils, est inextricable.

Enfin, le fait de rattacher l'extrémité même du fil mobile à la borne suffirait à faire condamner le système ; car cette extrémité, étant la seule sur laquelle on travaille, se dégrade rapidement ; on est alors amené à couper le conducteur et par suite à tirer en avant une partie de ce conducteur, de manière à compenser le raccourcissement produit.

Le montage en rosace, très répandu encore en télégraphie, doit donc être abandonné et autant que possible supprimé partout où il existe encore.

Commutateurs dicordes. — La seconde solution consiste à faire aboutir d'une part sur une première série de plots tous les conducteurs A, B, C, ..., d'autre part, sur une seconde série

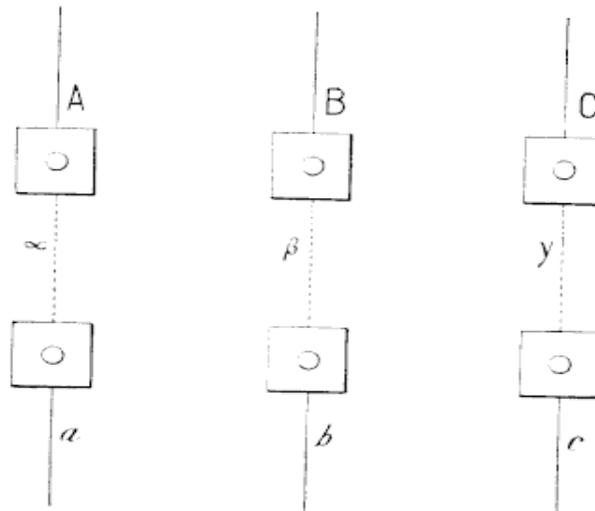


FIG. 323.

de plots, tous les conducteurs a, b, c, \dots , et à réunir les plots entre eux par des fils volants $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ (fig. 323).

Dans ce système, un rattachement d'un conducteur A à un conducteur a exige, en réalité, l'attache de deux extrémités de fil à des plots, d'où le nom de montage *dicorde*.

A priori, ce montage dicorde présente l'avantage de laisser intacts, au cours des manœuvres, les extrémités des conduc-

teurs; de pouvoir disposer à volonté les séries de plots, car on peut user de fils volants de longueur quelconque; il dispense enfin de l'usage obligatoire du bois et permet l'emploi de bâtis en fer.

On peut objecter que les fils volants, à l'exemple des conducteurs a, b, c des rosaces, forment des chevelures inextricables, et que le nombre des manœuvres est double de celui nécessaire dans le système monocorde. Il est toutefois aisé de tourner la première de ces difficultés à condition de donner toujours aux fils volants un chemin régulier.

On y parvient de la manière suivante (*fig. 324*).

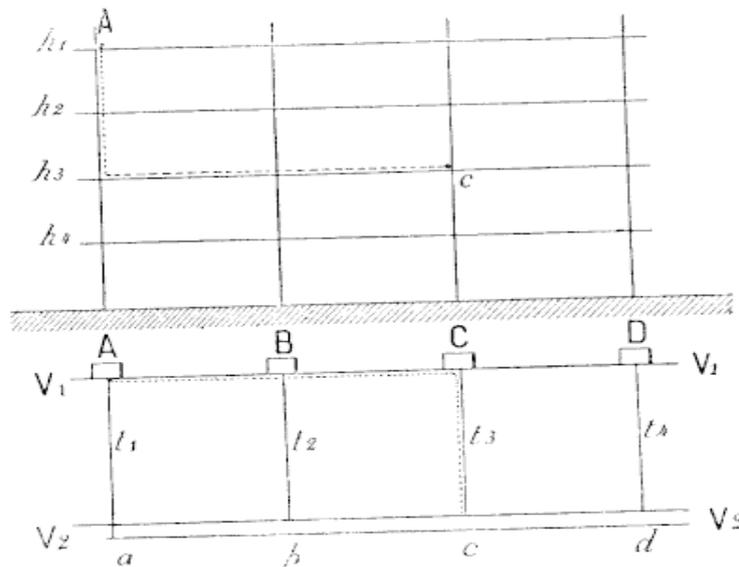


FIG. 324.

Supposons que les bornes $A, B, C, \dots a, b, c, \dots$ soient disposées les unes sur la face verticale V_1V_1 , les autres sur la face verticale V_2V_2 , d'un bâti en fer ayant la forme d'un parallélépipède rectangle; supposons, en outre, que ce bâti soit divisé en un certain nombre de travées horizontales h_1, h_2, h_3, \dots et verticales t_1, t_2, t_3, \dots . Pour réunir par un fil volant une borne A à une borne c par exemple, on convient que ce fil devra toujours descendre d'abord verticalement en suivant la travée verticale

la plus proche de A, puis suivre horizontalement l'étage horizontal le plus proche de c. Le chemin suivi sera, par suite, celui marqué en pointillé sur la figure 324.

Une telle convention a pour résultat de disséminer les fils volants par étages et par travées et, d'autre part, d'éviter tous croisements. Lorsqu'on veut détacher un fil volant, il suffit d'en libérer les deux extrémités et de tirer ensuite sur lui; il vient à l'opérateur sans aucune difficulté.

Les commutateurs dicordes de cette sorte portent le nom de *répartiteurs*.

Ils sont toujours constitués par un bâti métallique. Il est d'usage (*fig. 325*) de répartir les plots coté des lignes sur des

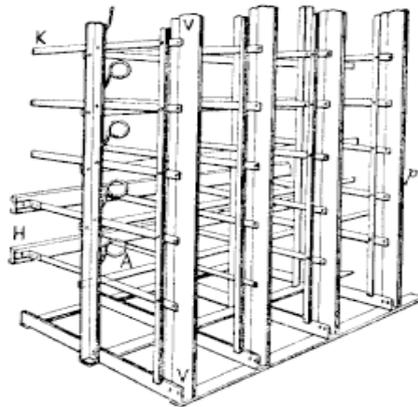


FIG. 325.

montants verticaux V, les plots coté des appareils sur des montants horizontaux H. Une des faces du bâti est réservée aux premiers, l'autre aux seconds. Ces deux faces sont généralement distantes de 0,70 mètre.

La forme des plots varie d'après l'usage et la nature des conducteurs y aboutissant.

Lorsque le câble de ligne venant à l'un des montants V est un câble à circulation d'air ou sous papier, il est d'usage de remplacer ce montant par une boîte en bois (*fig. 326*). Les câbles aboutissent, dans ce cas, à une olive de jonction placée sous

un faux plancher. D'autre part, la boîte est munie intérieurement de conducteurs paraffinés; ceux-ci, à leur sortie, sont enfermés dans un tube de plomb, en même temps que noyés

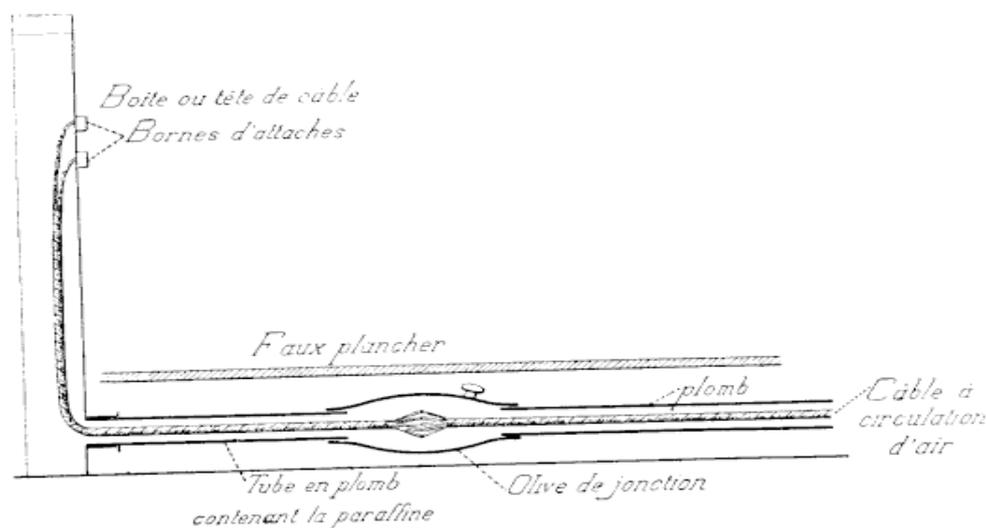


FIG. 326.

dans la paraffine. Leur liaison aux conducteurs de câble se fait ensuite dans l'olive.

B. — COMMUTATEURS POUR PERMUTATIONS RAPIDES

Dans les commutateurs pour permutations rapides, il n'est plus question de rattachement des fils à la main : c'est la manœuvre d'une ou plusieurs pièces métalliques qui détermine, par des jeux de ressorts appropriés, la connection de circuit désirée.

On distingue deux grandes catégories de commutateurs rapides, les commutateurs sans cordon, et ceux avec cordon.

§ 1. — Commutateurs rapides sans cordons

Les commutateurs rapides de cette catégorie se classent eux-mêmes en commutateurs à levier et commutateurs à fiches.

Commutateurs à levier. — Les commutateurs à levier sont de beaucoup les plus répandus. Tous sont basés sur le principe suivant.

Une pièce mécanique mobile porte des ressorts liés à l'une des séries de fils A, B, etc., et peut se déplacer devant d'autres pièces fixes ou à ressorts normalement liées à la seconde série de fils *a*, *b*, etc... Suivant que la pièce mobile occupe une position ou une autre, la connection est établie entre les fils A, B, ..., *a*, *b*, ... d'une manière ou d'une autre.

Il est clair qu'un mécanisme de cet ordre ne peut commander avec certitude qu'un nombre limité de pièces de contact et que, par suite, les combinaisons de connection réalisées à l'aide des commutateurs à levier sont toujours en petit nombre.

Les principales variétés des commutateurs à levier sont les commutateurs *à levier proprement dit*, les commutateurs *à cylindre* et les *commutateurs à clé*.

Le type le plus simple des commutateurs à levier proprement dit est le commutateur à manette à simple ou double direction.

Tantôt le levier porte les ressorts de contact (*fig.* 327 et 328) ; tantôt, au contraire, il porte des pièces métalliques et les ressorts sont fixes (*fig.* 329).

La seconde forme semble d'ailleurs préférable à la première, car les ressorts entraînés par une manette ont une tendance à se fausser et à ne plus assurer les contacts.

Assez limités comme emploi dans les installations télégraphiques, les commutateurs à leviers sont au contraire extrêmement répandus dans les montages de postes téléphoniques. Dans

ce cas, ils sont toujours à six directions et c'est l'action d'un poids et d'un ressort antagoniste qui déterminent la manœuvre du levier. La nature du problème à résoudre (mise du circuit sur

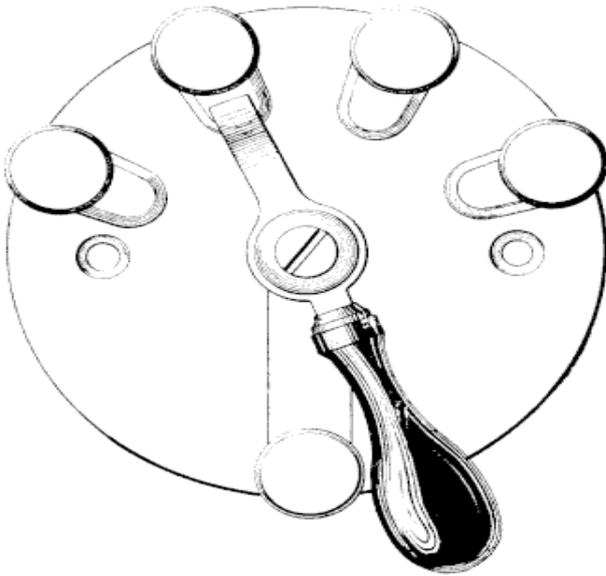


FIG. 327.

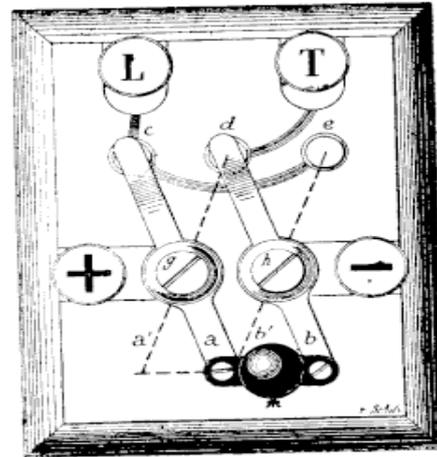


FIG. 328.

sonnerie, ouverture du circuit microphonique dans une des positions, mise du circuit sur écouteurs et fermeture du circuit

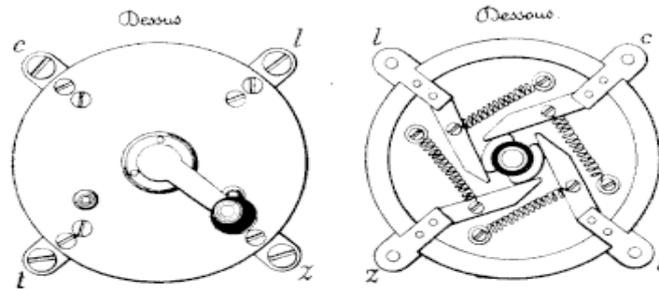


FIG. 329.

microphonique dans l'autre) amène à former le levier d'au moins deux parties séparées électriquement. Le schéma des connexions et l'agencement varient à l'infini. A titre d'exemple,

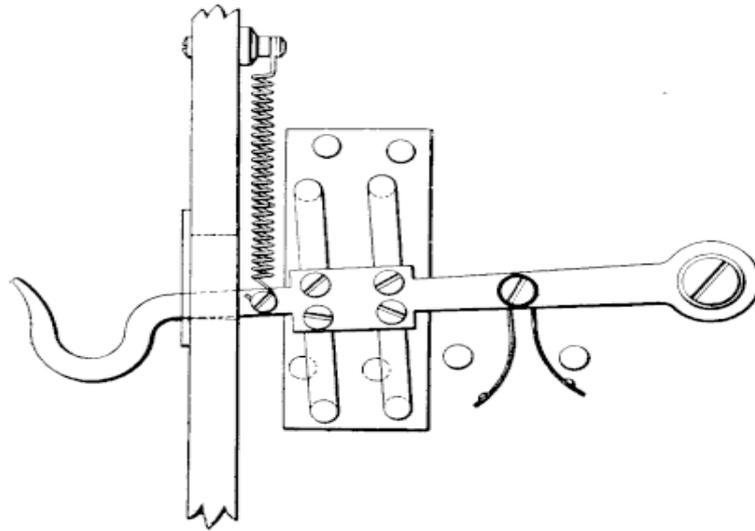


FIG. 330.

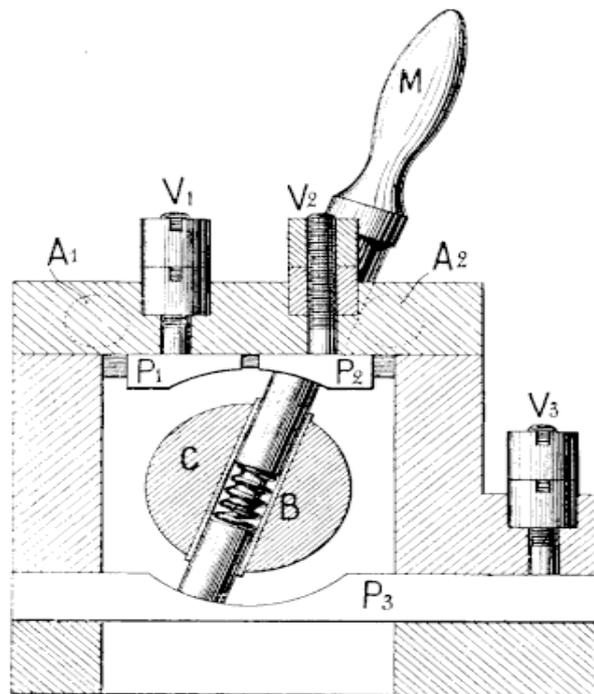


FIG. 331.

la figure ci-contre (*fig.* 330) représente un commutateur de ce genre dû à M. Pasquet et qui a l'avantage d'être remarquablement simple, tout en n'utilisant que des contacts à frottement.

Dans la seconde variété des commutateurs à leviers (commutateurs à levier et à cylindre), le levier commande la manœuvre d'un cylindre entièrement monté comme les manipulateurs à cylindre déjà décrits. La figure 331 représente à titre d'exemple un commutateur de ce genre, dû à Baudot.

Enfin très fréquemment le commutateur à levier se réduit à une clé commandée par un bouton-poussoir ou un levier à excentrique. Ces formes se confondent avec celle des manipulateurs à ressorts fixes et ressorts mobiles (*fig.* 36 à 40) : il est donc inutile d'y revenir.

D'une manière générale, depuis l'extension de la téléphonie, l'emploi des commutateurs à leviers pour certaines opérations spéciales s'est extrêmement répandu. Les types construits sont devenus à la fois moins encombrants et plus sûrs comme fonctionnement. On doit remarquer toutefois que ce fonctionnement est malgré tout relativement précaire et reste une des sources importantes de dérangements.

On devra préférer les types où les contacts sont franchement à frottement, où les ressorts sont montés individuellement et faciles à surveiller.

Commutateurs à fiches. — La deuxième classe des commutateurs rapides sans cordon est constituée par les commutateurs à fiche. Très répandue à l'origine de la télégraphie, elle est devenue actuellement l'une des moins en usage. Il est néanmoins important de la connaître, car c'est d'elle, en réalité, que dérivent la plupart des commutateurs rapides avec cordon.

Le principe des commutateurs à fiches est le suivant. Les fils A, B, C et les fils *a*, *b*, *c* aboutissent à des pièces métalliques en regard les unes des autres. En enfonçant ou en retirant une fiche entre ces pièces, on établit ou on supprime la communi-

cation entre les pièces en regard et par suite entre les fils A, B, C, et les fils *a*, *b*, *c*.

Les commutateurs à fiche se divisent en deux catégories suivant leur complexité : les commutateurs à fiche proprement dits et les commutateurs à jacks.

I. Commutateurs à fiches proprement dits.

Les commutateurs à fiches proprement dits comportent des blocs métalliques placés en regard les uns des autres et nor-

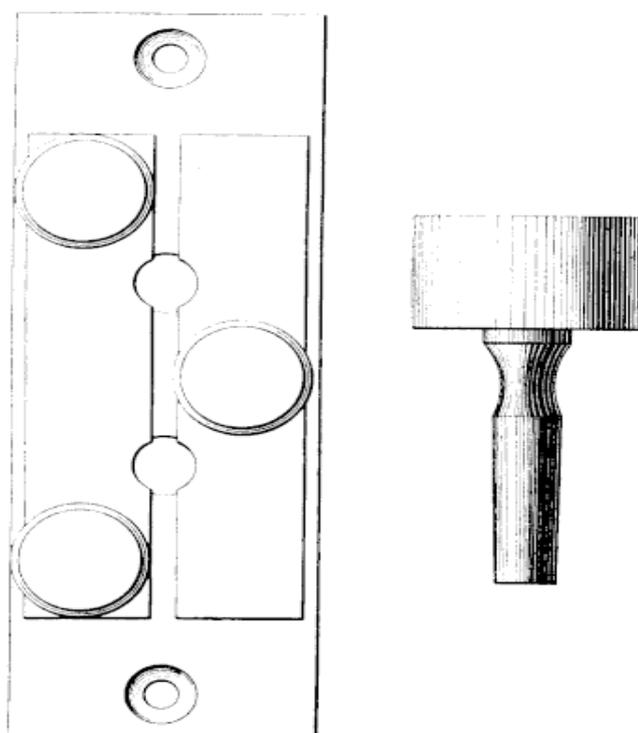


FIG. 332.

malement reliés aux fils à permuter. Une entaille circulaire faite sur les blocs en regard constitue un logement dans lequel on peut introduire une fiche métallique de forme tronconique (*fig. 332*). Cette fiche est parfois fendue à la partie infé-

rieure de manière à faire ressort et à prendre meilleur contact.

Lorsque le nombre des fils à connecter est considérable, la disposition est un peu différente. Les blocs métalliques correspondant aux fils A, B, ..., deviennent de longues réglettes, les blocs correspondant aux fils a, b, ..., d'autres réglettes placées transversalement aux premières et sur un plan différent. Des trous correspondants sont percés dans les barrettes à chaque point de croisement et reçoivent les fiches destinées à établir la communication. L'ensemble est fréquemment désigné sous le nom de *commutateur suisse* (fig. 333).

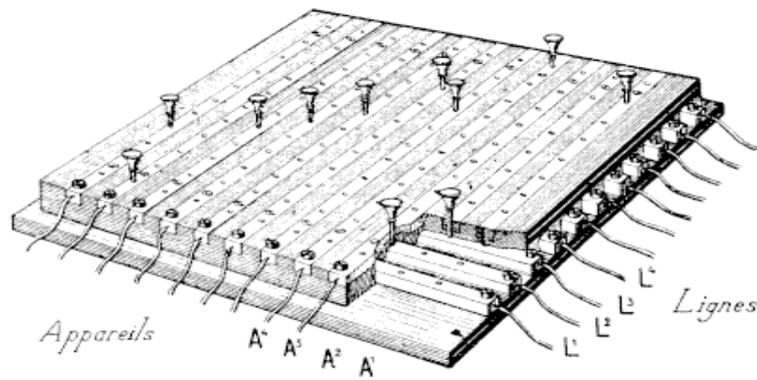


FIG. 333.

Dans ce montage plus encore que dans le précédent, la fiche donne souvent des contacts défectueux en raison des poussières et de l'usure des surfaces. On y remédie dans certains cas en munissant la fiche d'un ressort (fig. 334). L'ouverture

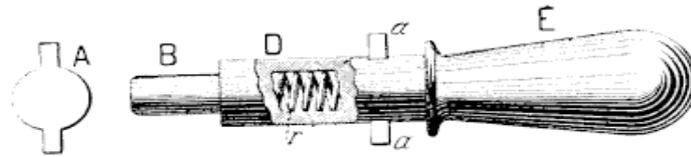


FIG. 334.

pratiquée sur la barrette supérieure du commutateur a alors la forme A. On enfonce la fiche en surmontant l'action du ressort antagoniste r jusqu'à ce que les taquets a aient pénétré

*

dans la barre et on tourne de 90°. La fiche reste ensuite assurée dans sa position sous l'action du ressort r .

Même ainsi amélioré, le commutateur à fiche présente toujours de notables désavantages. Il devient rapidement encombrant ; son usage expose également à des méprises. On en fait cependant un grand usage en Belgique et aux États-Unis.

II. Commutateurs à jack

Les commutateurs à jack sont de véritables commutateurs à fiches où les blocs métalliques sont armés de ressorts susceptibles d'une part de prendre un bon contact avec la fiche, d'autre part de modifier leurs positions relatives de manière à produire un certain nombre de commutations supplémentaires.

L'ensemble sur lequel sont montés les ressorts porte le nom de *jack*.

Le type initial du jack dérive directement du commutateur à fiche précédemment décrit. Il comporte (*fig. 335*) un bloc

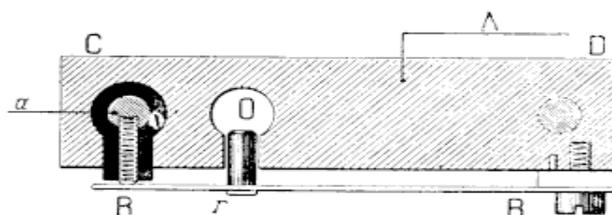


FIG. 335.

métallique D relié à l'un des conducteurs A et percé d'un trou O pour la fiche, une partie C isolée du bloc et reliée au conducteur a . A l'état de repos, un ressort R établit la communication entre A et a . Lorsqu'on enfonce la fiche en O, celle-ci chasse en même temps une goupille isolante portée par R et écarte celui-ci de sa butée, rompant la communication.

Remarquons que rien n'empêche de superposer une série de blocs analogues séparés les uns des autres par une lame d'ébonite ; si l'on donne à la fiche une longueur suffisante, on peut alors produire sur chaque bloc une commutation différente.

Cette forme initiale, massive et lourde, a été bientôt remplacée par une autre beaucoup moins encombrante et offrant beaucoup plus de ressources pour les combinaisons.

En principe, le jack actuellement en usage comprend deux parties : une douille d'entrée à ouverture circulaire, une partie arrière servant de support aux ressorts de contact, reliée à la douille et isolée ou non de celle-ci.

La figure 336 représente un jack réduit à ces éléments essentiels, c'est-à-dire une douille D et un arrière isolant portant deux ressorts r et r' et relié lui-même à la douille par une tige t .

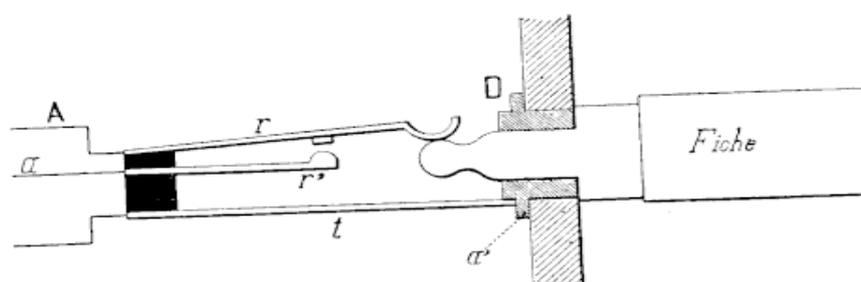


FIG. 336.

Au repos, les ressorts r et r' sont en contact. En revanche, dès qu'on introduit une fiche dans la douille, la tête de la fiche écarte le ressort r et rompt la communication avec r' .

Remarque. — 1° Il est clair que le nombre des ressorts fixés sur l'arrière peut être beaucoup plus considérable; on peut donc augmenter aussi le nombre des commutations exécutées par un coup de fiche;

2° Une manière simple d'accroître ce nombre consisterait évidemment à relier la fiche à un ou plusieurs conducteurs. C'est de cette observation essentielle que dérivent tous les commutateurs à cordons;

3° Le commutateur à jack sans cordon est d'un usage très restreint. Il constitue cependant, dans bien des cas, une ressource d'autant plus précieuse que sa similitude avec les commutateurs à jack pourvus de cordons est complète. Il permet-

trait donc fréquemment de faire face à des besoins spéciaux sans multiplier inutilement les types du matériel (mâchoires commutatrices, etc...).

§ 2. — Commutateurs rapides avec cordons

Les commutateurs rapides avec cordons comportent tous les mêmes organes essentiels : un jack, une fiche et un cordon. Ils ne diffèrent les uns des autres que par le mode d'emploi. Les commutateurs à cordons étant d'un usage à peu près exclusif dans les grands bureaux, il convient d'étudier d'abord attentivement la forme de leurs organes constitutifs. Nous verrons ensuite les procédés généraux choisis pour leur utilisation.

Principe. — Un commutateur à cordon diffère du commutateur à jack sans cordon par ce seul fait que la fiche est elle-même reliée à un ou plusieurs conducteurs à l'aide de cordons souples (*fig. 337*).

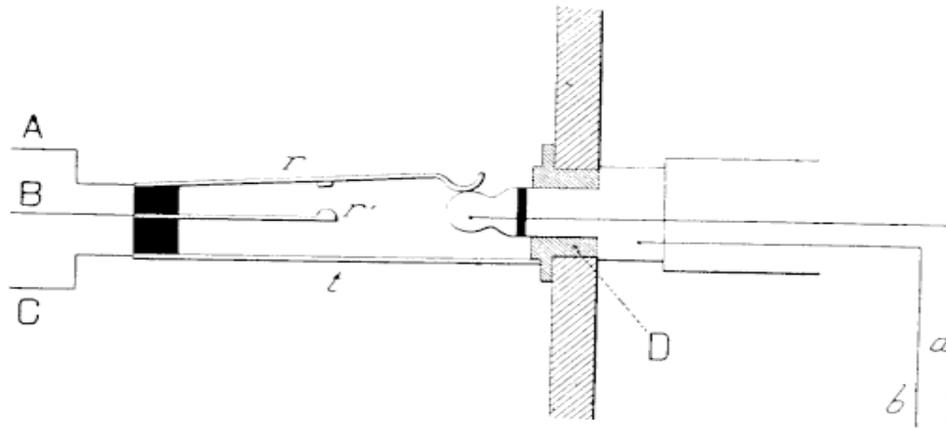


FIG. 337.

En pratique, le nombre des conducteurs reliés à la fiche varie de un à trois.

Lorsqu'il est de un, la fiche est d'une seule pièce.

Lorsqu'il est de deux, la fiche est en deux pièces, la *tête* et

l'arrière isolés électriquement et communiquant chacun avec un des conducteurs : la tête est chargée d'écarter les ressorts montés à l'arrière du jack, le corps prend contact avec la douille.

Lorsque, enfin, le nombre des conducteurs reliés à la fiche est de trois, la fiche est en trois pièces, la *tête*, le *corps* et *l'arrière*, isolés électriquement et communiquant chacun avec un conducteur. La tête et le corps agissent sur des ressorts distincts, l'arrière prend contact avec la douille.

Si l'on se reporte à la figure 337 représentant une fiche à deux conducteurs enfoncée dans un jack, on voit que les fonctions résultant de l'insertion de la fiche dans le jack sont de deux sortes : les unes sont des mises en communication de la fiche avec des extrémités de fils déterminées, telles que A et C ; les autres sont des ruptures de circuit correspondant à la séparation de r avec r' .

On désigne sous le nom de *jack à simple fil*, à *double fil*, ceux qui correspondent à une fiche à un ou deux conducteurs

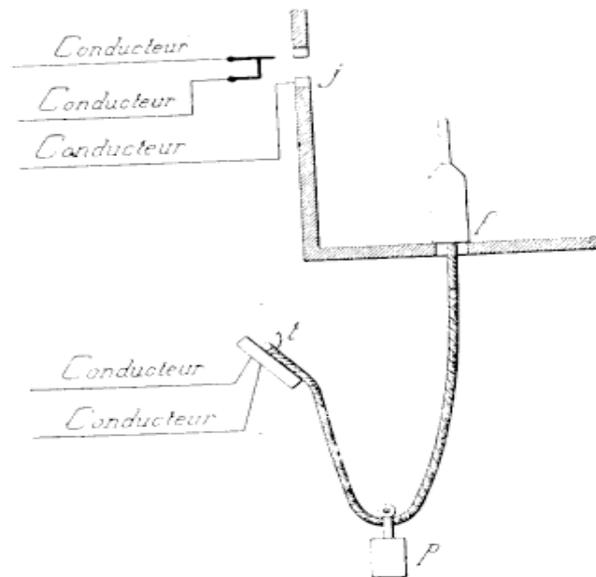


FIG. 338.

ou encore ceux qui donnent lieu à la mise en communication

de la fiche avec un ou deux fils: sous le nom de *jack à simple rupture*, à *double rupture*, ceux dans lesquels l'introduction de la fiche produit la séparation de deux ressorts ou de quatre ressorts normalement au contact deux à deux.

L'ensemble théorique du jack, de la fiche au repos et du cordon, est représenté figure 338. Le jack j est fixé sur une tablette verticale. La fiche f repose par sa partie arrière dans un petit logement creusé sur une tablette horizontale. Le cordon reliant la fiche au conducteur est fixé d'une part à la fiche et, d'autre part, à une tablette spéciale t faisant partie du meuble; il est, en outre, tendu par un contrepoids p suspendu sur lui à l'aide d'une chape.

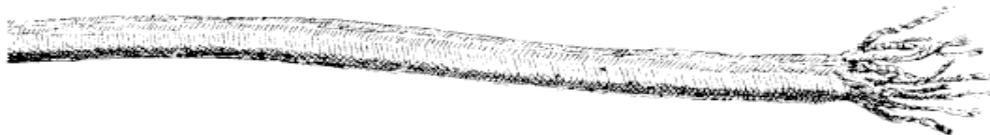
La présence de ce contrepoids a pour effet de maintenir la fiche verticale au repos et le fil toujours tendu, quelle que soit la position de la fiche.

Cordons. — Les cordons sont constitués par des conducteurs métalliques très souples, recouverts généralement de deux guipages — tous deux en coton, ou l'un en coton, l'autre en soie — et réunis ensemble sous un guipage commun en coton. Les conducteurs métalliques sont parfois en or faux, parfois constitués par un petit boudin en laiton, parfois par une âme en or faux entourée d'un boudin en laiton.

L'emploi de l'or faux est actuellement condamné par la pratique, car les fils minces constituant le toron se coupent et, traversant les guipages, forment fréquemment des court-circuits à l'intérieur du cordon. Leur résistance est aussi trop élevée.

A ses extrémités, le cordon est muni de ferrets et d'œillets, les premiers servant à l'attache sur la planchette, les seconds à l'attache sur la fiche.

La planche 339, mieux que toute explication, montre comment on prépare les extrémités du cordon pour leur permettre de recevoir ces ferrets ou œillets.



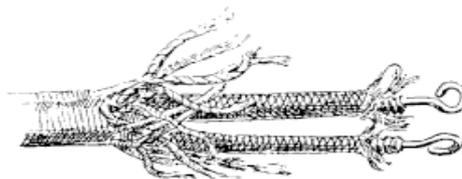
1. — Cordon non monté.



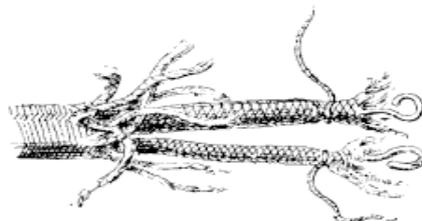
2. — La tresse supérieure du cordon est enlevée de manière à laisser libres les deux brins d'une paire.



3. — Sur chaque paire on retire, vers la gauche, la tresse de manière à dégager le conducteur.



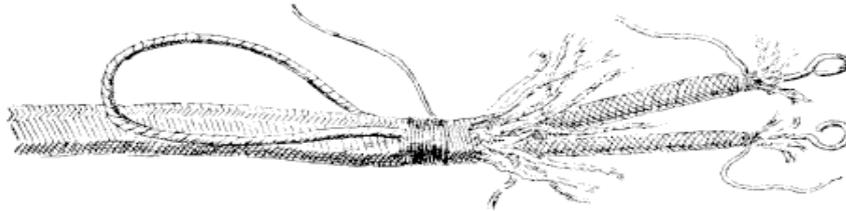
4. — On soude sur le conducteur un œillet ou un ferret (suivant l'extrémité du cordon qui doit être préparée).



5. — On ranière la tresse de chaque brin sur la soudure et on l'arrête avec un tour de fil ciré.



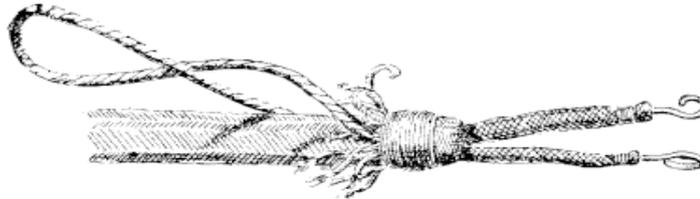
6. — On arrête la tresse extérieure du cordon avec un tour de fil ciré, en ayant soin d'intercaler un brin de ficelle sur les deux moitiés du cordon, de manière à rendre circulaire la partie sur laquelle se fera l'arrêt.



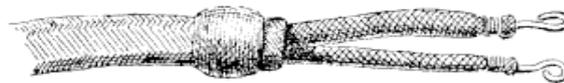
7. — On achève d'arrêter les brins et la tresse supérieure avec du fil trempé dans la cire.



8. — On charbe les brins autour des œillets ou ferrets; on rabat la tresse extérieure sur le toron déjà formé.



9. — On recouvre la partie rabattue de la tresse à l'aide de fil trempé dans la cire.



10. — On charbe enfin la tresse supérieure et l'on coupe la ficelle qui a servi à rendre le toronage circulaire.

Attache du cordon à la planchette. — Les attaches soit à la planchette, soit à la fiche, nécessitent de grandes précautions en raison du contrepoids qui tend à les détruire et de l'arrachement de la fiche hors du jack, manœuvre qui comporte toujours, en pratique, une traction sur le cordon.

L'attache sur la tablette est produite par divers procédés ayant tous pour objet d'empêcher la traction du contrepoids de s'exercer sur le conducteur métallique.

Les plus usuels sont les suivants.

Le cordon, attaché à des plots doubles de raccordement, passe dans une sorte d'étrier vissé dans le bois et serrant fortement la tresse du conducteur (*fig. 340*).

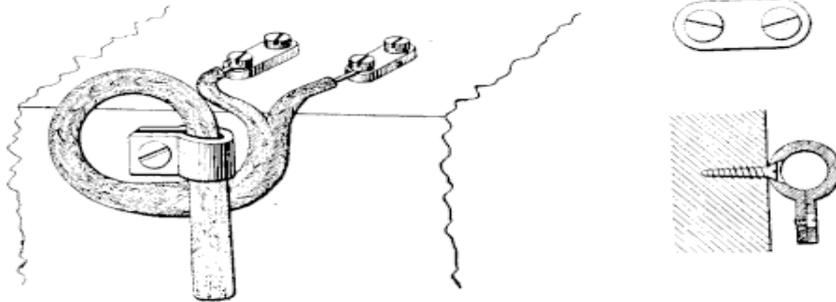


FIG. 340.

Un dispositif moins heureux consiste à rabattre la tresse et à pincer celle-ci sous un cavalier; les extrémités des conducteurs sont garnies d'un fort boudin E à spires serrées qui est engagé deux fois dans les trous d'une équerre (*fig. 341*).

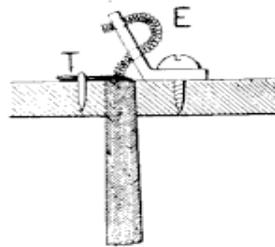


FIG. 341.

Dans un dernier mode, les conducteurs portent en guise de ferret une tige droite; cette tige est engagée entre deux res-

sorts qui la pincent sur toute sa longueur et qui font partie d'une sorte de cuiller fixée à la planchette (*fig. 342*).

Le corps du cordon est engagé, en outre, dans un ressort

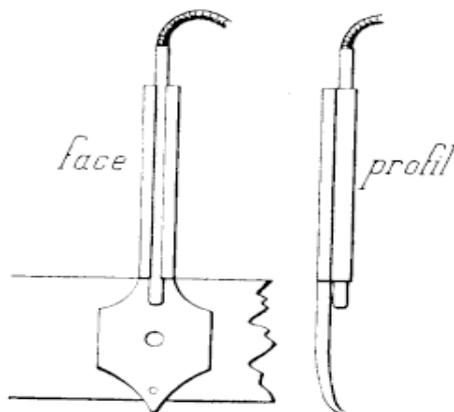


FIG. 342.

circulaire maintenu par une vis à l'intérieur d'un anneau de suspension.

Avant d'examiner l'attache du cordon à la fiche, il convient d'examiner auparavant la forme de la fiche elle-même.

Fiches. — Il existe un grand nombre de types de fiches; leur construction est, en général, fort compliquée. A titre d'exemple nous représentons ci-dessous trois modèles de fiches,

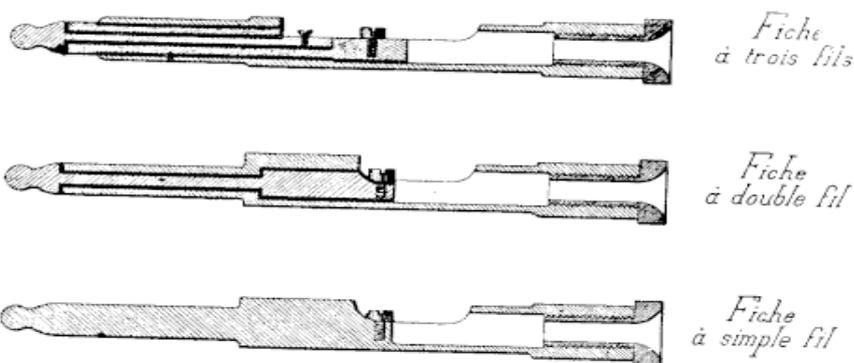


FIG. 343.

l'une à simple fil, l'autre à double fil, la dernière à trois fils; ils donnent une idée des difficultés de construction de ces organes (*fig. 343*).

Attache du cordon à la fiche. — L'attache du cordon à la fiche est fort difficile, non seulement en raison du peu de longueur de la fiche, mais encore parce que cette attache doit réunir trois conditions :

1° Laisser le cordon très libre à la sortie de la fiche de façon à éviter le cisaillement du cordon ;

2° Faire porter la traction sur la seule tresse extérieure ;

3° Empêcher le cordon de tourner sur lui-même, ce qui aurait pour conséquence d'amener la rupture des conducteurs aux attaches.

Parmi les très nombreux procédés utilisés en pratique et qui sont, pour la plupart, défectueux, nous n'en décrivons qu'un seul, actuellement généralisé dans l'administration française et qui paraît donner de bons résultats.

L'arrière de la fiche (*fig. 344*) est muni d'un talon et d'une partie filetée portant une ouverture oblongue *o*.

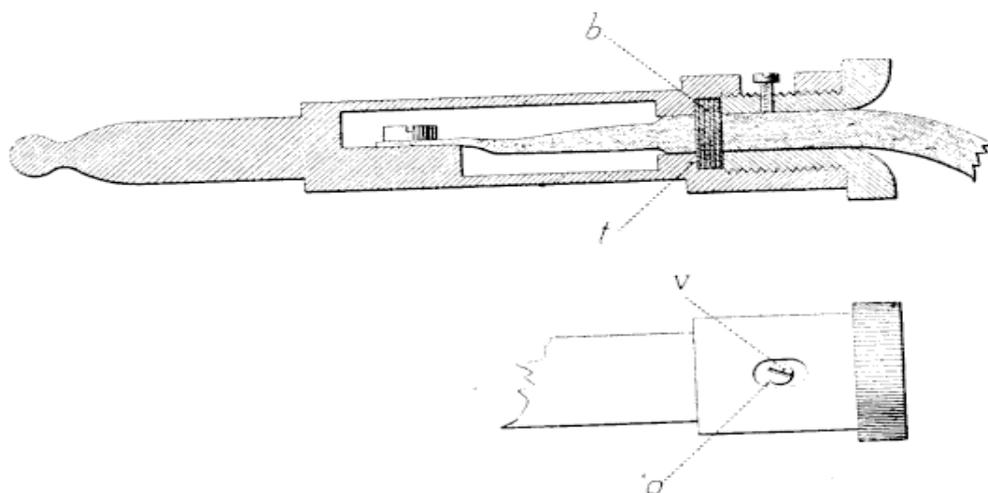


FIG. 344.

Le cordon est muni d'un fort bourrelet *b* en ficelle qui sert à arrêter la tresse extérieure et qui vient buter contre le talon *t*. Un bouchon, portant quatre trous de vis à 90° placés sur une même spire de l'hélice, est ensuite vissé sur le filetage et serre le bourrelet entre sa base et le talon de la fiche.

Le serrage terminé, on le règle de manière à amener l'un des quatre trous de vis en regard d'une des ouvertures extérieures et l'on introduit une vis *F* qui fixe l'ensemble d'une manière définitive.

Jacks. — Les types de jacks comme les types de fiches varient à l'infini. Il faut donc nous contenter ici de donner en quelque sorte la figure schématique des modèles les plus usuels.

Ces modèles sont les suivants :

1° Jack à simple fil avec ou sans rupture (*fig. 345*);

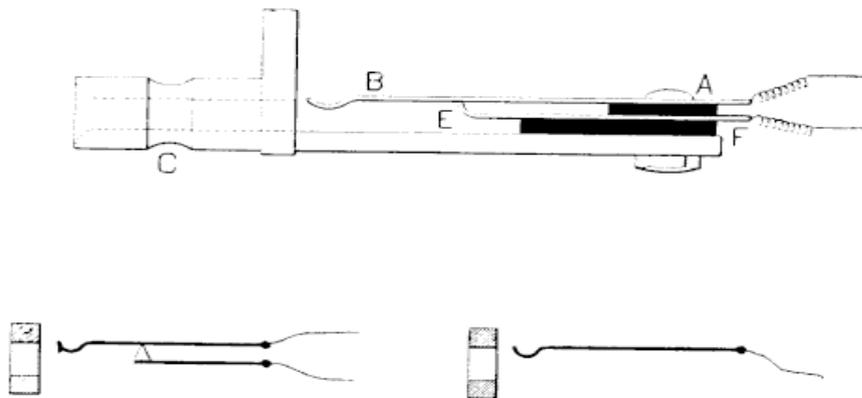


FIG. 345.

2° Jack à double fil et simple rupture (*fig. 346*);

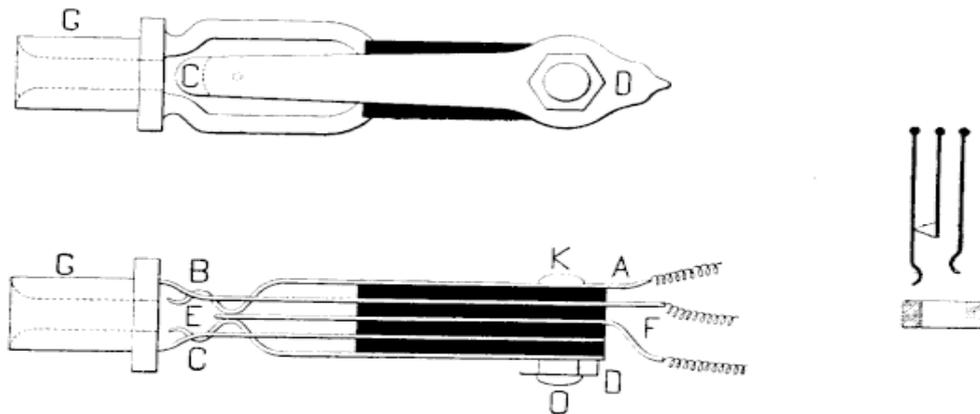


FIG. 346.

3° Jack à double fil et double rupture (*fig. 347*);



FIG. 347.

4° Jack à double fil, double rupture et contact de la douille avec un troisième fil (*fig. 348*).



FIG. 348.

Dans certains cas spéciaux, il est aisé d'accroître encore le nombre de ces commutations en rendant, à l'aide d'une goupille isolante, des ressorts supplémentaires solidaires des ressorts actionnés par la fiche (*fig. 349*).

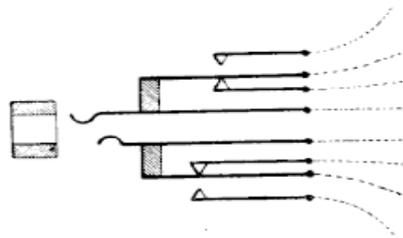


FIG. 349.

Lorsque le nombre des jacks n'est pas considérable, il est d'usage de les monter individuellement sur un panneau en bois destiné à les supporter. La douille porte à cet effet un épanouissement permettant de la fixer.

Lorsqu'au contraire le nombre des jacks est très élevé, on a l'habitude de rendre solidaires un certain nombre de jacks, 20 en général, quelquefois 50, et l'ensemble ainsi formé constitue une *réglotte* (Voir *fig. 450*).

Formes anciennes du jack. — De même que les commutateurs à jacks sans cordon, les commutateurs à jacks avec cordon ont passé par un certain nombre de formes initiales avant d'aboutir à la forme actuelle.

Parmi celles-ci, il convient d'en mentionner trois qui sont encore relativement répandues en France.

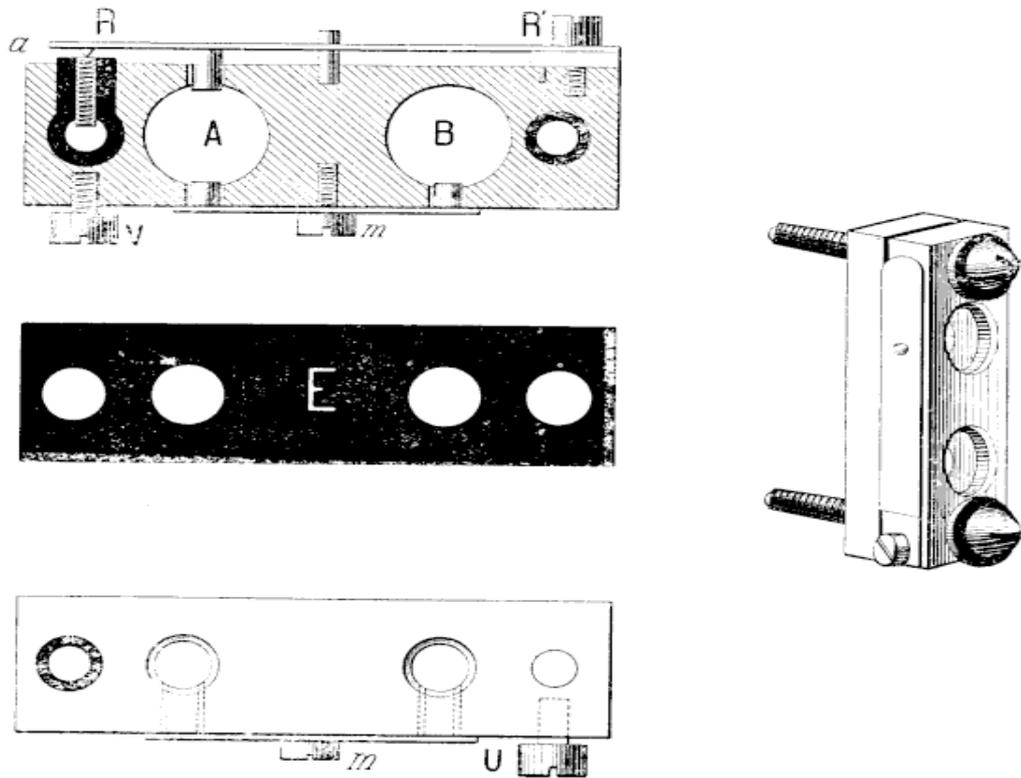


FIG. 350.

La première, dite *Jack-Knife* (fig. 350), se compose de deux blocs métalliques V et U, isolés par une lame d'ébonite E. Des trous percés en A et B, à travers les trois plaques, permettent l'introduction d'une fiche à deux conducteurs, la tête de la fiche prenant contact avec la plaque postérieure, l'arrière de la fiche avec la plaque antérieure.

La plaque antérieure est, en outre, munie d'un dispositif de rupture. Ce dispositif comporte un ressort RR' armé d'une

goupille isolante qui pénètre dans l'ouverture A et qui repose normalement sur une butée *a* isolée de la plaque et reliée à un conducteur quelconque. Il résulte de l'ensemble du montage qu'on sépare R de sa butée, ou qu'on le laisse au contact, suivant que la fiche est enfoncée dans le trou A ou dans le trou B.

La deuxième forme (*fig. 351*), très voisine de la précédente, est due à M. Mandroux. Elle comporte encore deux plaques

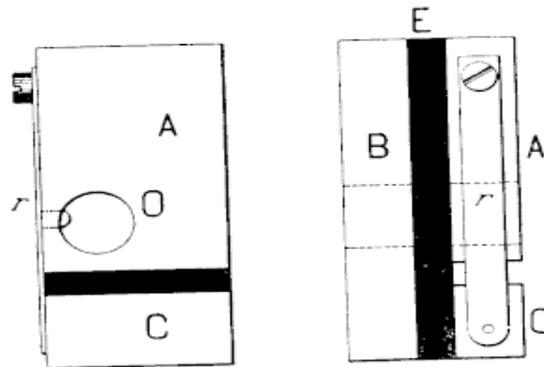


FIG. 351.

métalliques A et B, séparées électriquement par une lame d'ébonite E. Un troisième bloc C est isolé des précédents, mais relié normalement à A par un ressort *r*. Lorsqu'on enfonce la fiche en O, les conducteurs de la fiche prennent comme précédemment contact avec chacune des plaques A et B; en outre le ressort *r* est écarté et la communication entre A et C se trouve interrompue.

A l'une comme à l'autre de ces formes on doit reprocher la difficulté très grande d'obtenir un bon contact entre le canon du jack et le cylindre de la fiche.

La troisième forme, due à M. Sieur, échappe à cet inconvénient.

Dans cette forme (*fig. 352*), le jack qui porte le nom de *conjoncteur* est formé par un ou plusieurs crochets A appuyant chacun fortement sous l'action d'un ressort N sur une semelle métallique M. La fiche est formée de deux crochets isolés l'un

de l'autre *a* et *b* (*fig.* 353). Elle s'engage entre les crochets du conjointeur en surmontant la pression des ressorts *N* et en les écartant de la semelle *M*.

Ce double effet est utilisé pour établir, d'une part, un contact électrique entre la fiche et le conjointeur et, d'autre part, provoquer au besoin une rupture de circuit, si par exemple



FIG. 353.

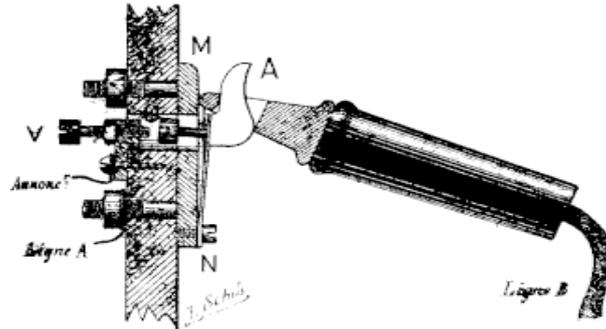


FIG. 352.

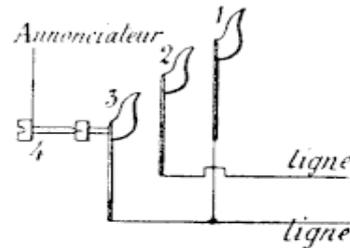


FIG. 354.

le crochet du conjointeur repose à l'état normal sur une butée *V*.

Les trois systèmes, de valeur inégale, sont tous cependant condamnables en raison de leur encombrement.

Leur emploi tend de plus en plus à être abandonné.

De même que dans le commutateur Jack-Knife, si l'on constitue le conjointeur Sieur à l'aide de trois crochets 1, 2 et 3 dont l'un est à rupture, on voit qu'on provoquera ou non la rupture suivant qu'on engagera la fiche sur les crochets 1 et 2 ou sur les crochets 2 et 3 (*fig.* 354).

Mâchoires. — Il existe enfin pour des cas particuliers une

forme de jack extrêmement robuste, connue sous le nom de *mâchoire à contacts*.

Elle consiste généralement en un bâti isolant (*fig. 355*) sous lequel sont vissées des bandes de laiton servant aux prises de contact. La fiche, dans ce cas, affecte, elle aussi, une forme spéciale; elle est formée d'une palette en substance isolante portant des ressorts en acier isolés les uns des autres. Ceux-ci

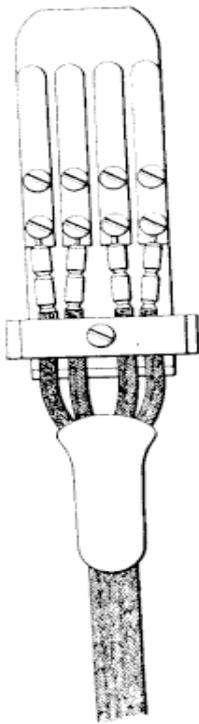


FIG. 356.

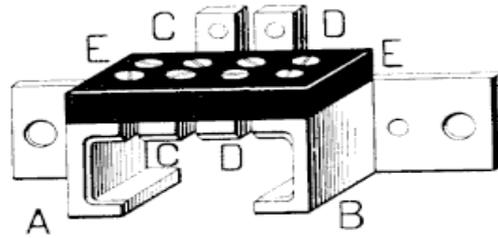


FIG. 355.

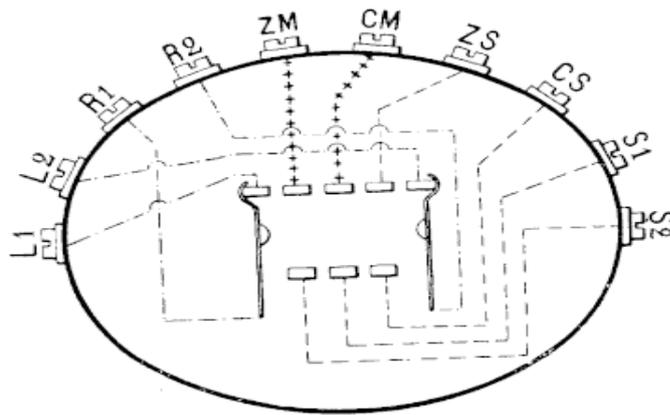


FIG. 357.

correspondent aux bandes métalliques de la mâchoire et prennent contact contre elles (*fig. 356*).

L'appareil ainsi constitué ne peut servir qu'à des prises de communication. Muni de ressorts latéraux, il permet aussi de produire des ruptures au moment où la fiche est introduite. La figure 357 donne ainsi les communications d'une mâchoire à huit contacts et à double rupture.

Dispositifs monocorde & dicorde. — Étant connus ces éléments, jack, fiche et cordon, comment les utiliser ?

Le premier agencement qui se présente à l'esprit, et aussi le plus simple en apparence, consiste à relier directement les fils du cordon à l'un des groupes de lignes *a, b, c*, et le jack à l'autre groupe A, B, C. En enfonçant la fiche dans le jack, on obtient ainsi la liaison demandée, et cela par une manœuvre unique (*fig. 358*).

Un tel montage est dit *monocorde*.

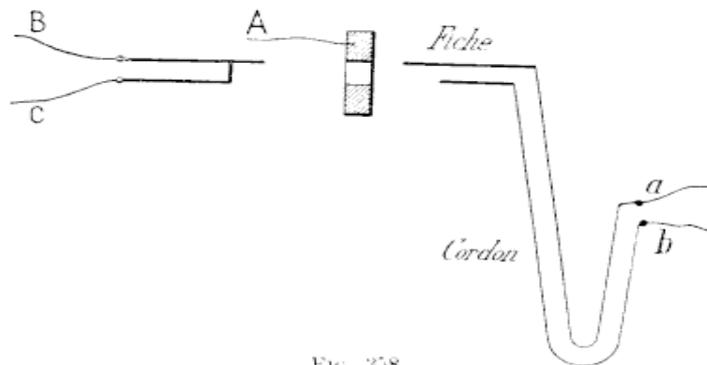


FIG. 358.

Il présente en réalité de graves inconvénients qui sont les suivants :

1° Diversité de liaison des groupes A, B, C, et des groupes *a, b, c*, les uns étant reliés à un organe fixe — le jack — les autres, à un organe mobile — le cordon ;

2° Solidarité absolue du cordon et des conducteurs *a, b, c*. Or on a vu que le cordon était un organe délicat, fréquemment mis hors d'usage ;

3° Obligation d'avoir autant de fiches et de cordons qu'il y a de groupes *a, b, c*.

Le second agencement, un peu plus complexe, consiste à relier chacun des groupes A, B, ... et *a, b, ...* à des jacks semblables. Leur liaison est alors établie à l'aide de *deux* cordons disposés comme sur la figure 359, c'est-à-dire par *deux* manœuvres successives. Le montage est alors dit *dicorde*.

Il présente les avantages suivants :

1° Identité complète de montage des groupes A, B, C, ... et a, b, c, \dots ;

2° Indépendance absolue des lignes et des cordons ;

3° Possibilité d'introduire commodément des appareils supplémentaires au milieu de la liaison, en OO' ;

4° Enfin, les lignes et les cordons étant indépendants, il suffit

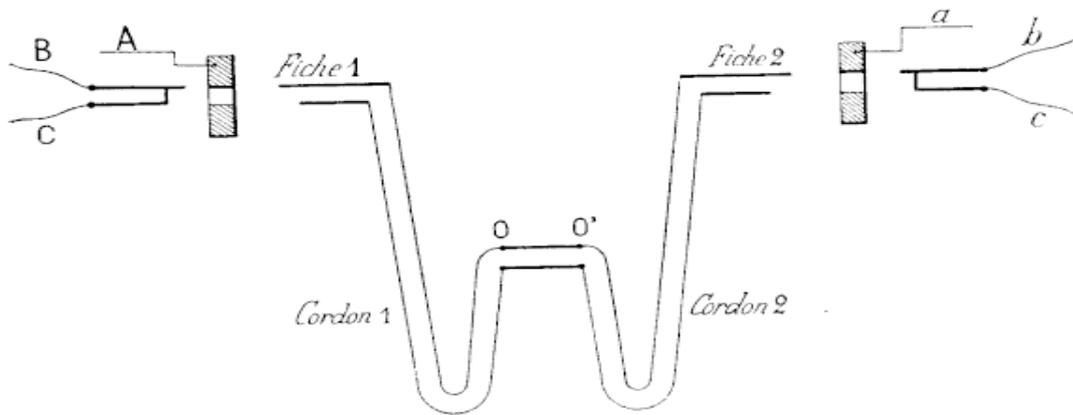


FIG. 359.

de disposer d'un nombre de cordons doubles égal non plus à celui des groupes a, b, c, \dots mais au nombre maximum des liaisons simultanées que le service est appelé à réaliser.

D'une manière générale et sauf des cas exceptionnels où la rapidité des manœuvres devient essentielle, il a toujours paru que ces avantages étaient suffisants pour compenser la légère complication d'une double manœuvre.

C'est donc le montage en dicorde que nous aurons l'occasion de rencontrer presque universellement dans la pratique.

CHAPITRE III

ORGANES D'ESSAI

Les appareils servant aux essais dans les bureaux sont exclusivement des galvanomètres et des résistances.

Différentes sortes de galvanomètres. — Le passage d'un courant d'intensité i dans un conducteur peut produire trois sortes d'effets.

Si le conducteur est un électrolyte, par exemple un sel de cuivre, celui-ci est décomposé et le poids du métal déposé est proportionnel à la quantité d'électricité it qui a traversé l'électrolyte.

Si le conducteur est métallique et de résistance ohmique r , il s'échauffe et la chaleur dégagée est proportionnelle à ri^2 .

Enfin, si le conducteur est placé dans un champ magnétique, il est soumis à un effort mécanique proportionnel à l'intensité i du courant et à la valeur de l'induction magnétique du champ.

Il en résulte que l'on peut construire trois sortes de galvanomètres : des galvanomètres électrolytiques, thermiques et électrodynamiques.

On doit distinguer, en outre, deux cas dans l'usage des galvanomètres, suivant que la résistance du circuit galvanométrique est très faible ou très élevée.

Dans le premier cas, on peut intercaler directement l'appar-

reil sur le circuit et déterminer l'intensité par une lecture immédiate, car on peut admettre que la valeur de cette intensité n'a pas été modifiée sensiblement par l'introduction de l'appareil.

Dans le second cas, on place le galvanomètre en dérivation sur le circuit: si la résistance de cet appareil est très élevée, on peut admettre que la dérivation ne modifie pas sensiblement la différence de potentiel existant normalement entre les points d'attache A et B (*fig. 360*).

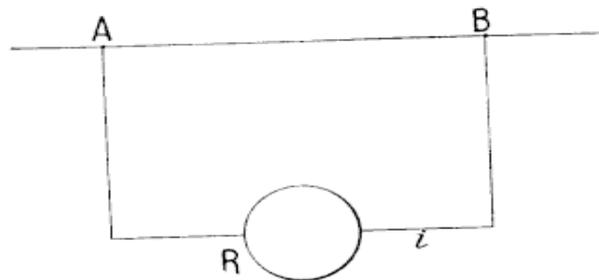


Fig. 360.

Si R est la résistance du galvanomètre, i l'intensité dans la dérivation, E la différence de potentiel entre A et B, on a la relation :

$$i = \frac{E}{R}$$

et les indications du galvanomètre sont alors proportionnelles à la différence de potentiel entre A et B.

Dans le premier cas, les galvanomètres portent le nom d'*ampèremètre* et sont gradués en ampères.

Dans le second, ils portent le nom de *voltmètre* et sont gradués en volts.

Types de galvanomètres en usage dans les bureaux. —

Les galvanomètres en usage dans les bureaux doivent être nécessairement d'une installation et d'un maniement faciles.

Ce sont tous, soit des galvanomètres électromagnétiques comportant un aimant fixe et une bobine mobile, soit des galvanomètres thermiques.

a) Galvanomètres électromagnétiques

Le galvanomètre utilisé pour les mesures précises est toujours du type d'Arsonval : on utilise en outre pour les mesures courantes des milliampèremètres et des voltmètres.

Dans le galvanomètre d'Arsonval (*fig. 361*) le champ magné-

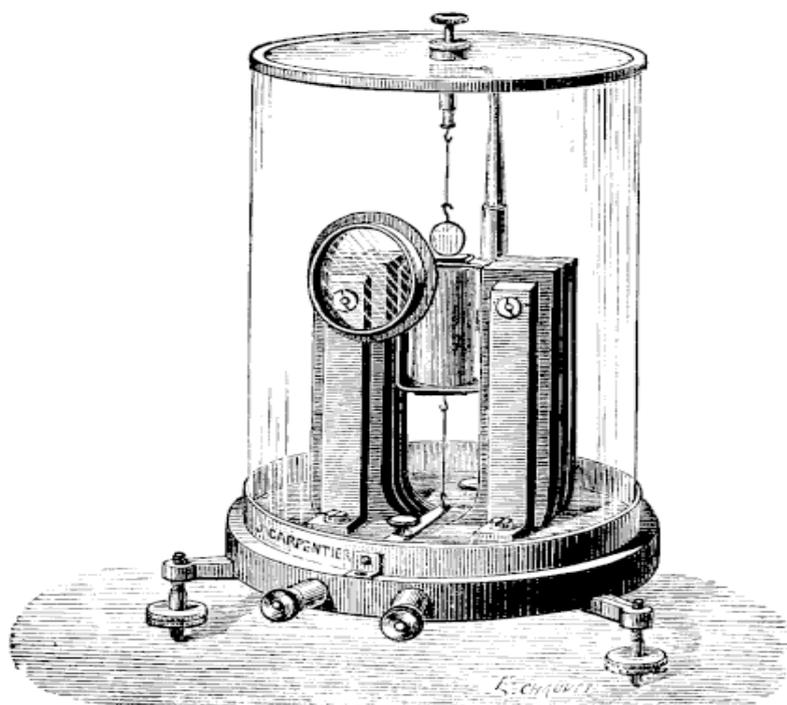


FIG. 361.

tique est produit par un aimant puissant en forme de fer à cheval et fixe. Entre les branches de cet aimant est un cadre rectangulaire sur lequel est enroulé le circuit. Un cylindre creux de fer doux placé à l'intérieur du cadre diminue la réluctance et augmente le flux traversant ce cadre.

La suspension du cadre est constituée par deux fils d'argent.

Le fil supérieur est attaché à l'extrémité d'une tige susceptible de recevoir soit un mouvement de rotation, soit un mouvement vertical de translation. Le fil inférieur aboutit à une lame élastique dont la tension peut être convenablement réglée.

Ces fils servent d'une part à amener le courant dans le cadre, d'autre part ils déterminent un axe fixe autour duquel le cadre peut tourner. La réaction du cadre et du champ est mesurée par le couple de torsion de ces fils.

La lecture se fait, soit au miroir, soit plus commodément

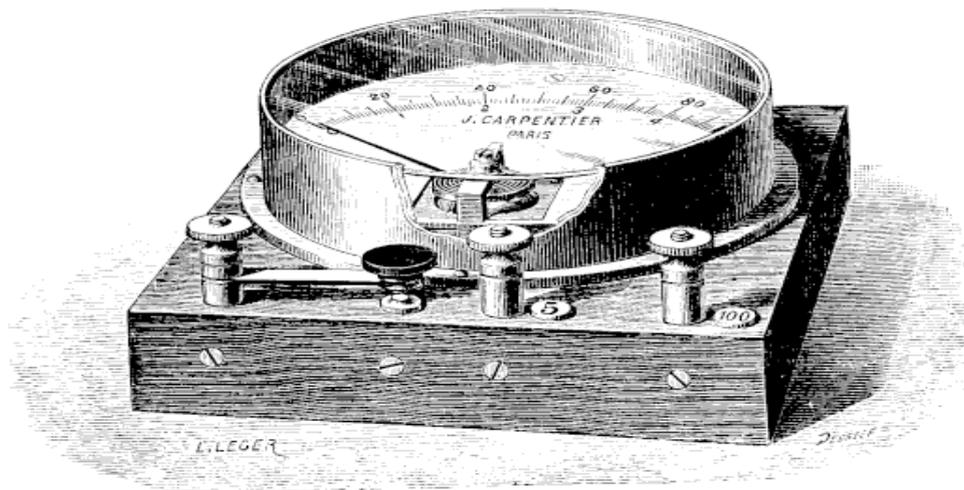


FIG. 362.

avec une aiguille perpendiculaire au cadre et se déplaçant devant une graduation.

Le galvanomètre type d'Arsonval présente un avantage précieux : il est aperiodique. Cela signifie que, lorsque le circuit du cadre est fermé, celui-ci prend immédiatement sa position d'équilibre sans décrire auparavant une série d'oscillations.

Tous les voltmètres et ampèremètres électromagnétiques en usage courant reposent sur un principe identique : tous sont aussi à lecture directe, c'est-à-dire munis d'aiguille et de cadran.

Les plus répandus en France sont les voltmètres Carpen-

tier (*fig. 362*), les ampèremètres et voltmètres Chauvin et Arnoux (*fig. 363*). Tous comportent un aimant fixe de forme presque circulaire et un cadre mobile en cuivre rouge sur

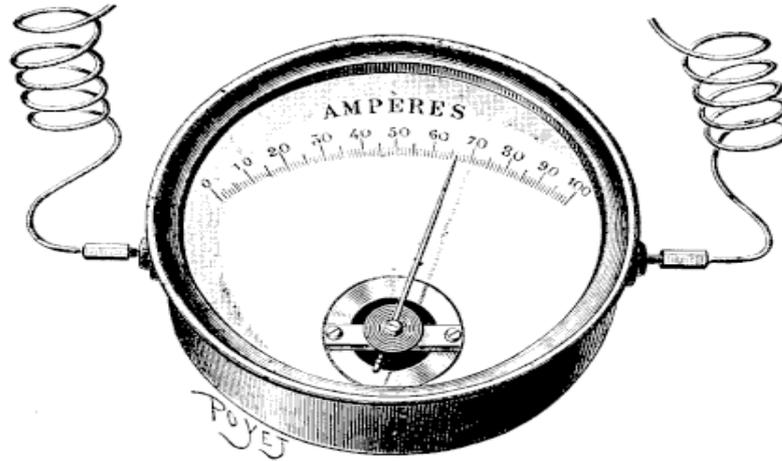


FIG. 363.

lequel est enroulé le circuit et monté lui-même sur ressort en spirales.

b) Galvanomètres thermiques

On se sert aussi, mais plus rarement, de voltmètres et d'ampèremètres thermiques. Les plus répandus sont les types Chauvin et Arnoux, Richard, Hartmann et Braun.

On retrouve dans chacun d'eux :

1° un fil dilatable fixé à ses deux extrémités et parcouru par le courant ;

2° un dispositif amplificateur relié à ce fil et qui transmet les dilatations produites en les utilisant pour faire tourner une poulie légère supportant une aiguille.

Les galvanomètres thermiques mentionnés ci-dessus ont l'avantage d'être maniables et de fournir des indications précises en ampères et en volts.

Dans certains offices, enfin, il a été longtemps d'usage d'insé-

rer en avant de chaque appareil un galvanoscope (*fig. 364*) comprenant une aiguille aimantée mobile au centre d'un cadre galvanométrique.

Il est souhaitable d'abandonner une telle pratique. En rai-

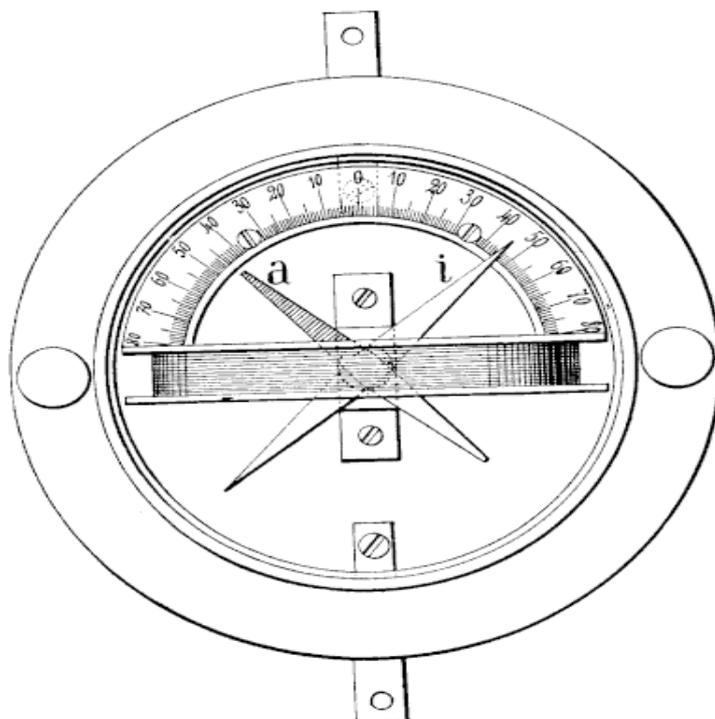


FIG. 364.

son de la facilité des opérations de mesure avec les milliampèremètres et les voltmètres, il est toujours facile, avec un seul appareil pour tout le bureau, de surveiller l'état des communications. On doit remarquer, en outre, que la graduation en degrés de ces galvanoscopes n'a aucune corrélation avec les intensités de courant à mesurer. La seule indication qu'on puisse tirer du fonctionnement d'appareils aussi peu sensibles est que le courant passe ou ne passe pas : c'est insuffisant.

CHAPITRE IV

MONTAGE DES BUREAUX TÉLÉPHONIQUES

Le montage des bureaux téléphoniques varie suivant le nombre des postes à desservir. Nous distinguerons quatre cas dans cette étude.

- 1° Cas d'un poste unique;
- 2° Cas d'un bureau comprenant moins de 500 abonnés;
- 3° Cas d'un bureau comprenant plus de 500 abonnés et moins de 10.000;
- 4° Cas d'un bureau comprenant plus de 10.000 abonnés.

Sauf dans le cas du poste unique (ou, ce qui revient au même, du poste d'abonné), un bureau téléphonique comprend nécessairement :

- 1° Un organe pour permutations lentes destiné à orienter les fils à leur entrée dans le bureau et qui supporte en même temps les organes de protection de ces fils;
- 2° Un organe pour permutations rapides destiné à établir les communications d'un poste avec un autre poste quelconque, y compris le poste du manipulant.

Ces deux organes essentiels et distincts portent le nom de *répartiteur* et de *commutateur*.

Enfin, les dispositifs d'essai étant dépendants du nombre des abonnés et distincts du matériel d'exploitation proprement dit, on peut les classer à part; nous en ferons l'objet d'une étude séparée.

Dans tous les schémas qui vont suivre, on supposera toujours que les circuits sont entièrement métalliques. Il est facile de passer avec leur aide aux schémas relatifs à un circuit comprenant la terre puisqu'il suffit de substituer la terre à l'un des conducteurs. De plus, le montage à fil double est à peu près universel en téléphonie.

L'introduction de la terre dans un circuit téléphonique est en effet nuisible, en raison des bruits de friture qui en résultent, bruits produits par les variations d'isolement de la ligne.

Les circuits entièrement métalliques sont aussi les seuls qu'il soit possible de soustraire à peu près complètement aux inductions des conducteurs voisins.

A. — CAS D'UN POSTE UNIQUE

Montage d'un poste téléphonique d'abonné. — Un poste téléphonique simple doit comprendre un transmetteur et un ou deux récepteurs.

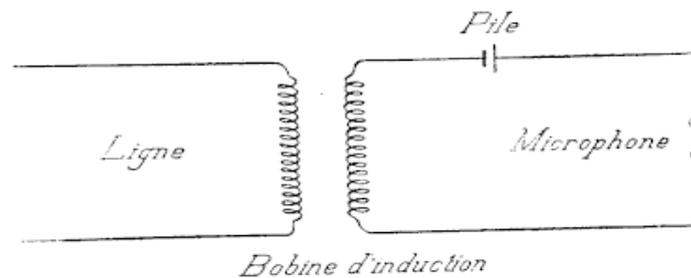


FIG. 365.

Nous savons déjà quel est l'ensemble théorique des communications d'un transmetteur microphonique (*fig.* 365).

Il est d'usage d'insérer directement les récepteurs sur la

ligne (*fig. 366*). Cette pratique a pour elle l'avantage de la simplicité mais l'inconvénient d'introduire sur la ligne des self-inductions de nature à diminuer l'intensité de l'audition.

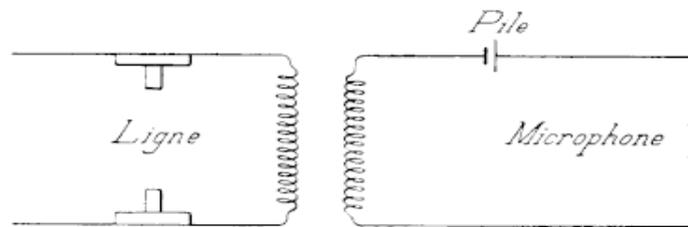


FIG. 366.

Réduit à ces éléments essentiels, le montage d'un poste d'abonné serait encore incomplet pour les raisons suivantes.

En premier lieu, les appels à la voix ne sont pas assez intenses pour être perçus à distance : on doit donc doubler le dispositif précédent par un dispositif télégraphique, compre-

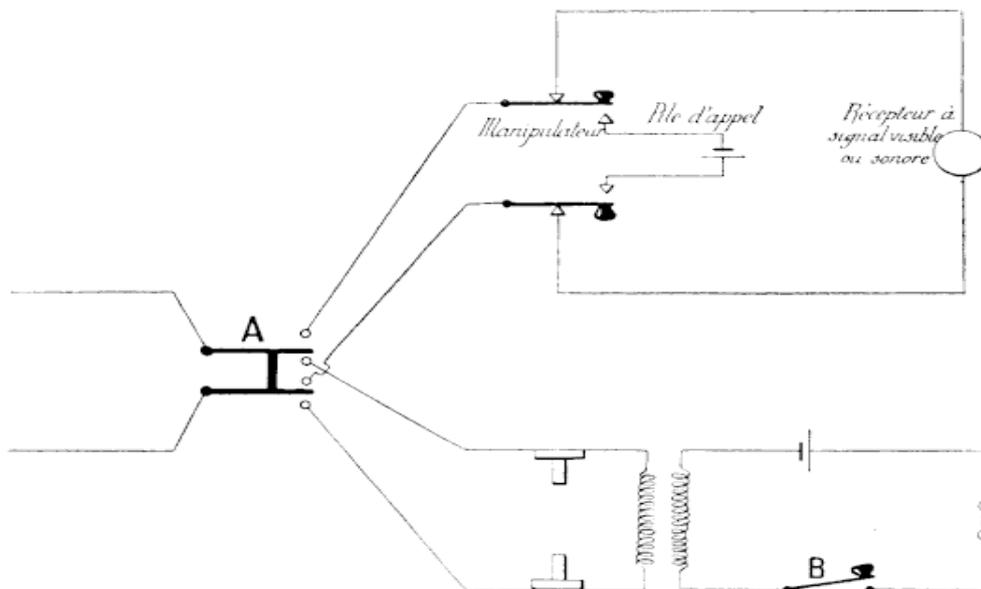


FIG. 367.

nant un manipulateur et un récepteur — qui peut être lui-même soit un récepteur à signal visible (annonciateur), soit

plus généralement un récepteur à signal sonore (sonnerie).

Un commutateur à deux directions A permet de passer du montage téléphonique au montage télégraphique (*fig. 367*).

En second lieu, le circuit de la pile du microphone a une résistance très faible; il est nécessaire de le laisser ouvert tant que la ligne est inoccupée, sinon l'usure de la pile serait extrêmement rapide. Ceci amène à ajouter un deuxième commutateur B, monté sur le circuit spécial du microphone.

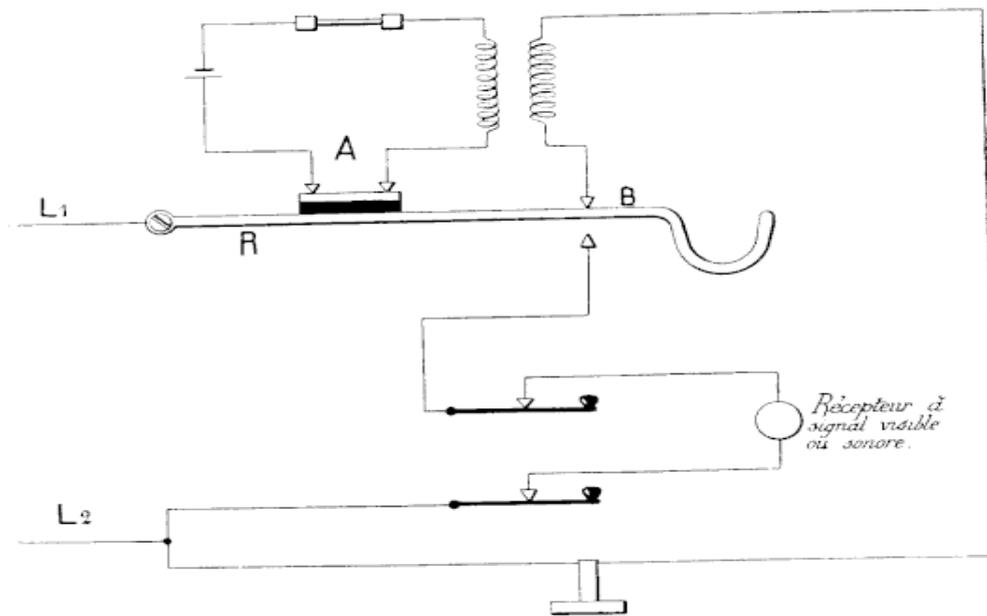


FIG. 368.

Remarquons, enfin, qu'il est essentiel, d'une part, de passer de la position téléphonique à la position télégraphique, d'autre part d'ouvrir le circuit microphonique, dès que la conversation est terminée : ce qui revient à dire que le fonctionnement des commutateurs A et B doit être automatique et simultané.

A cet effet on remplace ces commutateurs par un commutateur unique à levier R (*fig. 368*) composé de deux parties, l'une jouant le rôle de A, l'autre celui de B, et fonctionnant

sous l'action du poids d'un des récepteurs, chaque fois qu'on remet celui-ci au repos. Ce commutateur R fait toujours partie intégrante des appareils livrés par l'industrie. Ses formes sont extrêmement nombreuses. Il en est de même du manipulateur télégraphique qui lui est adjoint.

A titre d'exemple nous donnons ici les communications intérieures d'un poste mural (système Pasquet employé par l'administration française) (*fig. 369*).

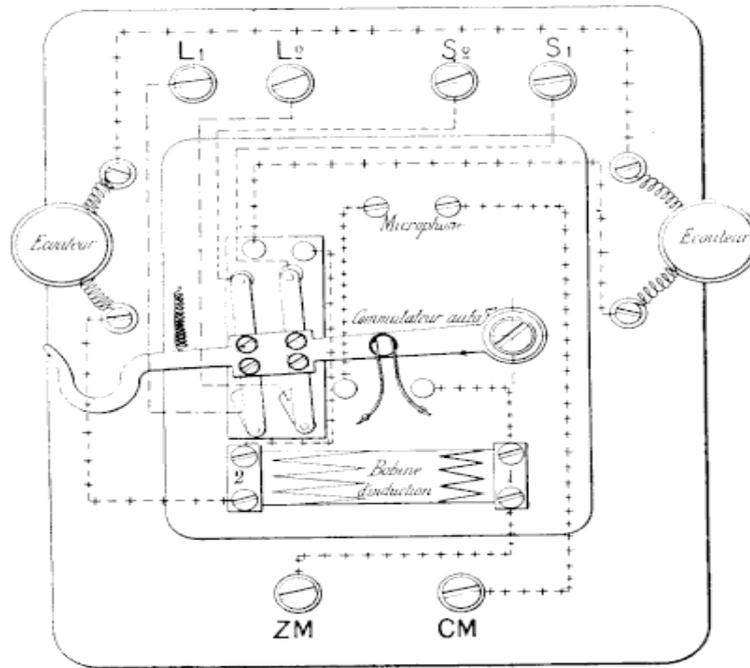


FIG. 369.

Si l'on compare cette figure à la figure 368, on voit que les seuls organes extérieurs à l'appareil proprement dit sont : une pile d'appel, une pile de microphone, un récepteur télégraphique (sonnerie ou annonciateur), les fils de ligne. Huit bornes servent à les rattacher. Dans tous les appareils téléphoniques usités en France, ces bornes sont semblablement disposées et désignées par les mêmes lettres. On exige en outre

que les fils intérieurs faisant partie du circuit microphonique soient de couleur rouge, ceux du circuit de sonnerie de couleur jaune, ceux du circuit de ligne de couleur bleue. Les parties communes aux trois circuits

sont tricolores. Les communications sont ainsi très faciles à suivre.

L'ensemble du poste théorique ainsi monté est représenté par la figure 370.

Particularités spéciales au montage de chacun des éléments. — 1° *Organes de protection.* — Les organes de protection doivent toujours être intercalés à l'entrée même des fils de ligne dans le bâtiment. Cette prescription se motive d'elle-même.

2° *Sonnerie.* — Nous avons vu que les récepteurs sonores doivent toujours avoir une résistance suffisante; cette résistance est fixée à 200 ohms. Rien n'empêche, si les nécessités du service l'imposent, d'installer sur le poste deux sonneries en dérivation au lieu d'une seule. Toutefois, si la longueur des lignes reliant le poste aux deux sonneries est très différente, on peut être amené à munir la sonnerie la plus éloignée d'un relai de sonnerie. Ce relai est composé d'un électro-aimant ordinaire à une seule bobine agissant par une armature dont un ressort en boudin règle la tension (*fig. 371*). Le courant du circuit local de ce relai est alors pris sur la pile d'appel du poste. Le montage est représenté par la figure 372.

3° *Appareil proprement dit.* — Il existe deux formes générales d'appareils, le type mural et le type mobile.

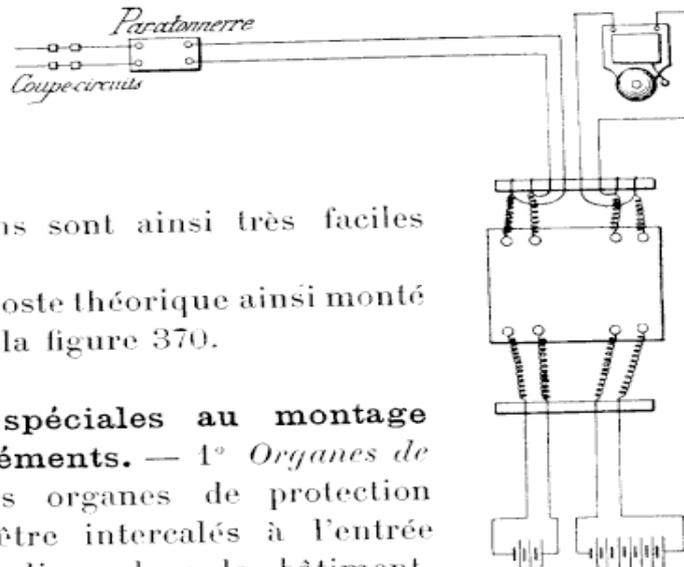


FIG. 370.

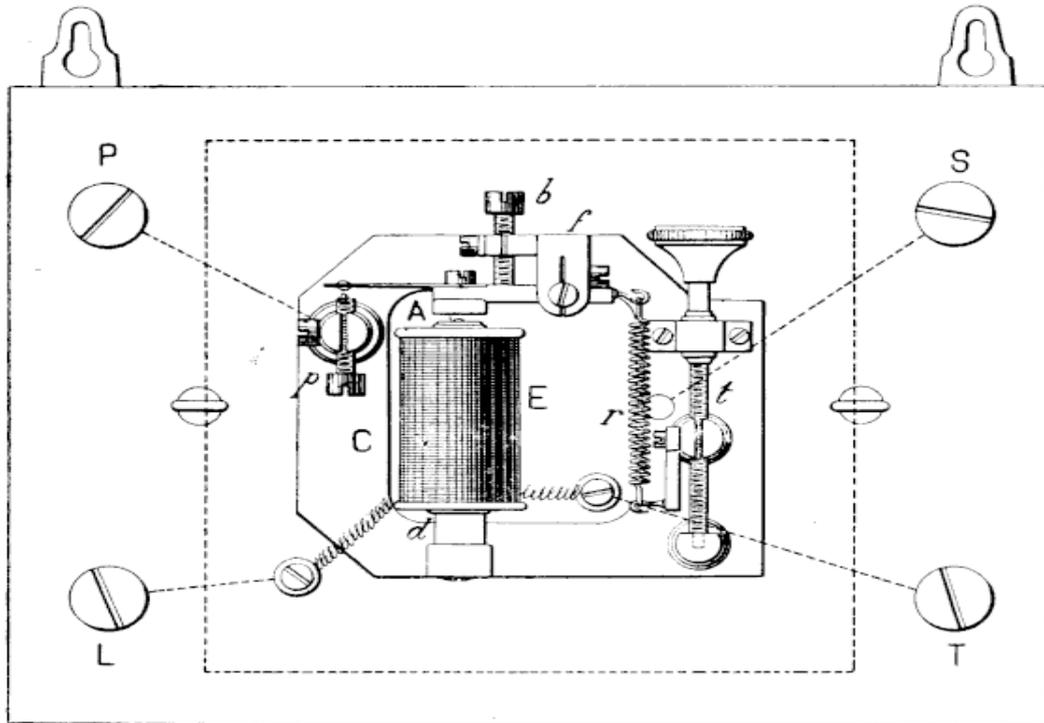


FIG. 371.

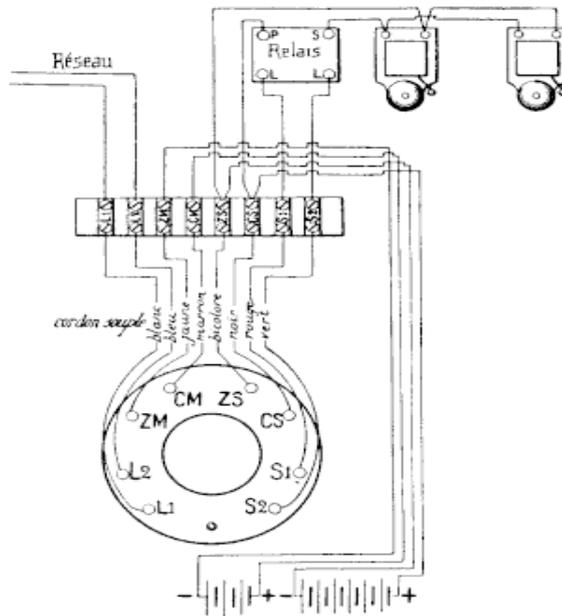


FIG. 372.

Le type mural (*fig. 373*) est fixé au mur et séparé de lui par

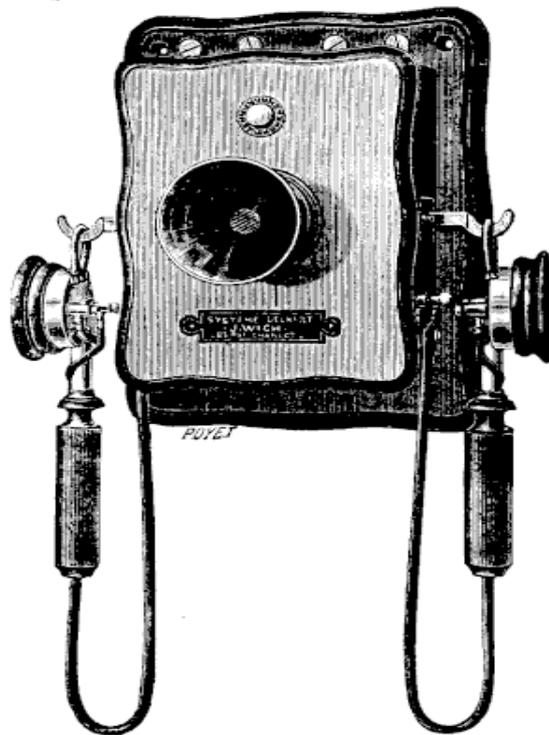


FIG. 373.

des bagues de caoutchouc; fréquemment aussi on l'installe sur une planchette en bois.

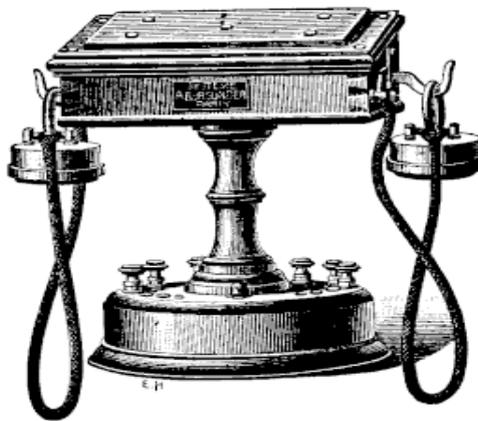


FIG. 374.

Le type mobile (*fig. 374*) comporte généralement un pied cir-

culaire portant les bornes d'attache et contenant la clé d'appel, parfois aussi la bobine d'induction.

Enfin, dans certains cas, l'ensemble est encore simplifié ; le microphone et les récepteurs sont montés sur une seule pièce et reliés par un cordon souple à une fiche (fig. 375). Tout

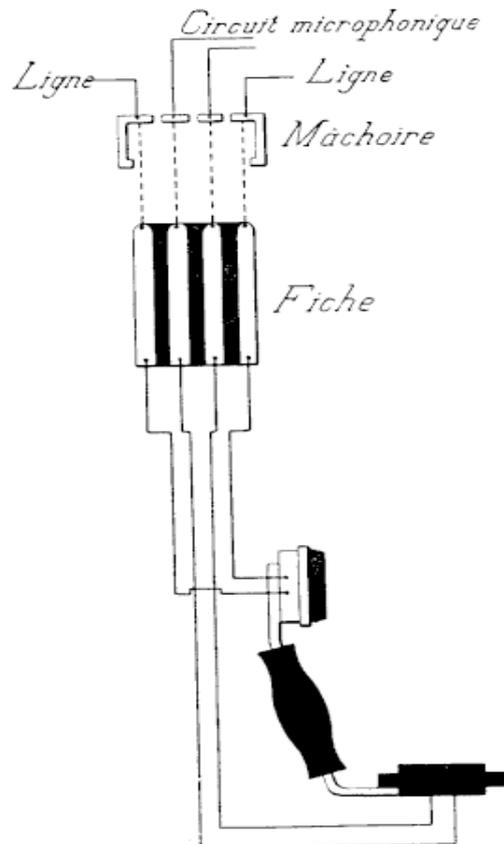


FIG. 375.

le reste de l'installation est fixe et relié à une mâchoire à quatre contacts. L'appareil ainsi établi porte le nom d'*appareil combiné* ou parfois de *poste d'opérateur*, car l'usage en est fréquent dans les bureaux centraux.

Quel que soit le type, le montage est effectué de manière à obtenir une parfaite symétrie dans les circuits. En particu-

lier, le manipulateur d'appel est toujours un manipulateur à deux touches tel que celui représenté schématiquement par

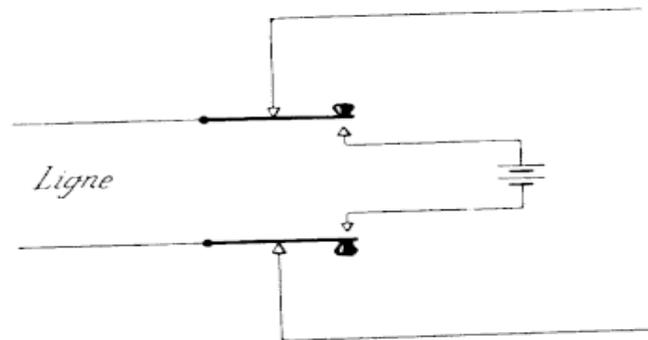


FIG. 376.

la figure 376 et non à simple touche, comme le montre la figure 377.

Cette symétrie est nécessaire pour éviter les effets d'induc-

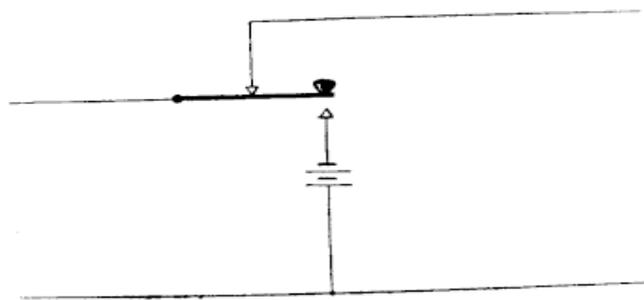


FIG. 377.

tion nuisibles qui seraient provoqués sans cela par le voisinage de certaines distributions d'énergie électrique industrielles (celles à courants polyphasés).

4° *Pile du microphone.* — Nous avons vu que la pile microphonique utilisée devait avoir une résistance intérieure aussi faible que possible. En France, il est d'usage de la constituer à l'aide de deux éléments à liquide immobilisé de grande capacité et ayant une résistance intérieure, inférieure à 0,075 ohm.

On peut se demander s'il est utile d'avoir deux éléments et si un seul ne suffirait pas. A l'étranger, où les communications interurbaines à longue distance sont moins fréquentes, on se contente ainsi d'un seul élément Leclanché à aggloméré. Il semble, d'ailleurs, que la question soit intimement liée à celle du choix du microphone : ce que l'on pourrait appeler le voltage critique des microphones, c'est-à-dire le voltage donnant le rendement maximum, varie en effet avec le type choisi entre 1,65 volt et 6 volts.

La pile microphonique est toujours placée dans le voisinage immédiat du transmetteur, fréquemment enfermée dans un petit meuble servant en même temps de pupitre. Cette disposition heureuse, très répandue à l'étranger, mériterait d'être adoptée en France.

La pile du microphone doit toujours être indépendante de la pile de sonnerie. Un montage tel que celui de la figure 378

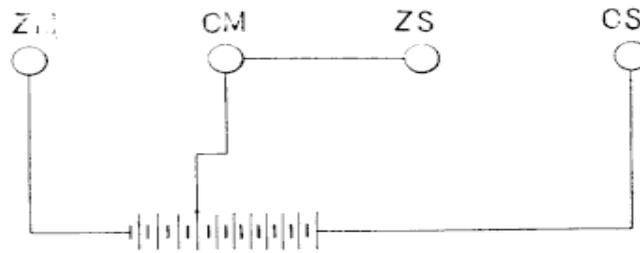


FIG. 378.

doit être évité; il importe, en effet, de ne pas rendre le circuit microphonique solidaire du fonctionnement du circuit de sonnerie.

Il existe actuellement enfin certains montages permettant de ne pas placer la pile microphonique au poste même, mais de la reporter au bureau central. Toutefois ils ne sont pas encore entrés suffisamment dans la pratique pour qu'il paraisse utile de les donner ici. Ils donnent lieu d'ailleurs à des critiques qui semblent à priori les rendre moins recommandables.

5° *Pile d'appel*. — Le nombre des éléments servant à établir

les piles d'appel est en général de six. Ces éléments sont contenus dans des boîtes spéciales et choisis d'un type économique, généralement le type Leclanché.

Ils nécessitent un entretien régulier tous les six mois, entretien extrêmement coûteux en raison de la dissémination des postes d'abonnés. On s'est donc efforcé soit de les supprimer entièrement, soit d'en diminuer le nombre en les concentrant au bureau central lui-même.

La première de ces solutions consiste dans la substitution d'un appel magnétique à la batterie.

Le montage d'un appel magnétique sur une ligne est représenté schématiquement sur la figure 379 où 1, 2 et 3 représentent les bornes de l'appel magnétique.

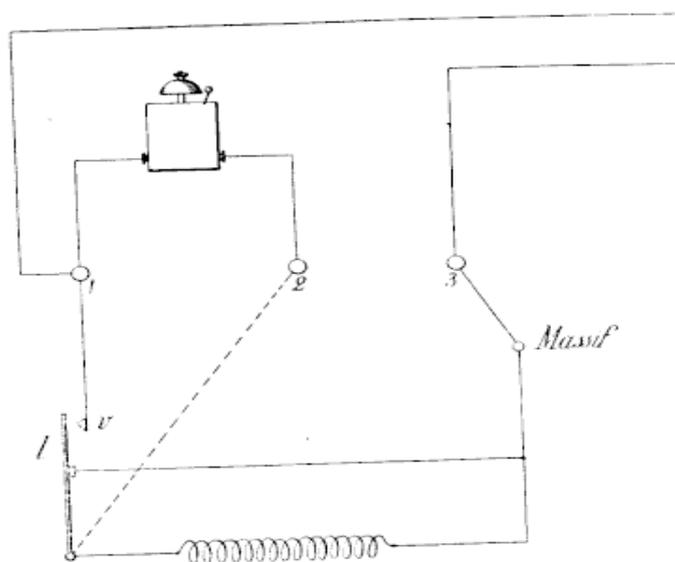


FIG. 379.

On voit qu'au repos la bobine de l'appel est mise en court circuit : lorsqu'on veut appeler, au contraire, le ressort *l* vient au contact de la butée *e*, et c'est la sonnerie qui est mise en court circuit.

L'ensemble d'un poste monté d'après cette méthode est représenté figure 380.

La substitution de l'appel magnétique à la pile d'appel ordinaire, tout à fait satisfaisante lorsque l'appareil est fixe, n'est pas aussi acceptable lorsqu'il s'agit d'un appareil mobile. Il

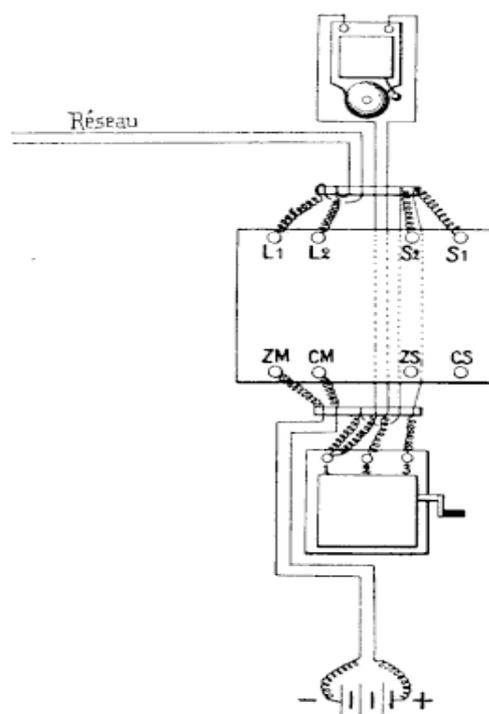


FIG. 380.

existe toutefois, à l'étranger, certains appareils mobiles munis d'appels magnétiques. Leur usage ne s'est pas répandu en France en raison de leur poids et de leur dimension.

La seconde solution consiste à monter au bureau central une batterie commune servant à tous les postes d'abonnés.

Il existe deux procédés, inégalement recommandables, pour la réaliser.

Le premier, dit *méthode du condensateur*, conduit à intercaler un condensateur C sur le circuit de sonnerie.

Le montage est conforme à celui de la figure 381.

Le poste central, dans ce cas, se sert, pour appeler, de courants alternatifs qui passent à travers le condensateur et viennent actionner la sonnerie magnétique.

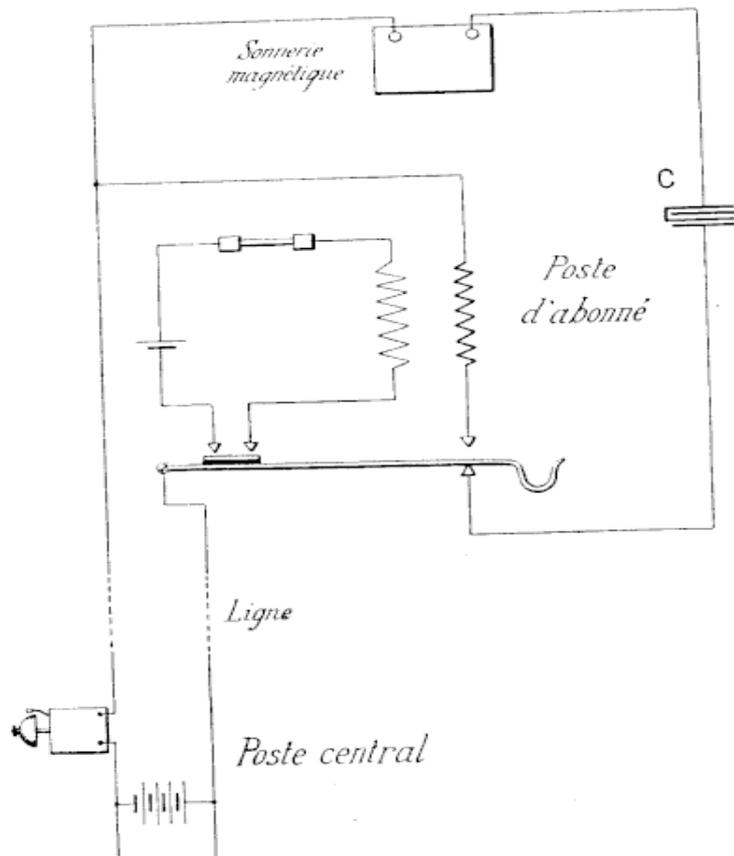


FIG. 381.

Inversement, pour appeler, l'abonné n'a qu'à enlever son récepteur; le crochet se soulève et ferme le circuit de la batterie centrale sur l'annonceur d'appel. Dans ce procédé comme dans le suivant, il demeure entendu que la pile d'appel commune doit être automatiquement retirée du circuit au bureau central pendant la durée de la conversation.

Dans le second procédé, dit *méthode de la mise à terre*, la

sonnerie est normalement reliée à la terre et le poste central appelle sur un seul fil L_1 , avec une pile ordinaire dont un des pôles est également à la terre (fig. 382).

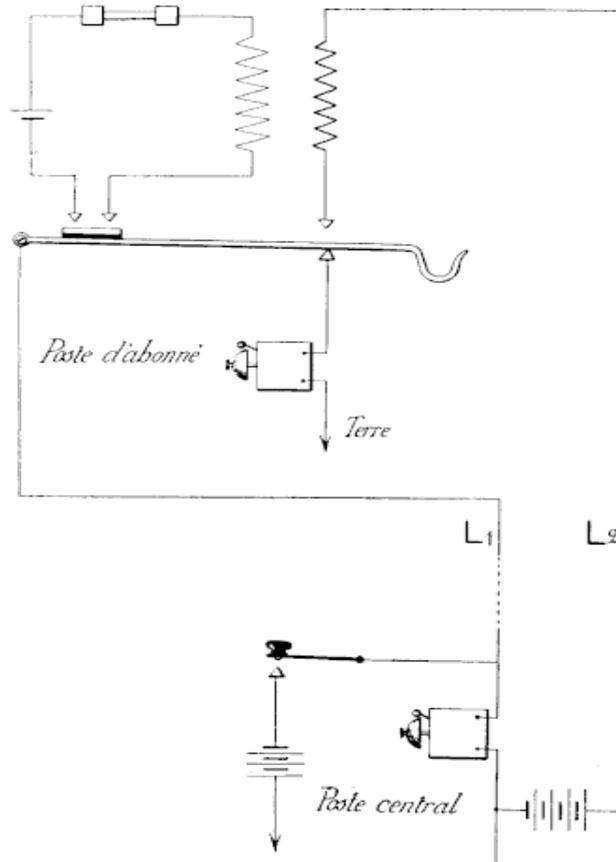


FIG. 382.

Comme précédemment, l'abonné n'a qu'à décrocher son récepteur pour fermer le circuit de la batterie centrale et sonner le poste central. La conversation s'échange ensuite sur le circuit sans terre.

Ni l'un ni l'autre de ces procédés ne sont encore dans la pratique courante ; a priori toutefois, le second semble préférable puisqu'il ne nécessite pas d'appareils supplémentaires.

B. — PROBLÈME GÉNÉRAL DES POSTES CENTRAUX

Exposé du problème. — Avant de passer à l'examen des postes centraux téléphoniques, il importe, pour plus de clarté, d'examiner quelles sont exactement dans ces bureaux les fonctions du commutateur pour permutations lentes et du commutateur pour permutations rapides qui doivent y figurer.

Celles du commutateur pour permutations lentes sont essentiellement simples. Elles consistent à permettre, en cas d'accident sur un fil, d'orienter celui-ci sur une autre portion soit du commutateur rapide, soit du bureau.

Celles du commutateur pour permutations rapides sont au contraire fort complexes. Celui-ci en effet doit permettre de relier, à la demande, un abonné quelconque avec un autre abonné quelconque et cela aussi rapidement que possible. En outre, dès que la conversation entre ces deux abonnés est terminée, la communication établie doit pouvoir être aussitôt rompue; les deux lignes intéressées doivent redevenir disponibles, c'est-à-dire susceptibles d'être reliées au besoin à celles de nouveaux abonnés demandeurs.

En résumé :

1° Chaque abonné doit pouvoir appeler le bureau central : par suite, chaque ligne doit aboutir normalement à un organe d'appel;

2° L'opérateur doit pouvoir demander à l'abonné appelant le numéro de l'abonné demandé. Par suite le poste de l'opérateur doit pouvoir être relié à la ligne. Cette liaison, en outre, doit provoquer du même coup le retrait de l'organe d'appel existant sur le circuit, puisque cet organe est désormais inutile;

3° L'opérateur doit pouvoir sonner l'abonné demandé et relier ensuite les deux abonnés;

4° Enfin, la liaison établie entre les deux abonnés doit insérer dans le circuit commun un nouvel organe d'appel permettant aux abonnés d'annoncer la fin de leur conversation. Il va de soi que cet organe doit être installé de manière à ne pas diminuer l'intensité de l'audition.

Il est possible de réaliser aisément ces conditions en utilisant soit un commutateur à cordon monté en monocorde, soit un commutateur à cordon monté en dicorde.

Les deux solutions ont été successivement mises en pratique.

Principe du montage en monocorde. — Dans le montage en monocorde, chaque ligne d'abonné L_1 aboutit normalement à un annonceur A_1 par l'intermédiaire d'un jack à double fil et à rupture J_1 qui possède, en outre, deux dérives isolées, l'une allant à une fiche F_1 par l'intermédiaire d'un cordon souple à deux conducteurs, l'autre à une clé dite *clé d'écoute* C_1 , susceptible, quand elle est abaissée, de relier la dérivation au poste de l'opérateur. L'ensemble de l'agencement est représenté sur la figure 383.

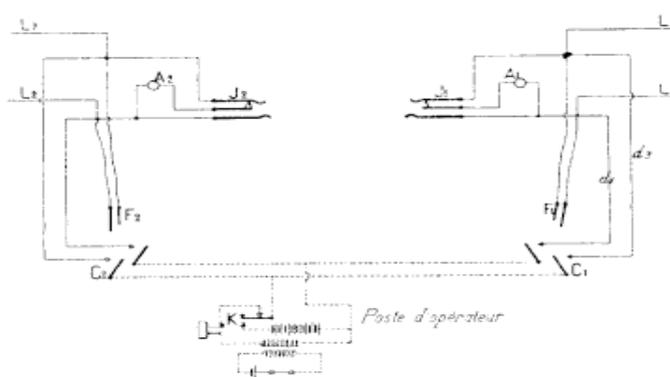


FIG. 383.

Supposons que l'abonné 1 appelle sur le fil L_1 . Sa ligne est normalement fermée sur l'annonceur A_1 par l'intermédiaire du jack : l'appel est reçu au bureau central. L'opérateur relève alors le volet, abaisse la clé C_1 et met ainsi son poste en commu-

nication avec L_1 par l'intermédiaire de la dérivation d_1d_2 . Dès que l'abonné l'a informé du numéro de l'abonné demandé, l'opérateur remet la clé C_1 au repos, abaisse la clé C_2 correspondant à l'abonné demandé et appuie sur le bouton d'appel K . Il sonne ainsi l'abonné-2. Puis, prenant la fiche F_1 du demandeur, il l'enfonce dans le jack J_2 du demandé.

Le schéma est devenu cette fois celui représenté par la figure 384: on voit que les deux lignes L_1 et L_2 sont reliées, et qu'en outre l'annonceur A_1 ainsi que le poste d'opérateur sont en dérivation sur cette ligne.

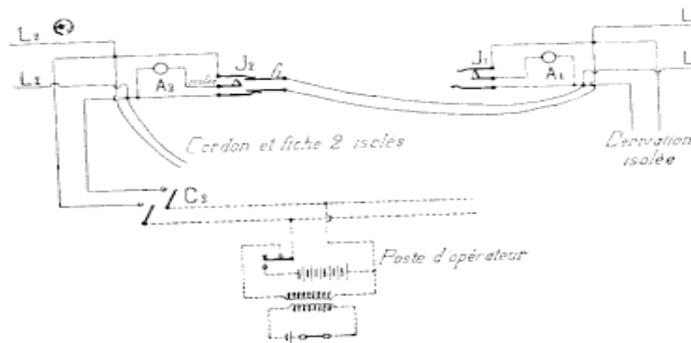


FIG. 384.

L'opérateur peut donc s'assurer que la communication s'établit correctement. S'il en est ainsi, il ramène au repos la clé C_2 .

La communication établie se réduit alors à la liaison directe des deux lignes L_1 et L_2 par l'intermédiaire du cordon, l'annonceur A_1 restant en dérivation. Cet annonceur ne gêne d'ailleurs pas l'audition à condition qu'il ait une self-induction élevée.

La conversation achevée, l'un ou l'autre des correspondants envoie sur la ligne un courant d'appel, l'annonceur A_1 fonctionne de nouveau. L'opérateur ainsi averti n'a qu'à retirer la fiche F_1 du jack J_2 .

Toutes les conditions imposées sont bien réalisées. Elles ne le sont pas, toutefois, dans des conditions excellentes. Sans

revenir ici sur les inconvénients afférents à tous les systèmes dicordes (autant de cordons et de clés que de lignes, solidarité du cordon avec la ligne), il importe de noter que la série des manœuvres comporte pour l'opérateur l'obligation de manœuvrer successivement la clé C_1 et la clé C_2 .

On a essayé de monter ces clés sur un clavier établi de telle sorte que l'abaissement de la clé C_2 provoque automatiquement le relèvement de la clé C_1 (système Mandroux). Mais alors un simple dérangement dans le clavier a pour résultat de mettre hors service, tout le réseau desservi par le commutateur ce qui est inadmissible.

En outre, il importe, pour obtenir une parfaite rapidité d'exécution, que l'opérateur retrouve immédiatement les organes à manœuvrer. Or remarquons que l'annonceur sert à la fois pour l'appel et la fin de conversation ; qu'à la fin de conversation, la chute du volet A_1 annonce bien que la fiche F_1 doit être retirée du jack où elle est engagée, mais ne renseigne nullement sur la position de ce jack. Il en résulte des chances d'erreur et des tatonnements.

Enfin, si l'opérateur est obligé de sonner de nouveau l'un des deux abonnés, la sonnerie est reçue par chacun des deux postes, ce qui est inutile et gênant.

Aussi les systèmes monocordes, après avoir joui en France d'une certaine vogue, ont-ils été entièrement abandonnés, tout au moins dans les conditions ordinaires du service. Nous n'aurons plus à y revenir.

Principe du montage en dicorde. — A l'inverse de ce qui se produit dans le montage en monocorde, le cordon double armé de fiches qui sert aux liaisons dans le dicorde, est totalement indépendant des lignes. En outre on donne à chaque organe une seule affectation : nous trouverons donc cette fois un *annonceur d'appel* spécial à chaque ligne et un *annonceur de fin de conversation* distinct du premier spécial à chaque cordon servant aux liaisons.

Le montage théorique d'un commutateur téléphonique

dicorde, connu aussi parfois sous le nom de *montage en standard* est représenté par la figure 385.

Chaque ligne L_1 arrive encore à un annonceur d'appel A_1 par l'intermédiaire d'un jack à double fil et à rupture J_1 . Aucune dérivation n'est établie normalement sur cette ligne.

En avant du meuble et sur une tablette spéciale sont réparties un certain nombre de paires de cordons armées de fiches. Entre deux cordons d'une même paire sont insérées :

1° Deux clés d'appel K_1 et K_2 permettant d'appeler, la première sur un des cordons, la seconde sur l'autre ;

2° Une clé dite *clé d'écoute* permettant d'insérer en dérivation sur les deux fils, suivant la position qu'on lui donne, soit un *annonceur de fin de conversation*, soit un *poste d'opérateur*.

Les opérations sont les suivantes :

L'abonné 1 appelle pour demander une communication. Son courant d'appel est reçu dans l'annonceur A_1 dont le volet tombe.

L'opérateur choisit aussitôt une fiche faisant partie d'une paire de cordons disponible, la fiche F par exemple, et l'enfonce dans le jack de l'abonné demandeur J_1 . Il abaisse ensuite la clé d'écoute de manière à mettre son propre poste en dérivation sur la paire de cordons.

La manœuvre a pour résultat :

1° De supprimer l'annonceur, puisque le jack est à rupture ;

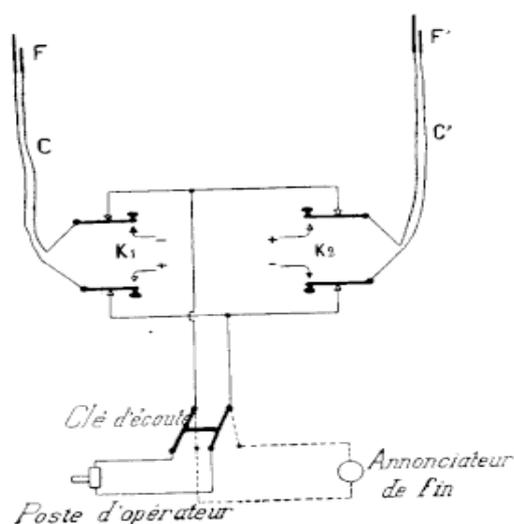
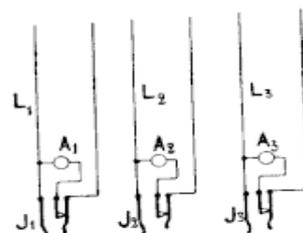


FIG. 385.

2° De relier directement par l'intermédiaire du cordon C le poste d'opérateur à la ligne L_1 .

L'abonné désigne alors son correspondant, par exemple l'abonné 3.

L'opérateur saisit la seconde fiche F' de la même paire de cordons et l'enfonce dans le jack J_3 de l'abonné 3. Cette opération a pour résultat :

1° De supprimer comme précédemment l'annonceur A_3 ;

2° De relier ensemble L_1 et L_3 , tout en laissant en dérivation le poste d'opérateur.

Il suffit ensuite d'appuyer sur K_3 pour appeler l'abonné 3. Remarquons, d'ailleurs, que le courant d'appel est envoyé uniquement sur L_3 et pas sur L_1 .

Lorsque l'abonné 3 a répondu et quand, par suite, la communication est établie, l'opérateur relève sa clé d'écoute et substitue ainsi à son poste en dérivation sur le circuit l'annonceur de fin de conversation.

Dès que la conversation est terminée, les abonnés envoient un nouveau signal : ce signal est reçu sur cet annonceur.

L'opérateur n'a plus qu'à retirer la paire de cordons FF' des jacks J_1 , J_3 , à relever le volet : et tout rentre en l'état.

On voit apparaître ici les avantages multiples du système dicorde :

1° Nombre de paires de cordons très inférieur à celui des abonnés, égal seulement au nombre des conversations qui peuvent être échangées simultanément ;

2° Indépendance du cordon et de la ligne ;

3° Montage symétrique ;

4° Indication très nette des organes à manœuvrer à condition d'établir une correspondance de position d'une part entre les jacks et les annonceurs d'appel, d'autre part entre les paires de cordons et l'annonceur de fin correspondant.

C'est en fait le montage adopté exclusivement dans tous les bureaux de moyenne importance : nous verrons en outre qu'il a été adopté très généralement, avec des modifications de détail, dans les très grands bureaux.

C. — MONTAGE D'UN BUREAU TÉLÉPHONIQUE COMPRENANT MOINS DE 500 ABONNÉS

Nous distinguerons deux cas suivant que le bureau a moins ou plus de dix abonnés.

§ 1. — Bureau de moins de 10 abonnés

Tous les bureaux centraux téléphoniques comportent :

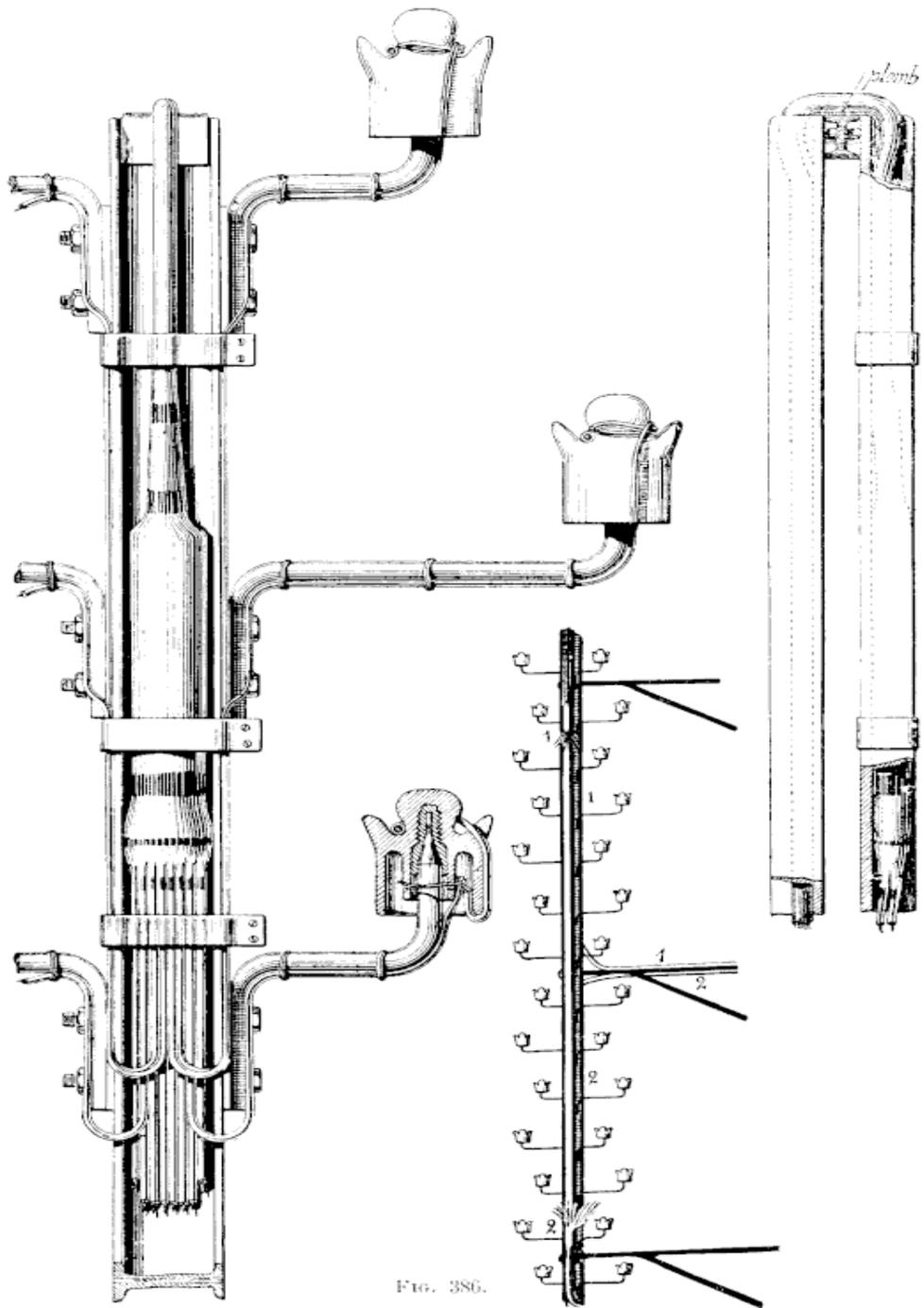
1° Un commutateur lent ou répartiteur interposé entre le commutateur proprement dit et les fils de ligne, répartiteur qui permet de changer la position des abonnés sur le commutateur (ces changements dûs à des causes accidentelles ne s'effectuent d'ailleurs que rarement);

2° Un commutateur rapide permettant d'établir les liaisons de circuit commandées par le service.

Dans les bureaux de moins de dix abonnés, on trouve donc ces deux organes fondamentaux; toutefois, en raison de la faible capacité d'une part et, d'autre part, de la place limitée dont on dispose généralement pour ces sortes d'installations, ces organes ont une forme très simplifiée et réduite au minimum d'encombrement.

Arrivée des fils. — Les lignes aboutissent normalement à un potelet et établi sur toiture ou le plus souvent en façade et sont arrêtées sur des isolateurs.

Le cheminement de ces lignes entre le potelet et le répartiteur s'effectue ensuite à l'aide de câbles sous caoutchouc et sous plomb à sept paires de conducteurs. La liaison de ce câble aux fils aériens nécessite de grandes précautions au point de



vue de l'isolement. Le dispositif indiqué par la figure 386 est recommandable.

Le câble reçoit une culotte de plomb à l'intérieur de laquelle s'effectue la jonction des fils avec d'autres câbles sous plomb à un conducteur. Ce sont ces petits câbles qui se rendent individuellement aux isolateurs. Avant de les souder aux conducteurs aériens, on enlève leur enveloppe sur une certaine longueur *ab* (fig. 387), et cette longueur est enroulée à l'intérieur



FIG. 387.

de l'isolateur, sur la cloche intérieure de celui-ci. Cette coupe a pour objet d'empêcher la pénétration de l'humidité à l'intérieur du câble.

Avant de fixer enfin les câbles à sept paires sur le répartiteur, on a soin de réserver toujours une certaine quantité de mou en prévision du déplacement des tableaux dans le local du bureau.

Répartiteur. — Le répartiteur, dans ce type d'installation, est toujours placé immédiatement au-dessus du commutateur rapide (fig. 388).

Nous avons vu qu'en principe un répartiteur comportait deux rangées en regard, l'une comprenant les bornes de lignes, l'autre les bornes reliées aux appareils, qu'en outre il était d'usage d'installer les appareils de protection sur ce répartiteur.

Le répartiteur à 40 se compose d'une simple planchette verticale. A la partie supérieure de celle-ci est une cimaise A en bois, munie d'une ouverture pour les câbles et qui tient lieu de la rangée de bornes côté lignes.

A la partie inférieure de la planchette est une réglette en bois R servant de guide aux câbles de jonction.

Enfin, les bornes d'appareils sont supprimées : les bornes d'at-

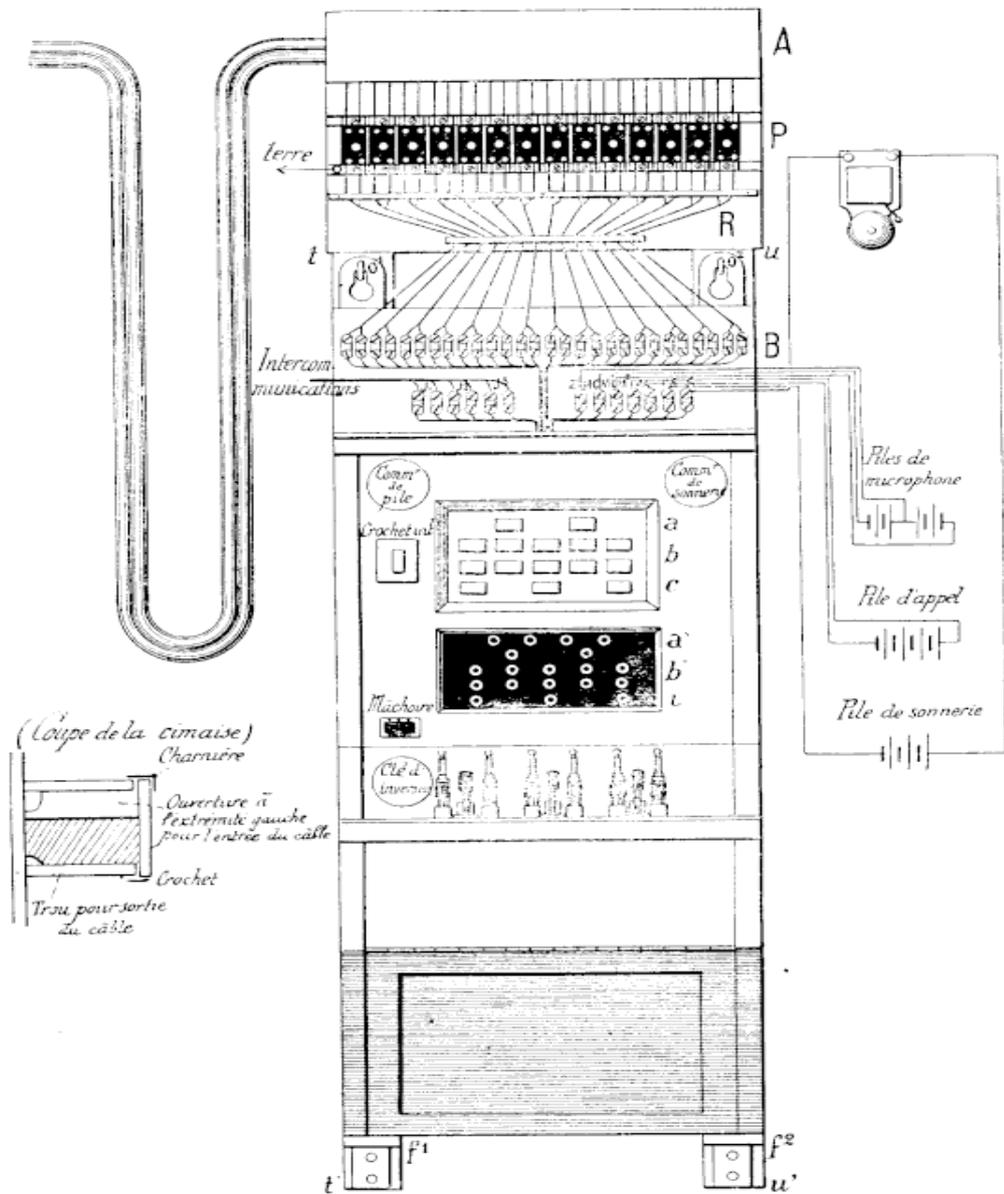


FIG. 388.

tache B du commutateur rapide, étant placées immédiatement au-dessous, en tiennent lieu.

Les paratonnerres P sont fixés sur une rangée horizontale au milieu du panneau et reposent sur deux bandes de laiton servant à la prise de terre.

Le câble à sept paires est dépouillé de son enveloppe de plomb à l'intérieur de la cimaise A; chaque paire sort individuellement par l'ouverture inférieure de celle-ci et va se rattacher aux deux bornes du paratonnerre de la ligne.

Des câbles paraffinés sous gutta à deux conducteurs repartent du paratonnerre et, passant dans le guide R, vont ensuite se fixer sur les bornes B du commutateur rapide.

Comme on l'a dit précédemment, l'appareil est bien réduit à ses éléments essentiels. Il ne diffère guère d'une liaison directe à travers paratonnerre.

Commutateur. — Le commutateur rapide est du type Standard. Le schéma des circuits est identique en principe à celui représenté sur la figure 385. Il comporte dix jacks d'abonnés, dix annonceurs d'appel et trois paires de cordons avec clés d'appel, clés d'écoute et annonceurs de fin de conversation.

Les jacks sont des jacks à double fil et double rupture, à contact platiné. Ils sont montés individuellement.

Les annonceurs d'appel (*fig.* 118) ont une résistance de 200 ohms en général et insérés sur un circuit de 200 ohms doivent fonctionner nettement sous l'action d'une force électromotrice de 7 volts.

Les fiches ont un gabarit déterminé, et le mode d'attache adopté pour elles est conforme à celui de la figure 344.

Il n'existe pas de type arrêté pour les cordons : on exige seulement que l'isolement entre les deux conducteurs d'un même cordon soit supérieur à 2 mégohms.

Les clés d'appel sont des commutateurs à clé et à ressorts mobiles (*fig.* 37 à 39).

Les annonceurs de fin de conversation ne diffèrent des annonceurs d'appel que par leur résistance qui est en général de 600 ohms. Leur self-induction doit, en effet, être toujours élevée et atteindre environ 6 henrys.

Enfin, le montage électrique est complété par un certain nombre de dispositifs qui ont été jugés nécessaires en raison même des exigences d'une exploitation rapide et régulière.

Ces dispositifs visent :

- 1° L'appel de nuit ;
- 2° Le service des lignes interurbaines ;
- 3° Les lignes de service ;
- 4° Le montage du poste d'opérateur.

a) Dispositif d'appel de nuit

En premier lieu, il est nécessaire que le gérant du bureau soit toujours averti du fonctionnement d'un annonceur, alors même qu'il n'est pas dans le voisinage immédiat du tableau.

A cet effet, chaque volet, en retombant, presse un ressort contre une butée et ferme ainsi le circuit d'une sonnerie locale.

Le schéma des communications est alors comme le montre la figure 389.

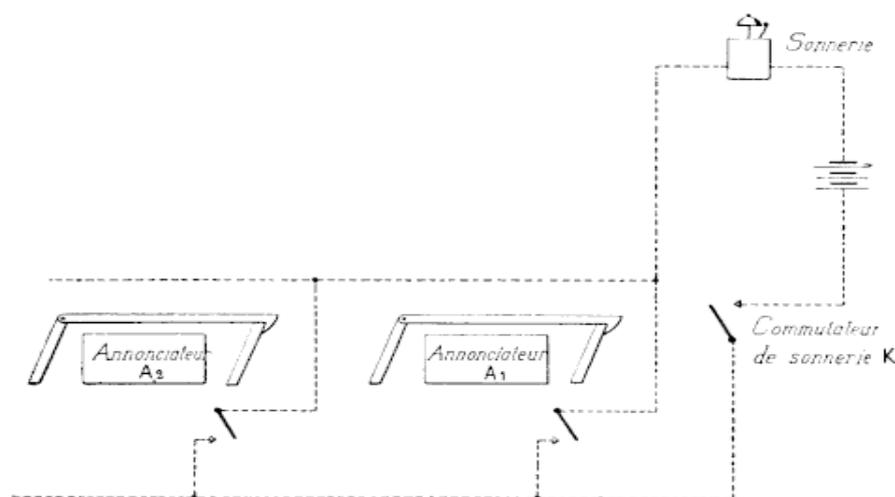


FIG. 389.

Durant les heures de présence du gérant devant l'appareil,

il est toutefois superflu de faire fonctionner cette sonnerie; la vue du volet tombé suffit à attirer son attention; le circuit local est donc muni d'un commutateur K permettant de le maintenir ouvert, quelle que soit la position des volets.

On remarquera que la fermeture du circuit par le volet est le résultat de la simple pression d'un ressort sur une butée. Il n'y a pas là de contact à frottement, bien que ce point du meuble soit particulièrement sujet à recevoir des poussières. Il en résulte que, dans la pratique, le fonctionnement de la sonnerie est généralement incertain et donne lieu à de fréquents mécomptes.

b) Service des lignes interurbaines

Au point de vue électrique, rien ne distingue une ligne interurbaine d'une ligne d'abonné de réseau, sinon la longueur.

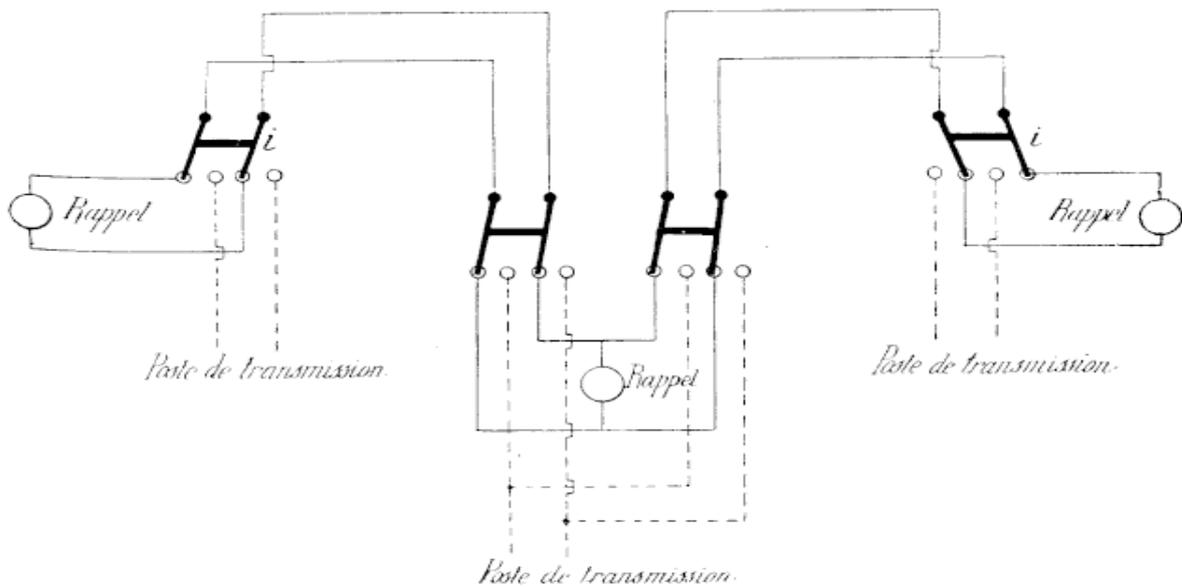


FIG. 390.

Il ne semble donc pas qu'il y ait lieu de différencier le montage d'une ligne interurbaine sur le meuble à condition que la pile

d'appel commune à tout le bureau ait une force électromotrice suffisante.

On s'efforce toutefois, spécialement lorsqu'il s'agit de très petits centres, de réduire les dépenses de premier établissement des lignes interurbaines en recourant à des dispositifs en embrochage.

Rappelons que le dispositif général est représenté par la figure 390.

Les organes élémentaires des commutateurs que nous connaissons permettent de réaliser aisément ce montage : il suffit de substituer des jacks à double rupture aux commutateurs à manette, des annonceurs polarisés aux rappels.

La liaison des postes de transmission avec les jacks est en outre établie à la manière ordinaire en se servant des cordons.

Le schéma devient alors celui de la figure 391.

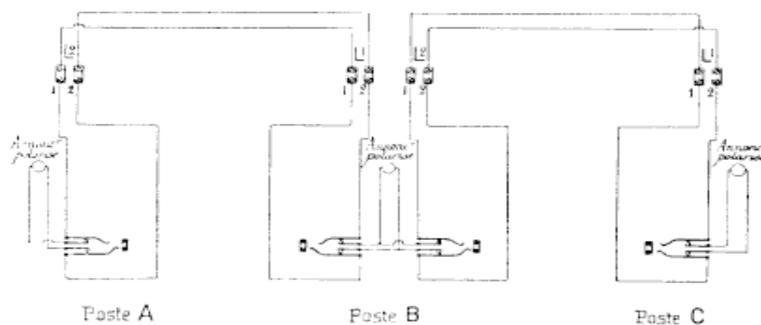


FIG. 391.

Remarquons, toutefois, que dans cet agencement le poste B intermédiaire ne peut s'introduire sur le circuit sans couper la liaison normale existant entre A et C. Il est donc dans l'impossibilité de vérifier si une conversation est en cours, au moment où il désire prendre l'une des lignes interurbaines. On évite cet inconvénient en greffant en dérivation sur les deux jacks du poste un troisième jack ordinaire dit *jack d'écoute* (fig. 392).

En outre, le matériel devant être identique, quelle que soit

sa destination, il est rationnel de donner à tous les commutateurs standards la possibilité de jouer au point de vue interurbain le rôle de poste extrême ou de poste intermédiaire. Tous doivent être montés uniformément avec trois jacks par ligne embrochée ; ces trois jacks servent dans le cas où le poste est intermédiaire ; un seul d'entre eux est employé si le poste est extrême.

La figure 392 représente les communications entre trois standards établis d'après ces principes. On voit que le mon-

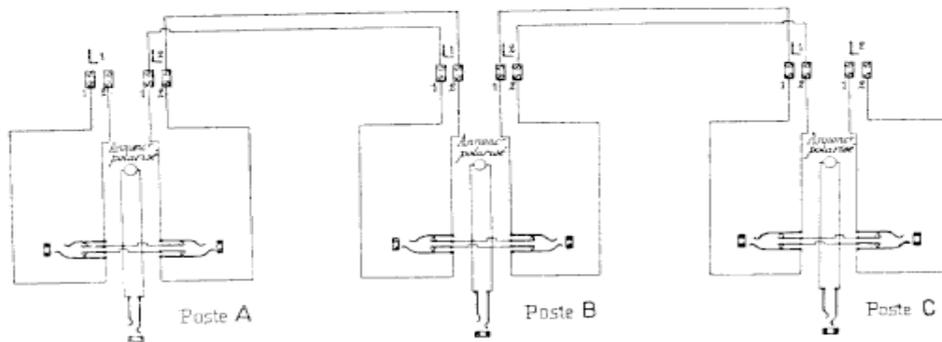


FIG. 392.

tage intérieur de chacun d'eux est identique : seules les attaches des fils de ligne sont différentes sur chacun.

Retenons que cette méthode d'exploitation, reposant sur la différenciation des appels, suppose que l'on peut à volonté appeler en positif ou en négatif. Il en résulte que nous devons retrouver sur le circuit de la pile d'appel une clé d'inversion permettant d'inverser à volonté le sens des courants d'appel.

Il y a intérêt à différencier très nettement au regard les organes affectés au service des lignes embrochées des autres organes. On verra ainsi, en se reportant à la figure 381, que les annonceurs polarisés a occupent une rangée spéciale et que, de même, les trois jacks afférents à chaque annonceur forment des groupes spéciaux, les deux jacks supérieurs correspondant aux jacks à rupture, le jack inférieur étant le jack d'écoute.

Remarque. — 1° La méthode précédente qui est actuellement adoptée par l'administration française présente le grand avantage de dispenser de toute modification préalable dans les communications d'un standard.

Il existe encore un assez grand nombre de tableaux à dix directions non munis d'annonceurs polarisés et d'inverseurs de courants d'appel. Ils peuvent être appropriés au service des lignes embrochées de la manière suivante :

Pour tenir lieu d'annonceurs polarisés, on monte directement sur le jack aux postes extrêmes un rappel par inversion à la place de l'annonceur d'appel et cet annonceur est lui-même branché sur le rappel formant relais (*fig. 393*).

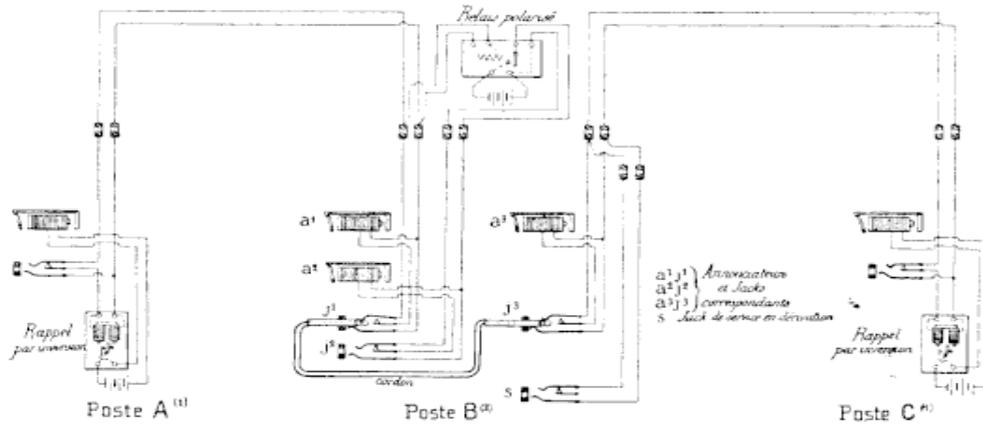


FIG. 393.

Au poste intermédiaire, on monte également un rappel ou, ce qui est préférable, on met en dérivation sur les circuits un relais polarisé spécial (relais Sieur) présentant une forte self-induction de manière à ne pas diminuer l'intensité de l'audition.

Ce relais commande le fonctionnement d'un des annonceurs du tableau a_2 qui joue ainsi le rôle d'annonceur polarisé.

Enfin une liaison directe est normalement établie entre les deux circuits aboutissant au poste intermédiaire à l'aide d'un

cordons spécial enfoncé dans les jacks j_1 et j_3 correspondant à ces circuits.

Il résulte de ces dispositions qu'en temps normal au poste intermédiaire, les annonceurs a_1 et a_3 sont hors circuit : le relais seul est en dérivation sur la ligne. Veut-on donner une communication entre le poste A et un abonné de B, on retire la fiche j_3 et on la porte dans le jack de l'abonné. Le circuit venant de C retombe automatiquement sur annonceur; le relais polarisé reste en revanche en dérivation sur le circuit venant de A et l'annonceur a_2 joue le rôle d'annonceur de fin.

Un jack d'écoute s est, en outre, normalement en dérivation sur la communication AC, comme dans le cas ordinaire.

2° Pour remplacer la clef d'inversion sur la pile d'appel dans les tableaux qui n'en sont pas munis, on se contente en chacun des postes d'inverser les attaches des cordons de chaque paire (*fig. 394*).

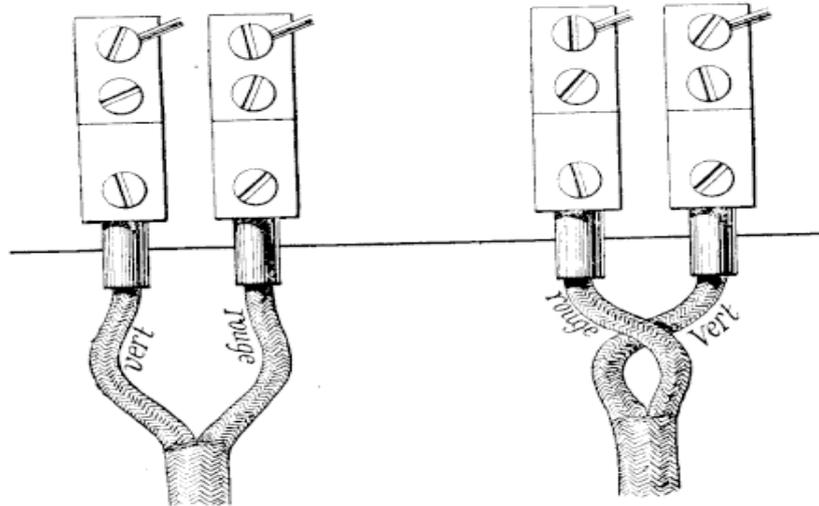


FIG. 394.

La figure 395 montre clairement qu'avec des cordons ainsi montés les pointes des fiches, au moment de l'appel, sont reliées à des pôles différents de la pile.

En se servant soit de la rangée de cordons d'avant, soit de la rangée de cordons d'arrière, on appelle donc à volonté en positif ou en négatif.

Il est superflu d'insister sur la différence de complication entre ces montages et le montage général indiqué en premier lieu. Remarquons en outre que, dans ce cas, on utilise au poste

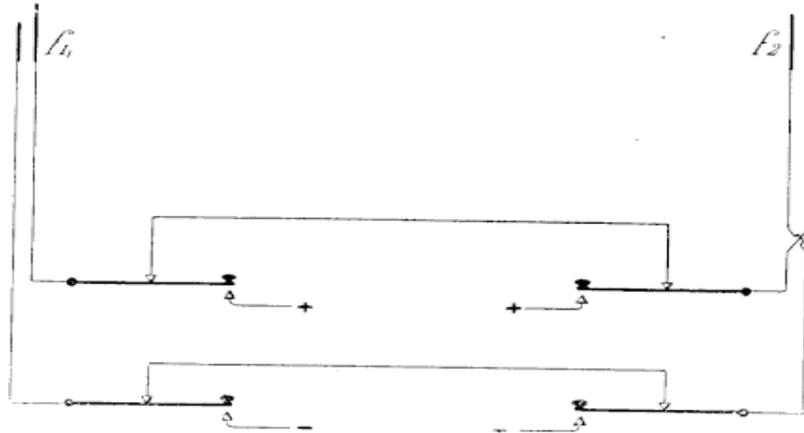


FIG. 395.

intermédiaire trois annonceurs a_1, a_2, a_3 , pour deux lignes. Deux de ces annonceurs sont précisément ceux montés sur les jacks correspondant aux deux lignes. Le troisième doit être pris sur le tableau. Comme un annonceur correspond toujours à un jack dans les standards, il en résulte que le jack correspondant au troisième annonceur est inutilisé et devient un organe perdu. C'est le jack j_3 sur la figure 393.

3° Quel que soit l'arrangement réalisé sur le tableau pour les lignes embrochées, il est toujours complexe. Cette complexité dérive d'ailleurs principalement de la différenciation des appels.

Or on peut se demander si cette différenciation répond à un besoin réel. Elle ne serait désirable, en effet, que si elle fonctionnait utilement dans tous les cas. Il n'en est rien. Soient, en effet, deux lignes embrochées ABC, AB'C', reliées à un même poste central A (fig. 396). La majeure partie des communi-

tions émanant de C, par exemple, sont destinées non pas au poste A mais à un poste plus lointain tel que C'. On a alors, embrochés sur le circuit constitué, non plus seulement trois postes mais cinq. La différenciation des signaux d'appel ou de fin, dans ce cas, n'a plus aucune valeur et la présence d'organes polarisés devient une gêne. Il ne semble donc pas que l'embrochage soit un montage à encourager.

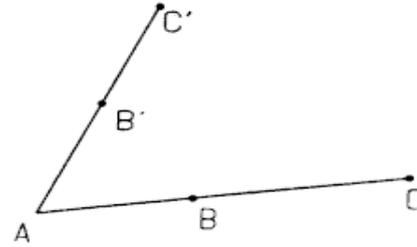


FIG. 396.

L'étude générale de ce dispositif nous avait d'ailleurs conduit déjà à une conclusion identique.

c) Lignes de service

Il peut être utile dans certains cas d'envoyer l'une quelconque des lignes aboutissant normalement au tableau, sur un autre point du bureau, par exemple sur un autre tableau ou un poste de mesure.

Ces liaisons s'effectuent à l'aide des cordons du tableau d'une part, et, d'autre part, de jacks spéciaux dits *jacks de service*, reliés à des lignes d'intercommunication.

Les jacks de service ne diffèrent des jacks ordinaires que par ce fait qu'il est inutile de les munir d'annonceur. L'intercommunication, s'effectuant toujours dans le bureau même, ne donne jamais lieu qu'à un signal de fin, signal qui est reçu dans les annonceurs de fin branchés sur les cordons servant à l'intercommunication.

Le tableau à dix directions porte trois jacks de service (*fig. 388*).

d) Poste d'opérateur

Le service dans un bureau de moins de dix abonnés est peu chargé : il présente de longs intervalles durant lesquels le poste d'opérateur n'a pas à fonctionner.

Il existe deux systèmes pour éviter que la pile du microphone ne demeure indûment fermée sur elle-même pendant les intervalles de repos.

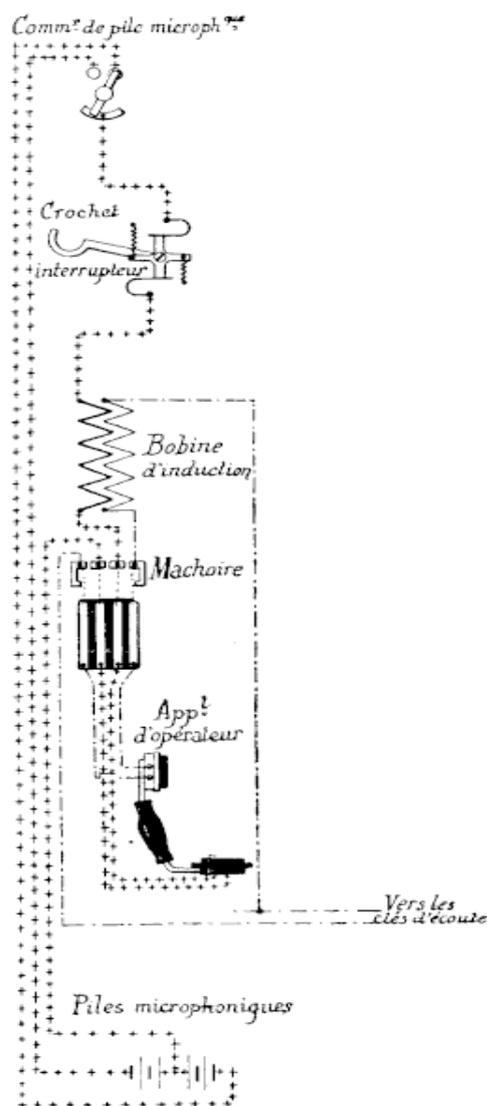


FIG. 397.

Le premier (*fig. 397*) consiste à munir ce poste d'un crochet interrupteur destiné, comme dans les postes ordinaires, à couper le circuit de pile. Cette coupure ne serait d'ailleurs

pas suffisante et, pour éviter toute inadvertance de la part de l'opérateur, on constitue le poste à l'aide d'un appareil combiné relié à l'appareil par une mâchoire. La présence de ce deuxième point de coupure procure, d'une part, un complément de garantie; elle permet, d'autre part, de donner à chaque opéra-

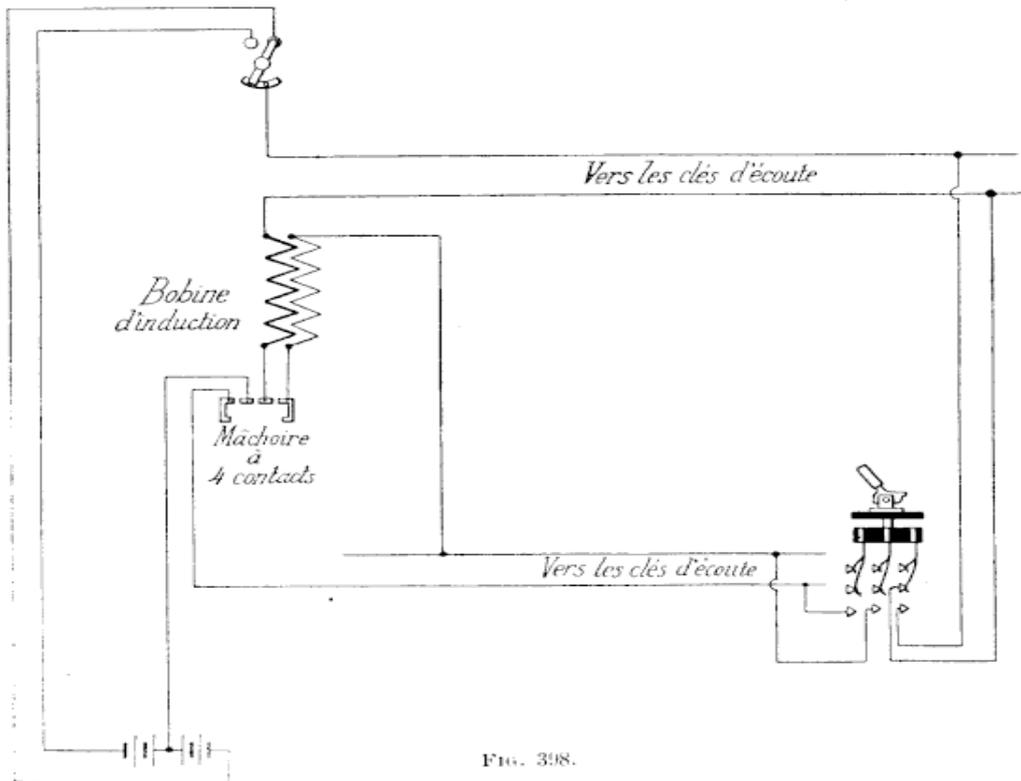


FIG. 398.

teur un appareil spécial, ce qui est une condition d'hygiène indispensable.

Le second procédé, plus efficace, consiste à munir chaque clé d'écoute de deux ressorts supplémentaires auxquels aboutissent les extrémités du circuit de la pile du microphone (*fig. 398*). La manœuvre de cette clé d'écoute détermine alors automatiquement la fermeture ou la rupture du circuit sans l'intervention de l'opérateur.

Enfin il peut arriver qu'en dépit de ces précautions la pile

microphonique subisse un accident ou s'épuise indûment. Comme une mise hors de service du poste de l'opérateur

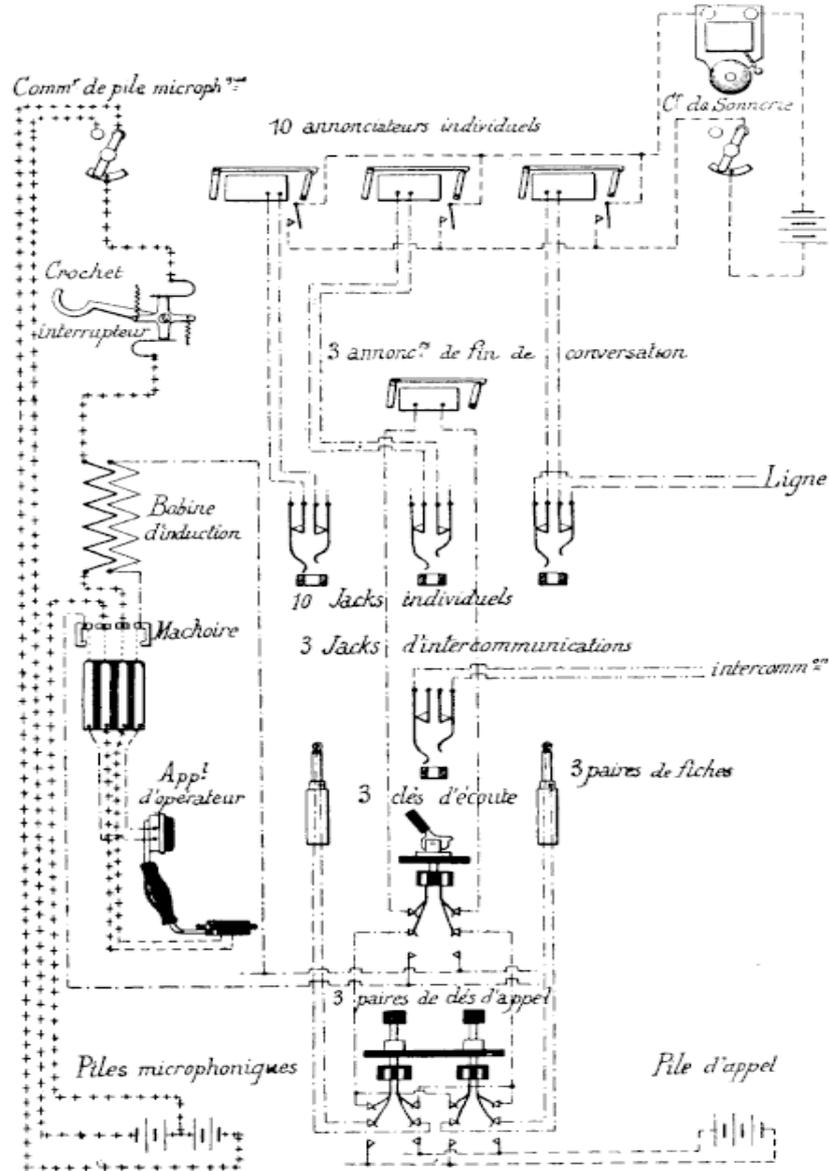


FIG. 399.

entraînerait la suspension totale du trafic, on installe pour y parer une pile de rechange. Un commutateur spécial

dit commutateur de piles microphoniques sert à cet effet.

En raison de ces diverses conditions, le schéma exact d'un tableau annonciateur à dix numéros, sans lignes interurbaines embrochées, est celui représenté par la figure 399¹.

Dans le cas des lignes interurbaines embrochées, il convient d'y ajouter des annonciateurs polarisés et jacks en nombre convenable, associés comme il a été dit plus haut (*fig.* 392).

e) Particularités de montage du tableau

Le tableau à dix numéros constitué d'après ces données par l'administration française est un tableau mural. Il est fixé soit directement au mur, à l'aide de crochets et d'équerres spéciales, soit, si le mur n'est pas assez solide, sur deux montants en bois fixés sur ce mur.

Il est combiné de manière à rendre tous les organes facilement accessibles, *même en cours de service*. A cet effet, la tablette des clés et le panneau portant les annonciateurs et les jacks peuvent pivoter autour de charnières sans que pour cela les attaches soient rompues.

Tous les organes, annonciateurs, jacks, groupe d'une clé d'écoute et de deux clés d'appel, sont amovibles individuellement.

Enfin, il est nécessaire d'établir une correspondance très claire entre les organes correspondants, soit à une même ligne, soit à un même groupe de cordons.

Le moyen employé d'une manière constante, quelle que soit d'ailleurs la capacité du commutateur, est le suivant :

On réunit ensemble les annonciateurs d'appel, et immédiatement au-dessous les annonciateurs de fin. On place au-dessous tous les jacks en ayant soin d'observer rigoureusement pour eux le même groupement que pour les annonciateurs d'appel correspondants. On dispose enfin, dans un même plan vertical,

1. Dans cette figure et dans les figures similaires, on a toujours supposé le poste d'opérateur muni de deux crochets interrupteurs; ce cas, en effet, est celui qui donne lieu aux schémas les plus complexes.

le groupe de deux cordons, l'annonceur de fin, et les clés d'appel et d'écoute correspondant à ce cordon. L'ensemble est théoriquement représenté ci-dessous (*fig. 400*).

Il est facile de concevoir qu'un tel agencement rend les manœuvres de l'opérateur beaucoup plus précises.

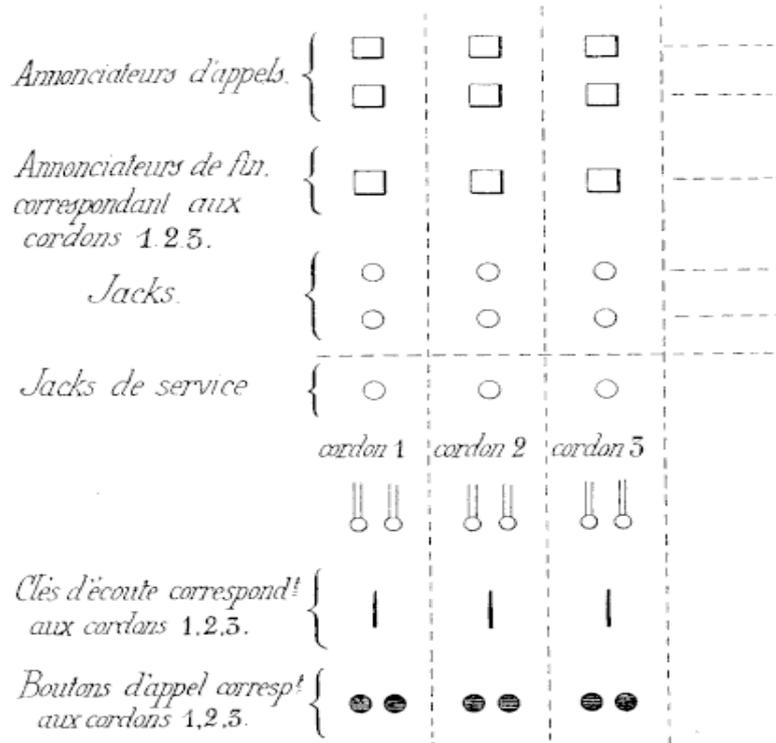


FIG. 400.

On dispose les commutateurs spéciaux (commutateur de piles microphoniques, de sonnerie de nuit, mâchoire, etc...) sur le pourtour du panneau comportant les organes précédents. Ces commutateurs ont toujours la même place, quelle que soit la capacité du standard.

L'ensemble du panneau vertical d'un tableau commutateur à dix directions (dernier modèle de l'administration française) est représenté comme il suit :

TABLEAU A 10 DIRECTIONS

	Annonciateurs de ligne interurbaine.	Clé commutateur à levier interruptrice de sonnerie.
Clé commutateur à levier de pile.	Annonciateurs d'abonnés.	
Crochet interrupteur automatique	Annonciateurs de fin de conversation.	
Mâchoire à 4 contacts.	Jacks de ligne interurbaine.	
	Jacks de service interurbain.	
Clé commutateur à levier d'inversion de courant.	Jacks d'abonnés.	

Piles. — On doit, comme dans le cas d'un poste unique, disposer de deux sources d'énergie distinctes, l'une servant à alimenter le circuit microphonique, l'autre servant aux appels.

a) Pile microphonique

La pile du microphone est choisie et montée exactement comme dans le cas d'un poste simple.

b) Production du courant d'appel

On peut utiliser, pour la production des courants d'appel, soit une pile Leclanché ordinaire, soit un appel magnétique.

La première solution est uniquement employée dans l'administration française. Il est fait usage pour cela d'une batterie d'éléments Leclanché GM. Le nombre en est variable et dépend de la longueur des circuits desservis. Il y a lieu de remarquer que ce nombre, dans les petits bureaux, est tou-

jours élevé, car on fait usage de la même source, qu'il s'agisse d'appeler un abonné du réseau ou sur une ligne interurbaine. C'est un inconvénient grave qui entraîne la presque impossibilité d'employer des coupe-circuits comme protecteurs. Si l'on se reporte en effet à la relation fondamentale de la loi d'Ohm :

$$E = Ri$$

on voit qu'à un voltage élevé correspondra nécessairement une intensité très élevée, lorsque la résistance du circuit sur lequel on appelle sera faible. Cette intensité sera dans la plupart des cas suffisante pour faire fonctionner le coupe-circuit.

La seconde solution — emploi de l'appel magnétique — est beaucoup plus avantageuse au point de vue de l'achat et de l'entretien. Elle est aussi d'un fonctionnement plus sûr. Aussi est-elle généralement adoptée à l'étranger. On peut lui reprocher, toutefois, deux inconvénients. Le premier est l'obligation de munir tous les postes de sonneries magnétiques. Le second est d'entraîner pour l'opérateur une double manœuvre simultanée, rotation de l'appel et abaissement du bouton d'appel. Aussi les postes d'opérateur sont-ils munis dans ce cas, au lieu d'appareils combinés spéciaux nécessitant l'emploi de la main pour les tenir, de récepteurs dits *serre-tête* et de microphones suspendus à une potence.

Nous aurons l'occasion de revenir sur ces appareils dans l'étude des bureaux centraux comprenant plus de dix et moins de 500 numéros.

Remarque. — Lorsqu'il est fait usage d'une pile pour l'appel, non seulement il n'y a pas d'inconvénient, mais il y a intérêt à se brancher pour l'appel sur une pile affectée déjà à d'autres besoins de même ordre, par exemple à un circuit de sonnerie télégraphique. C'est un moyen commode de diminuer le nombre des éléments dans le bureau.

Formes anciennes des commutateurs à dix directions .

— Nous avons achevé ici la description du montage actuellement adopté pour les bureaux à dix directions.

Il est utile toutefois de rappeler, ne fût-ce qu'à titre documentaire, quelques-unes des formes employées autrefois pour les commutateurs à dix directions. Ces formes sont naturellement établies à l'aide des plus anciens types de jacks et d'annonceurs, c'est-à-dire avec des jacknife ou des conjoncteurs Sieur.

S'il s'agit par exemple de jacknife, on a vu que chaque jack comportait deux canons associés de telle sorte que l'on produit ou non la rupture d'un contact, suivant que l'on enfonce la fiche dans l'un ou l'autre de ces canons.

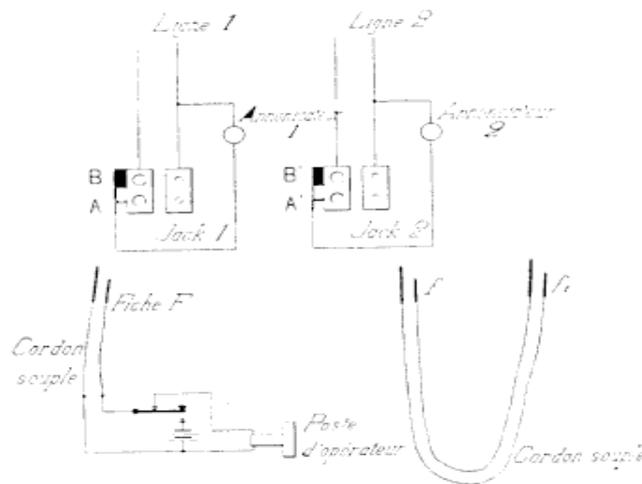


FIG. 401.

Le montage général d'un poste à dix directions est alors celui de la figure 401.

Supposons que l'abonné 1 appelle le bureau central; son appel est reçu dans l'annonceur 1 qui lui correspond. Aussitôt l'opérateur prend la fiche F normalement reliée à son poste et la porte dans le canon A du jack correspondant à l'abonné 1. Il coupe ainsi la dérivation de l'annonceur 1 et met son propre poste en communication avec le circuit de l'abonné 1.

L'abonné 1 demandant l'abonné 2, l'opérateur retire la fiche F de A et la porte dans le jack de l'abonné 2; il appelle

l'abonné 2, l'informe qu'on va lui donner une communication, puis, prenant un cordon souple à deux fiches f, f_1 , il enfonce l'une des fiches f_1 dans le canon A du jack de l'abonné 1, l'autre dans le canon B' du jack de l'abonné 2. La communication demandée est établie; de plus, en raison de la position des fiches f et f_1 , on voit que, lorsque l'opérateur aura retiré sa fiche F, *un seul des annonceurs d'appel*, l'annonceur 2, restera en dérivation sur la ligne de manière à servir d'annonceur de fin de conversation.

On obtiendrait un résultat identique en substituant des conjoncteurs Sieur à trois crochets aux jacknife.

Il est superflu d'insister sur les inconvénients de tableaux ainsi constitués : multiplicité des manœuvres, organes servant tour à tour à des fonctions différentes (appel ou fin de conversation), encombrement, etc...

§ 2. — Bureaux comprenant plus de 10 abonnés et moins de 500 abonnés

Le montage est, en principe, identique au précédent. Toutefois les bureaux de cette catégorie présentant des phases de développement très variables, il y aurait de sérieux inconvénients, au point de vue du prix de revient, à les établir d'un seul coup pour leur capacité maxima. On ne fait donc pas usage de répartiteurs ou de tableaux pour 500 abonnés, mais bien d'unités de répartiteur et de commutateur juxtaposées au fur et à mesure de l'extension des besoins. Certaines de ces unités sont d'ailleurs différentes et leur choix est un des problèmes importants afférent à l'étude d'un bureau.

Comme précédemment, nous passerons successivement en revue l'arrivée des fils, les répartiteurs, les tableaux commutateurs proprement dits, et le montage des piles.

Arrivée des fils. — Les fils de ligne arrivent encore le plus souvent aériennement, soit à des potelets, soit à une

turelle: plus rarement, par une voie souterraine. Mais, en raison de l'importance même du réseau, nous devons constater un phénomène nouveau sur lequel on ne saurait trop attirer l'attention.

Chaque potelet, chaque montant de tourelle, ou encore chaque câble souterrain correspond à une artère du réseau. Cette artère a été établie non seulement en vue de satisfaire aux abonnements souscrits, mais encore aux abonnements probables et prévus dans un certain délai. Il en résulte que tous les fils existants ne correspondent pas à des lignes en service ou, ce qui revient au même, que l'on a plus de lignes existantes qu'il n'y a d'abonnés.

De plus le cheminement des fils de ligne entre leur point d'arrivée et le répartiteur s'effectue, comme dans les bureaux à dix directions, à l'aide de câbles sous caoutchouc et sous plomb à sept paires de conducteurs. Si donc une artère ne comporte, par exemple, que deux abonnés reliés au réseau, il y a intérêt cependant, pour uniformiser le montage, à établir la liaison entre le répartiteur et le potelet correspondant à l'artère avec un câble à sept paires, et cela bien que, sur les sept paires, deux seulement doivent être utilisées immédiatement. D'où une nouvelle cause d'écart entre le nombre total des conducteurs arrivant au répartiteur et celui des abonnés reliés.

En pratique, on doit compter que cet écart atteindra toujours de 35 à 50 0/0.

La conséquence de cette remarque est que, sur le répartiteur, il est nécessaire de prévoir un plus grand nombre de plots d'arrivée des lignes que de plots d'appareils, les premiers correspondant à des lignes dont certaines sont inoccupées, les seconds devant uniquement correspondre à des lignes utilisées.

Répartiteur. — Nous avons dit que, pour des raisons d'économie, le matériel des bureaux de cette catégorie devait être constitué avec des unités en nombre variable pouvant se juxtaposer.

L'unité de répartiteur usitée en France porte le nom de *bloc de répartiteur*. Elle permet de relier 35 circuits doubles (correspondant à 5 cables à 7 paires côté des lignes) à 31 circuits doubles (côté appareils).

Le bloc de répartiteur se compose :

- 1° D'un support métallique ;
- 2° D'un panneau de raccordement côté des lignes ;
- 3° D'un panneau de raccordement côté appareils.

a) Support métallique

Le support métallique A est formé de 5 montants verticaux assemblés à l'aide de fers méplats horizontaux. Sur l'une des

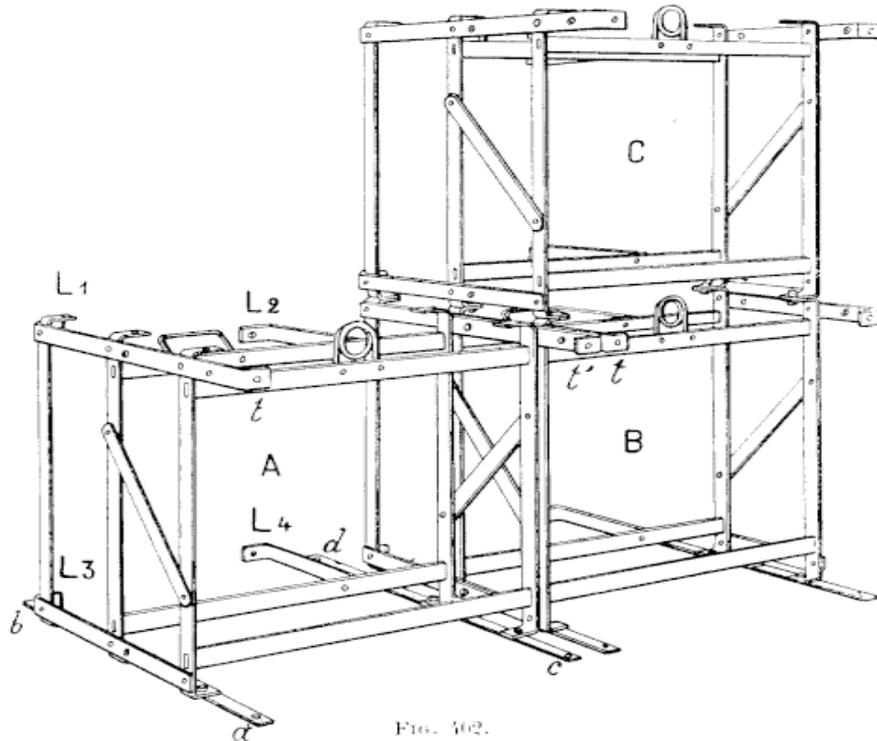


FIG. 492.

faces du support (*fig. 492*), deux pattes *t* et *t'* permettent de fixer la réglette correspondant au côté des appareils ; sur l'autre face quatre pattes, *L*₁, *L*₂, *L*₃, *L*₄, permettent de fixer le panneau supportant les plots de lignes et les paratonnerres.

Des trous de boulons sont préparés à l'avance pour permettre soit de juxtaposer, soit de superposer deux blocs. La résistance des fers est suffisante pour qu'on puisse en superposer quatre les uns au-dessus des autres.

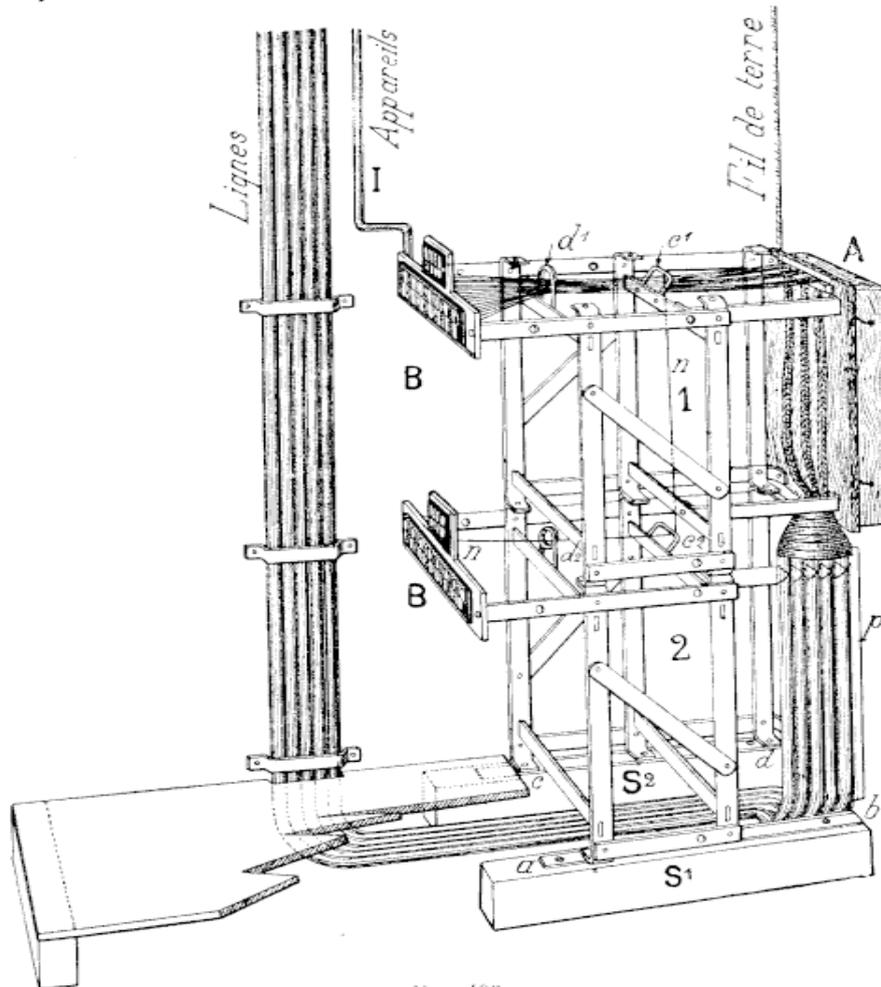


FIG. 403.

Pour fixer un support métallique sur le sol, on commence par munir celui-ci de pattes *ab*, *cd* horizontales, et l'on visse celles-ci sur des semelles S_1 , S_2 (fig. 403) de manière à ménager au-dessous du bloc une sorte de faux plancher où peuvent circuler les câbles.

Il est pratique de monter immédiatement deux blocs superposés, même lorsque la capacité du bureau est inférieure à 31 lignes. Le bloc supérieur est alors seul utilisé ; mais les organes de permutation sont plus aisément accessibles. Le faible prix de revient d'un support métallique justifie cette méthode.

b) Panneau de raccordement des lignes

Le panneau du raccordement des lignes supporte en même

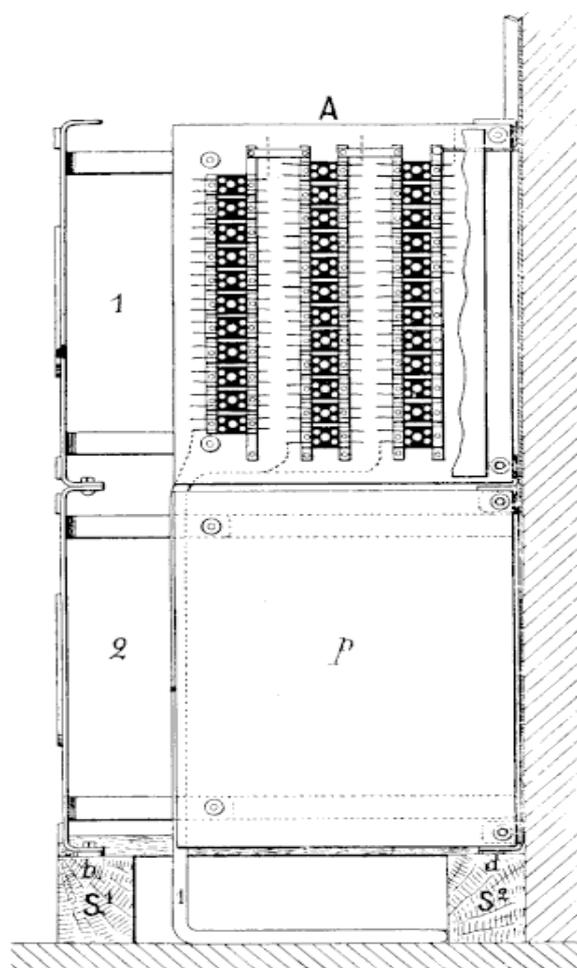


FIG. 404.

temps les paratonnerres (*fig. 404*), qui sont disposés sur trois

rangées verticales : un couvercle à charnière le recouvre en temps normal.

Les câbles à 7 paires arrivant sous les semelles $S_1 S_2$ (*fig.* 403) montent à l'intérieur du bloc en s'appuyant sur des montants horizontaux. Chaque paire se distribue ensuite à l'arrière du panneau de paratonnerres et, traversant le panneau par des trous percés à l'avance, vient se fixer sur les bornes du paratonnerre qui lui est destiné.

c) Panneau de raccordement côté appareil

Ce panneau consiste en une planchette comportant deux réglottes superposées armées de plots de raccordement et percées de trous (*fig.* 403).

La réglotte inférieure comporte 50 plots de raccordement, la réglotte supérieure 12 plots. Disons tout de suite que cette dernière est destinée spécialement aux lignes interurbaines montées en embrochage.

Les câbles venant des appareils descendent à l'intérieur du bloc en s'appuyant sur les montants horizontaux des blocs et viennent s'épanouir à l'arrière de la réglotte. Chaque paire traverse un des trous rapproché de l'axe de la réglotte et se fixe au plot convenable.

d) Liaison des panneaux

La liaison entre les deux panneaux, à l'intérieur du bloc, s'effectue à l'aide de câbles paraffinés sous gutta à deux conducteurs.

Ces liaisons sont orientées par des anneaux de manière à éviter la formation d'une chevelure.

En temps normal, toutes les liaisons afférentes à un bloc s'étalent sur une seule nappe horizontale. Lorsque plusieurs blocs sont intéressés, les anneaux verticaux servent au cheminement horizontal, les anneaux inclinés au cheminement ver-

tical. La figure 403 montre ainsi la marche d'un conducteur n allant du panneau d'appareils A au panneau de lignes B.

e) Association des blocs

L'agencement successif des unités de répartiteur s'opère dans l'ordre suivant :

Jusqu'à 25 abonnés, on utilise 2 blocs superposés 1 et 2, — le deuxième seul étant armé de panneaux ;

Pour 50 abonnés, on arme de panneaux le bloc 2 ;

Pour 75 abonnés, on superpose un bloc 3 aux deux précédents ;

Pour 100 abonnés, on superpose un bloc 4 aux trois précédents ;

Au-delà de 100 abonnés, on juxtapose une nouvelle série de blocs à la précédente.

Liaison du répartiteur aux tableaux commutateurs. —

La liaison du répartiteur aux tableaux commutateurs se fait à l'aide de câbles paraffinés sous plomb à 27 paires ; 25 paires sont reliées aux plots de la réglette à 25 ; deux autres restent en attente comme paires de rechange. La liaison des réglettes spéciales affectées aux lignes embrochées se fait avec des câbles paraffinés sous gutta à deux conducteurs.

À l'arrivée aux tableaux commutateurs, les câbles sous plomb sont dépouillés de leur enveloppe extérieure et montés en peigne.

Ce montage consiste à couper les différentes paires à des

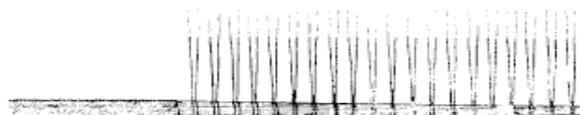


FIG. 405.

longueurs convenables et à les maintenir liées avec du fil de manière à produire un épanouissement conforme au croquis de la figure 405.

Les paires sont ainsi amenées en regard des plots d'attache du tableau commutateur et soudées directement sur ceux-ci.

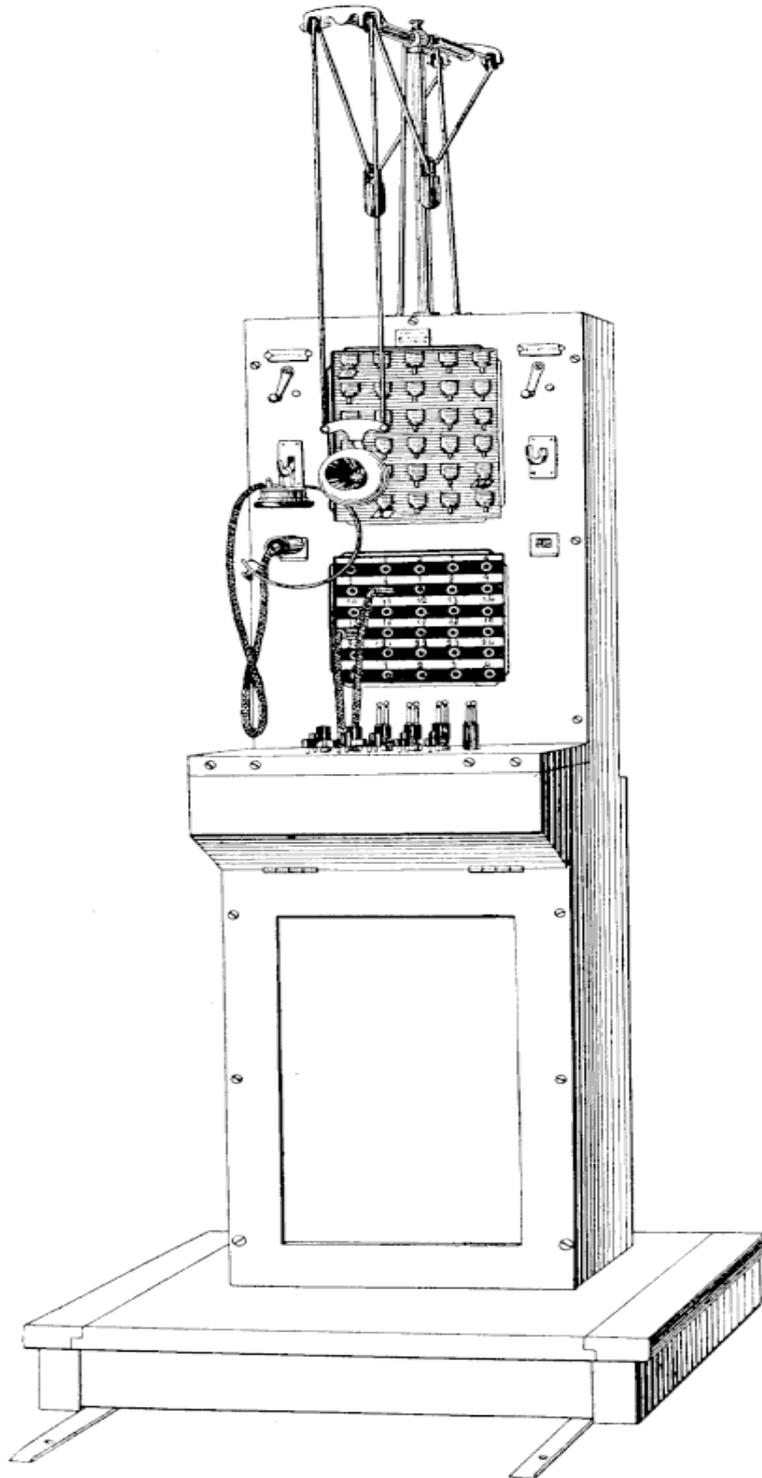


FIG. 406.

Tableaux commutateurs. — Il existe trois types d'unités constitutives servant à l'établissement des bureaux centraux qui comprennent plus de 10 et moins de 500 abonnés. Ces types ont respectivement des capacités de 25, 50 et 100 numéros. Chacun comporte, en outre, les éléments utiles pour le montage de six lignes interurbaines embrochées (soit trois groupes de un annonceur polarisé et trois jacks).

Toutes ces unités forment de véritables tables indépendantes ayant même hauteur et ne différant que par la largeur. Elles peuvent être placées indifféremment soit contre les murs, soit au milieu des pièces.

Dans le cas où on les place le long des murs, comme il importe de pouvoir aisément vérifier l'arrière du tableau, on les fait reposer sur un chariot (*fig. 406*). Ce chariot est une plate-forme dont la partie supérieure mobile dans des rainures peut être amenée en avant, entraînant avec elle le tableau; on laisse naturellement un mou suffisant aux câbles d'attache pour permettre ce déplacement. Une précaution utile pour assurer la constante mobilité du chariot consiste à graisser les rainures avec de la plombagine.

Le schéma général du montage électrique de ces unités est identique à celui du tableau à dix directions en ce qui concerne les circuits d'abonnés, la sonnerie de nuit et les circuits interurbains (postes embrochés). En revanche, certaines particularités spéciales relatives aux postes d'opérateur méritent d'être relevées. Nous allons les exposer en passant en revue successivement chaque type.

Tableau à 25 directions. — *a) Poste d'opérateur.* — Nous avons vu que l'on faisait usage dans les tableaux à dix directions d'un appareil dit combiné, tenu à la main. Les tableaux à vingt-cinq pouvant être le siège d'un trafic très actif, il importe de laisser à l'opérateur le libre usage de ses mains. A l'appareil combiné on substitue donc, d'une part, un microphone mobile suspendu à des cordons souples par une potence

et, d'autre part, un écouteur monté sur ressort et se fixant à la manière d'un casque sur la tête.

Le cordon souple correspondant à cet écouteur ne comporte plus alors que deux conducteurs (au lieu de quatre dans le cas de l'appareil combiné) et les connections de la fiche entrant dans la mâchoire sont modifiées en conséquence.

En outre, nous verrons, à propos des intercommunications,

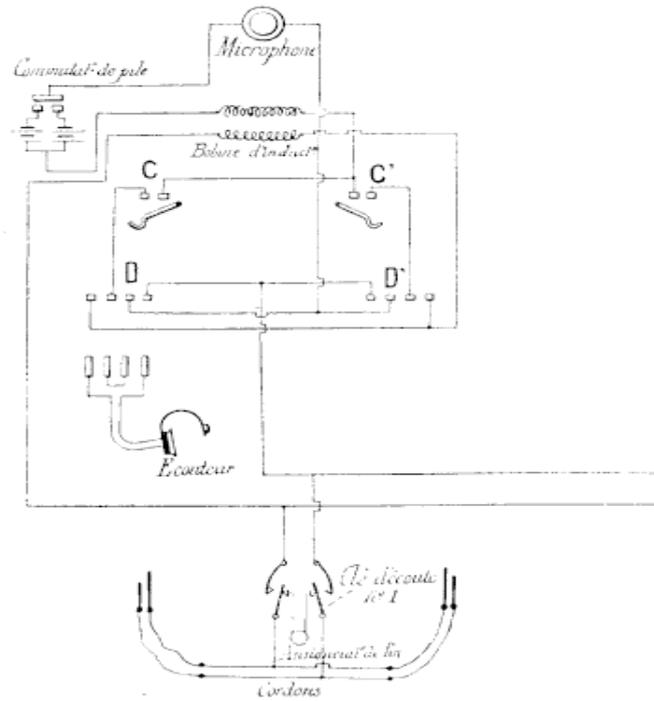


FIG. 407.

que l'opérateur doit avoir la faculté de travailler, soit à droite, soit à gauche du meuble. Afin de ne pas gêner ses mouvements, on dispose non plus un seul crochet interrupteur et une seule mâchoire sur le circuit du microphone, mais bien deux groupes d'un crochet interrupteur et d'une mâchoire, l'un CD placé à droite de l'appareil, l'autre C'D' placé sur la gauche.

L'ensemble des communications du poste d'opérateur devient alors celui de la figure 407.

b) Particularités de montage. — En dehors des organes (annonceurs et jacks) correspondant aux vingt-cinq circuits ordinaires, le tableau à vingt-cinq directions de l'administration française comprend ceux correspondant au montage de six lignes interurbaines embrochées, dix jacks de service et cinq paires de cordons montées avec leurs clés d'appel et d'écoute. Toutes ces pièces sont semblables à celles du tableau à dix et montées comme dans ce tableau, de manière à respecter la correspondance de position des organes appartenant à un même circuit.

L'ensemble du panneau vertical d'un tableau à vingt-cinq directions peut dès lors être représenté comme il suit :

TABLEAUX A 25 DIRECTIONS

	Annonceurs de ligne interurbaine.	
Clé commutateur à levier de pile microphonique.	Annonceurs d'abonnés.	Clé commutateur à levier interruptrice de sonnerie.
Crochet automatique interrupteur.	Annonceurs de fin de conversation.	Crochet interrupteur automatique.
Mâchoire à 4 contacts.	Jacks de ligne interurbaine.	Mâchoire à 4 contacts.
	Jacks de service interurbain.	
Clé commutateur à levier d'inversion de courant.	Jacks d'abonnés.	
	Jacks de service.	

La figure 406 représente une vue générale du meuble. La partie inférieure sert à abriter les cordons avec leur contre-

pois. A l'arrière (*fig. 408*), la partie supérieure est amovible et permet de surveiller les connexions intérieures. Il en est de même pour la partie *b* qui permet de surveiller les cordons. Les attaches sont réparties sur un tableau fixé à l'arrière, et que recouvre un couvercle vissé. Les câbles aboutissant à ces attaches montent par une cimaise amovible C_1C_2 fixée au meuble.

A l'avant, le clavier sur lequel sont réparties les clés d'écoute et d'appel, est mobile autour de charnières.

Grâce à ces dispositions, toutes les connexions électriques peuvent être aisément vérifiées en cours de service et sans interrompre celui-ci.

Enfin, sur les deux côtés du meuble, sont percés à l'avance des trous permettant, si besoin est, de fixer des équerres e_1, e_2 et une tablette supplémentaire *p* destinée à recevoir les registres etc... (*fig. 410*).

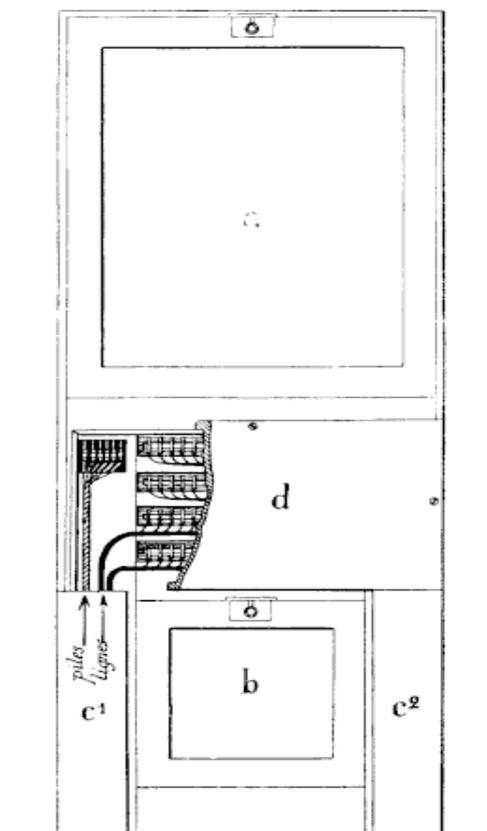


FIG. 408.

Tableaux à 50 et à 100 directions. — *a) Poste d'opérateur.* — Les postes d'opérateurs des tableaux à 50 et à 100 directions ne diffèrent des précédents que par la possibilité de faire desservir momentanément le tableau par deux opérateurs simultanément.

Cette possibilité entraîne comme conséquence :

1° L'obligation d'avoir deux postes d'opérateur, celui de l'opérateur principal et celui de l'aide;

2° L'obligation de pouvoir au moment, où ces deux opérateurs agissent ensemble, séparer les cordons du tableau en deux groupes, l'un relié par les clés d'écoute au poste de l'opérateur principal, l'autre relié par les clés d'écoute au poste de l'aide.

Examinons ces divers points.

Le poste de l'opérateur principal ne diffère pas du poste d'opérateur du tableau à vingt-cinq directions.

Le poste de l'aide comporte un simple appareil combiné,

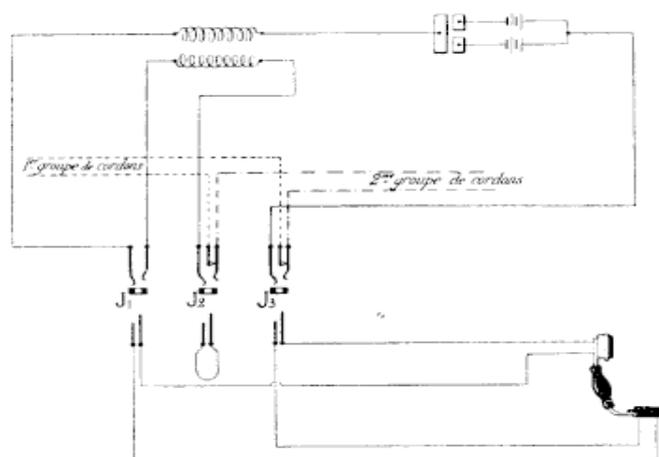


FIG. 409.

une mâchoire et un commutateur de pile microphonique. Il ne possède pas de système spécial d'interruption sur le circuit microphonique.

La séparation des cordons en deux groupes au moment de l'intervention de l'aide s'obtient par le fait seul de l'enfoncement d'une mâchoire placée sur le circuit microphonique de l'aide. A cet effet, cette mâchoire se compose de trois fiches associées sur un même massif isolant et qui s'enfoncent dans trois jacks à rupture. Le croquis du montage est représenté par la figure 409.

On voit sur cette figure qu'en temps normal la liaison est

établie par l'intermédiaire des jacks J_2 et J_3 entre les deux groupes de cordons.

En enfonçant la mâchoire, cette liaison est rompue et le circuit secondaire du poste de l'aide est mis en relation avec le deuxième groupe de cordons.

b) Particularités du montage des tableaux à 50 et à 100 directions. — Le montage des tableaux à 50 et à 100 directions est entièrement semblable à celui des tableaux à 25. Seul le nombre des organes élémentaires varie. C'est ainsi que l'on compte dix paires de cordons avec leurs clés et vingt jacks de service sur les tableaux à 100, dix paires de cordons avec leurs clés et dix jacks de service sur les tableaux à 50.

Les panneaux peuvent encore être représentés schématiquement de la manière suivante :

TABLEAUX A 100 ET 50 DIRECTIONS

	Annonciateurs de ligne interurbaine.	
Clé commutateur à levier de pile microphonique.	Annonciateurs d'abonnés.	Clé commutateur à levier interruptrice de sonnerie.
Crochet automatique interrupteur.	Annonciateurs de fin de conversation.	Crochet interrupteur automatique.
Mâchoire à 4 contacts.	Jacks de ligne interurbaine.	Mâchoire à 4 contacts.
	Jacks de service interurbain.	
Clé commutateur à levier d'inversion de courant.	Jacks d'abonnés.	Clé commutateur à levier de pile microphonique.
	Jacks de service.	Mâchoire commutatrice.

La figure 410 représente l'ensemble d'un de ces appareils, et la figure 411 le schéma général de l'ensemble des communications.

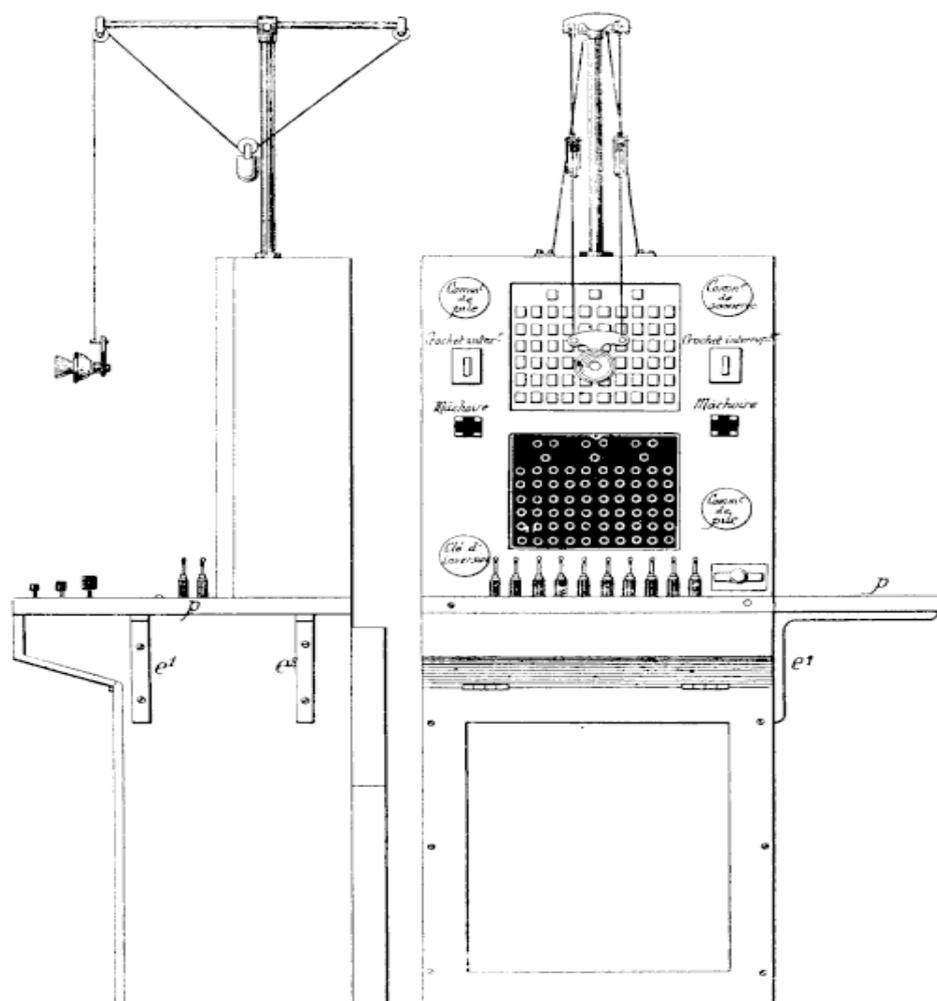
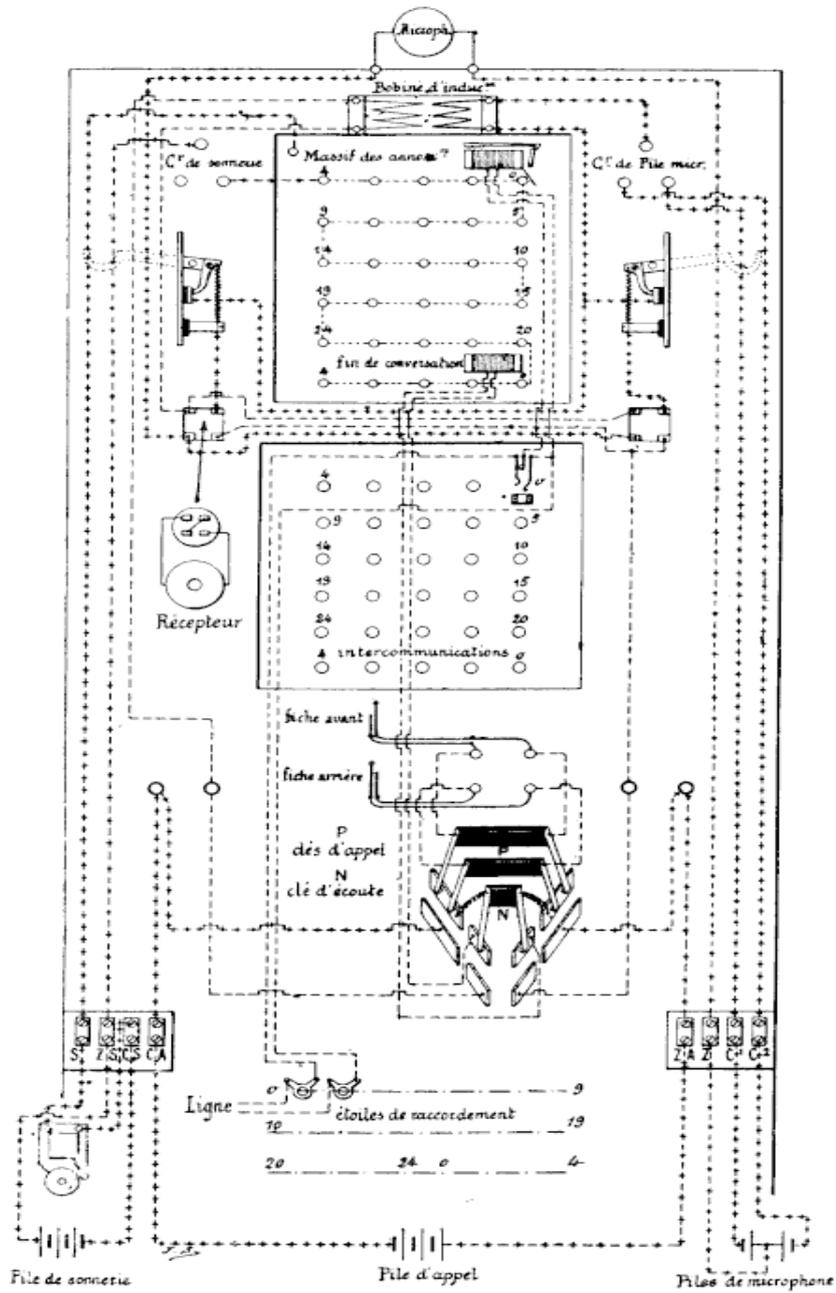


FIG. 410.

Intercommunications entre les unités. — Lorsque le bureau comporte l'emploi d'un certain nombre d'unités de tableau commutateur et constitue ce que nous appellerons un bureau complexe, il est nécessaire d'établir entre ces unités



des lignes d'intercommunication, lignes qui aboutissent, nous l'avons dit, aux jacks de service.

Supposons en particulier que le bureau comporte 4 unités à 100 directions juxtaposées, et désignons par ABCD les opérateurs chargés de desservir ces unités (*fig. 412*).

1 ^{re} Unité	2 ^{me} Unité	3 ^{me} Unité	4 ^{me} Unité
Abonnés	Abonnés	Abonnés	Abonnés
de 0 à 99	de 100 à 199	de 200 à 299	de 300 à 399
□	□	□	□
A	B	C	D

FIG. 412.

Chacun de ces opérateurs, B par exemple, ne reçoit évidemment que les appels des cent abonnés figurant sur son tableau.

Ces appels ont pour but de demander la communication soit avec un abonné du même tableau, soit avec un abonné des trois autres tableaux.

Aucune difficulté si l'abonné demandé figure sur le même tableau. S'il n'en est pas ainsi, deux cas sont à distinguer suivant que le tableau auquel appartient l'abonné demandé est ou non immédiatement voisin du tableau demandeur.

Si l'abonné demandé fait partie du tableau A ou C immédiatement voisin, l'opérateur B peut sans difficulté porter l'extrémité d'un cordon de sa table dans le jack de cet abonné : il suffit pour cela que les cordons aient été établis de longueur suffisante, ce qui est toujours le cas.

Si, au contraire, l'abonné demandé fait partie d'un tableau non adjacent, D par exemple, l'opérateur B doit faire usage d'une ligne de service reliant B à D.

A cet effet, il avise D en le priant de relier, sur le tableau D, l'abonné demandé à un jack de service désigné, le jack n° 5 par exemple (*fig. 413*); lui-même relie l'abonné demandeur au même jack n° 5 de son tableau. La communication est alors établie, en supposant que les deux jacks n° 5 soient normalement reliés par une ligne d'intercommunication.

Il résulte de ces considérations :

1° Qu'un certain nombre de mises en communication exigent dans un bureau complexe l'intervention de deux opérateurs, chacun des opérateurs ayant personnellement à faire toutes les manœuvres afférentes à une communication;

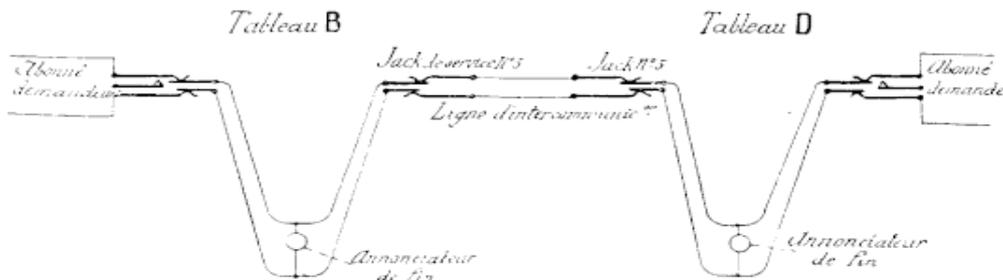


FIG. 413.

2° Que ces mises en communication spéciales se produisent toutes les fois que l'abonné demandé figure sur un tableau différent du tableau demandeur et non adjacent à celui-ci;

3° Que ces mises en communication spéciales exigent l'établissement préalable de lignes d'intercommunication reliant entre eux et deux à deux les jacks de service des tableaux non adjacents.

Remarquons immédiatement que lorsque deux opérateurs interviennent, on a un ralentissement de la mise en communication, que deux annonceurs de fin sont alors mis en dérivation au lieu d'un seul, que de plus, lorsque le nombre des demandes émanant d'un même tableau pour un autre tableau non adjacent s'élève d'une façon anormale, il peut arriver que les lignes d'intercommunication ne soient plus suffisamment nombreuses : l'abonné demandeur ne peut plus alors recevoir satisfaction.

Cherchons à nous rendre compte exactement de l'accroissement de travail résultant de ces intercommunications dans un bureau complexe comportant n tableaux de x abonnés.

Soit K le nombre moyen des communications journalières par abonné. Le nombre total des communications sera donc

nKx . S'il n'existait pas d'intercommunications, toutes les demandes ne donneraient lieu qu'à une seule série d'opérations exécutées par un seul opérateur. Le travail à chaque table se traduirait donc par Kx opérations.

Dès lors qu'il existe des intercommunications, on peut admettre que les abonnés demandés se répartissent également sur toutes les tables.

Sur les Kx appels produits sur un tableau, $\frac{Kx}{n}$ seront donc pour obtenir un abonné du même tableau, $\frac{Kx}{n}$ pour obtenir un abonné du tableau voisin, etc...

Établissons sur ces bases le décompte des communications nécessitant un seul ou deux opérateurs.

	NOMBRE DE COMMUNICATIONS NÉCESSITANT 1 OPÉRATEUR	NOMBRE DE COMMUNICATIONS NÉCESSITANT 2 OPÉRATEURS	
Table extrême	$\frac{2Kx}{n}$	$\frac{Kx}{n} (n - 2)$	} La table extrême ne peut atteindre directement que la table immédiatement voisine.
$n - 2$ tables inter- médiaires	$\frac{3Kx}{n}$ par table	$\frac{Kx}{n} (n - 3)$ par table	
Table extrême	$\frac{2Kx}{n}$	$\frac{Kx}{n} (n - 2)$	

On trouve en totalisant les premières :

$$\frac{4Kx}{n} + 3(n - 2) \frac{Kx}{n} = \frac{Kx}{n} (3n - 2);$$

pour les secondes :

$$2(n - 2) \frac{Kx}{n} + (n - 2)(n - 3) \frac{Kx}{n} = \frac{Kx}{n} (n^2 - 3n + 2).$$

Les nKx opérations du bureau se répartissent donc en deux groupes, les unes au nombre de $\frac{Kx}{n} (3n-2)$ s'effectuant directement, les autres au nombre de $\frac{Kx}{n} (n^2-3n+2)$ exigeant une intercommunication. Le rapport du nombre de ces dernières au nombre total est :

$$\frac{\frac{Kx}{n} (n^2 - 3n + 2)}{Knx}$$

ou encore :

$$\frac{n^2 - 3n + 2}{n^2}$$

Ce rapport augmente, comme on devait s'y attendre, avec la valeur de n .

Si l'on suppose, en particulier, que le bureau comprenne 500 abonnés, on voit qu'avec 5 tableaux à 100, le nombre des intercommunications sera de 48 0/0 environ, avec 10 tableaux à 50 il atteindra 72 0/0.

On a donc tout intérêt à augmenter la capacité des unités employées dans un bureau complexe. La seule limite de cette capacité est la capacité de travail de l'opérateur.

On peut se rendre compte assez aisément de l'accroissement de travail imposé du fait des intercommunications à cet opérateur.

Soit toujours Kx le nombre total des communications demandées par les abonnés d'un tableau. Chacune de celles-ci exigeant une série d'opérations, l'opérateur aura donc de ce fait Kx opérations à exécuter.

En outre, chacun des $n-3$ tableaux non adjacents obligera du fait des intercommunications ce même opérateur à exécuter $\frac{Kx}{n}$ mises en communication supplémentaires.

Le travail total exigé de l'opérateur sera donc :

$$Kx + (n-3) \frac{Kx}{n}$$

au lieu de Kx .

Si A est le nombre maximum des opérations que peut exécuter un opérateur dans les conditions de l'exploitation considérée, il résulte des considérations précédentes que les conditions d'utilisation du matériel les plus favorables correspondront au cas où l'on aura la relation :

$$A = Kx + \frac{(n-3)Kx}{n}.$$

D'autre part, le nombre total des abonnés étant N, on a évidemment :

$$N = nx.$$

Ces deux équations permettent de calculer n et x , à condition de connaître A et K, qui sont des données numériques variables suivant les modes d'exploitation et la nature des lignes exploitées.

On voit apparaître ici l'intime liaison existant entre les organes d'exploitation et cette exploitation elle-même.

Remarque importante. — Il résulte de tout ce qui précède que l'existence des intercommunications, dans une exploitation téléphonique, est une source de difficultés considérables.

Il est donc essentiel de rechercher les moyens, soit de les supprimer entièrement, soit d'en diminuer le nombre au maximum.

Le moyen de les supprimer consiste évidemment à permettre à tout opérateur *de donner directement un abonné demandé quelconque à l'abonné demandeur*. Ceci a pour conséquence l'obligation *de mettre en regard de chaque opérateur des jacks reliés à chacune des lignes de ces abonnés demandés*.

Une ligne d'abonné devrait donc posséder en dehors du jack et de l'annonceur servant normalement à ses appels, autant de jacks qu'il y a de tableaux sur lesquels cet abonné est susceptible d'être demandé. Ce montage est dit *montage en multiple*. Il est généralisé dans la plupart des bureaux comportant plus de 500 abonnés et sera plus loin l'objet d'un examen détaillé.

Les moyens de diminuer le nombre des intercommunica-

tions sont multiples; ils dépendent du mode d'exploitation choisi. Le plus simple de tous, *qui peut et doit toujours être employé*, consiste à répartir judicieusement les lignes d'abonnés sur les tableaux de manière à grouper sur un même tableau les abonnés qui causent fréquemment ensemble. L'emploi du répartiteur permet, en cours d'exploitation, de faire commodément ce groupement et de le varier au fur et à mesure des événements.

Piles. — Le montage des piles dans les bureaux compris entre 10 et 500 abonnés est identique à celui employé dans les bureaux à 10. Nous n'y reviendrons pas.

Remarques générales sur le service téléphonique dans les bureaux précités. — Dans tout ce qui précède, nous ne nous sommes pas occupés de la nature des communications échangées et de leur succession.

La réalité est loin d'être aussi simple. Il est nécessaire de l'examiner de plus près et d'exposer, sinon de résoudre, les multiples problèmes qu'elle suscite.

Dans tous les bureaux téléphoniques, on doit tout d'abord classer en deux groupes distincts les lignes desservies : le premier comprend les lignes d'abonnés du réseau, le second les lignes dites interurbaines et reliant le réseau aux réseaux voisins.

Les premières de ces lignes sont exclusivement affectées au service d'un abonné déterminé; elles servent à des échanges de communications journalières en nombre variable, mais toujours très faible. Leur rendement est donc lui-même très faible. En revanche, leur longueur est peu considérable, leur prix d'établissement relativement bas; on peut donc aisément s'accommoder du mauvais rendement qui leur correspond.

Les secondes sont en réalité de véritables lignes d'intercommunication; de plus, comme elles sont longues et coûteuses à établir, elles sont peu nombreuses, généralement uniques

pour chaque réseau correspondant, et l'on s'efforce d'en obtenir le maximum de rendement.

Plusieurs conséquences importantes dérivent de ces remarques.

En premier lieu, on voit que, si les intercommunications peuvent être supprimées ou diminuées dans l'intérieur d'un bureau pour les communications d'abonnés, elles sont la base même du service interurbain.

En second lieu, du fait que les lignes d'abonné sont individuelles, résulte celui qu'un abonné ne doit jamais subir de retard dans sa communication avec un autre abonné.

Du fait, au contraire, que la ligne interurbaine n'est pas individuelle et sert successivement à l'écoulement des communications, résulte la nécessité dans nombre de cas d'une *attente* précédant la mise en communication, d'une *limitation* de durée pour la conversation, d'une *tacation* spéciale et par suite d'écritures multiples accompagnant les manœuvres proprement dites.

On ne saurait donc traiter dans un bureau les lignes d'abonnés comme les lignes interurbaines et l'allure du service diffère totalement suivant qu'il s'agit des unes ou des autres.

Le groupement technique des organes affectés à chacun de ces services dans un bureau de moins de 500 abonnés varie et n'est pas actuellement bien fixé. Nous allons indiquer toutefois les principes qui peuvent servir de guide. Il demeurera bien entendu qu'ils n'ont rien d'absolu.

On doit distinguer deux cas principaux suivant que le réseau est ou non le siège de communications *urbaines* actives.

Cas d'un réseau à communications urbaines actives.

— Lorsque le mouvement économique de la région entraîne de fréquents échanges de communications à l'intérieur du réseau, il est rationnel de sectionner le bureau en deux parties distinctes, l'une affectée aux communications urbaines, l'autre affectée aux communications interurbaines.

a) **Partie urbaine**

Cette partie est constituée à l'aide d'unités à 25, 50 ou 100, suivant l'activité du réseau.

On a vu plus haut que le choix de ces unités dépend de la connaissance des coefficients suivants :

A, nombre d'opérations maximum qui peut être exécuté en une heure par un opérateur ;

K, nombre des communications par abonné et par heure (la journée pratique est supposée de quatorze heures).

Ces coefficients étant de véritables coefficients d'exploitation, il est difficile d'en donner la valeur.

On admet que la valeur de A maximum est de 300 à l'heure, soit douze secondes pour une opération complète. Dans la

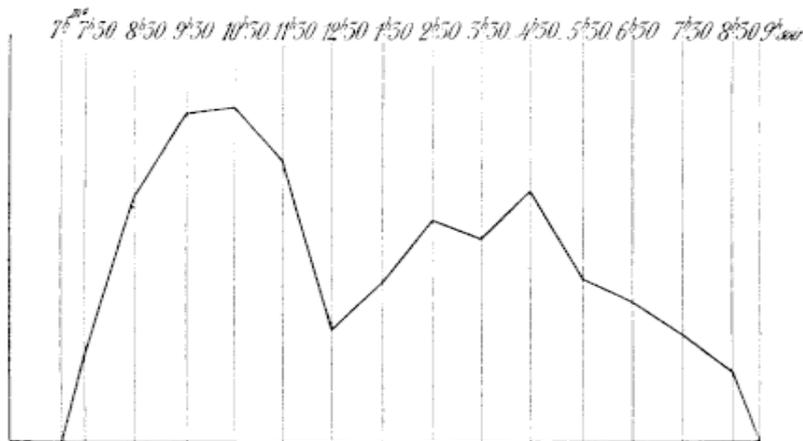


Fig. 414.

pratique, ce nombre varie avec les types d'appareils et surtout l'entraînement et le mode opératoire du personnel et des abonnés. Il serait peut-être imprudent d'admettre actuellement, comme valeur moyenne, un nombre supérieur à 100.

Le coefficient K est assez faible dans les régions où l'agglomération des abonnés est inférieure à 500. On peut admettre que sa moyenne est généralement comprise entre 0,20 et 0,25.

Toutefois on doit remarquer que les communications se répartissent inégalement durant les différentes heures de la journée, et cela suivant une loi qui est à peu près régulière.

La courbe journalière des communications peut être représentée en France par la courbe de la figure 414 ci-dessus.

Il va de soi que l'on doit prendre dans ces évaluations non pas la valeur moyenne de K , mais celle correspondant à l'heure la plus chargée. On constate que d'une manière générale 120/0 des communications s'échangent durant cette heure. Le coefficient K utilisé doit donc être le précédent majoré et ramené à des limites comprises entre 0,35 et 0,50.

Remarque. — La détermination de la courbe ci-dessus dans chaque cas particulier présente une grande importance, car elle permet de déterminer du même coup la répartition des heures de présence du personnel.

b) Partie interurbaine

Cette partie doit être constituée à l'aide de meubles spéciaux comportant d'une part les jacks et les annonceurs afférents aux lignes interurbaines et, d'autre part, des jacks de service reliés à chacun des tableaux urbains et en nombre suffisant pour pouvoir donner à un même tableau urbain toutes les lignes desservies par le tableau interurbain considéré.

Le montage des lignes interurbaines donne lieu en outre à deux particularités importantes et sur lesquelles il convient d'insister.

La première est due à ce fait que les lignes interurbaines étant très longues peuvent, à certains jours ou à certaines heures, présenter des pertes considérables. Il en résulte, si le poste de l'abonné est lui-même mal isolé, un bruit permanent sur la ligne susceptible de gêner considérablement les communications. Il y a dès lors intérêt à intercaler sur la ligne un séparateur, constitué par un transformateur à circuits égaux parfaitement isolés l'un de l'autre (l'isolement de ces circuits doit être de 50 mégohms au minimum).

L'introduction de ce séparateur affaiblit, il est vrai, légèrement l'intensité de la transmission; mais la netteté est considérablement augmentée.

L'agencement de la ligne interurbaine sur le tableau doit permettre d'introduire aisément ce séparateur. A cet effet, on installe deux jacks sur ces lignes (*fig. 415*).

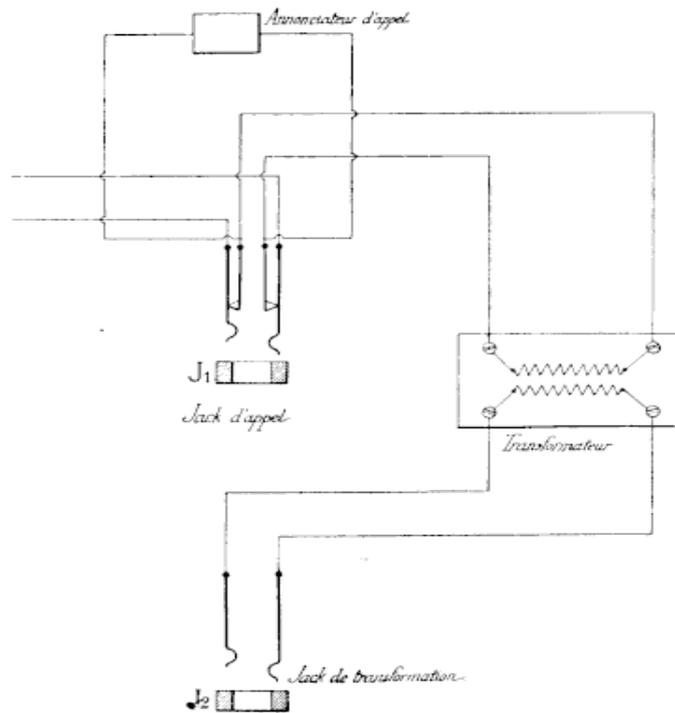


FIG. 415.

A l'état normal, l'annonceur d'appel est monté en dérivation sur l'un des circuits du transformateur; lorsqu'on enfonce la fiche de réponse dans le jack J_1 , on supprime toute communication avec le transformateur. Lorsqu'on l'enfonce dans le jack J_2 , la communication est au contraire établie à travers le transformateur. Dans ce cas, le signal de fin de conversation émanant de la ligne interurbaine est reçu sur l'annonceur d'appel de celle-ci et celui émanant de l'abonné sur l'annonceur de fin de conversation du cordon.

La seconde particularité est due à l'importance de jour en jour plus grande prise par l'utilisation des installations duplex sur les lignes téléphoniques interurbaines.

On a déjà vu quel est le principe de ce système (méthode du pont de Wheatstone *fig.* 298 et 299). Le montage du circuit supplémentaire sur la table interurbaine (*fig.* 416) ne

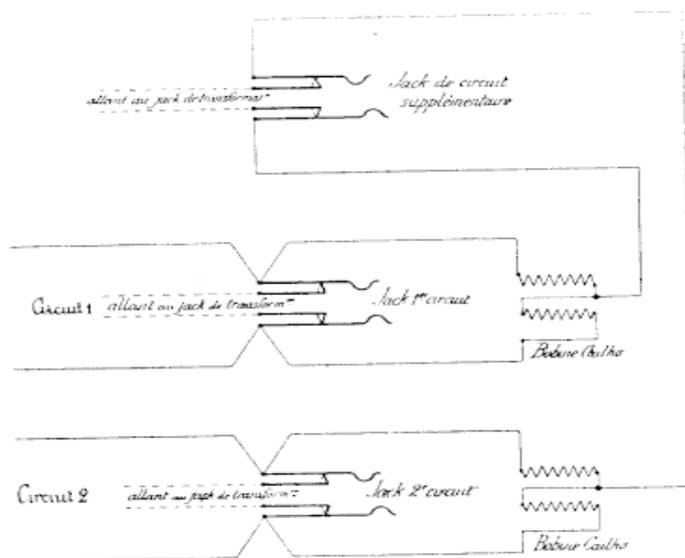


FIG. 416.

présente aucune difficulté particulière et permet, puisqu'il réalise l'équilibre des fils, de réaliser aussi bien l'indépendance des appels que celle des communications téléphoniques proprement dites.

Dans la pratique, il a été trouvé plus commode d'intercaler un transformateur à demeure sur chacun des trois circuits combinés (*fig.* 417). Le montage ainsi fait permet, en dépit de cette interposition, l'envoi des appels ordinaires, et ceci grâce à la sensibilité des annonceurs. Cette remarque très intéressante et signalée par M. Bazille, ingénieur des télégraphes français, a permis du même coup de donner aux circuits combinés une extension remarquable.

Si l'on a (*fig.* 418) deux circuits allant de A en B et pas-

sant tous deux par un poste C, on peut en effet réaliser un

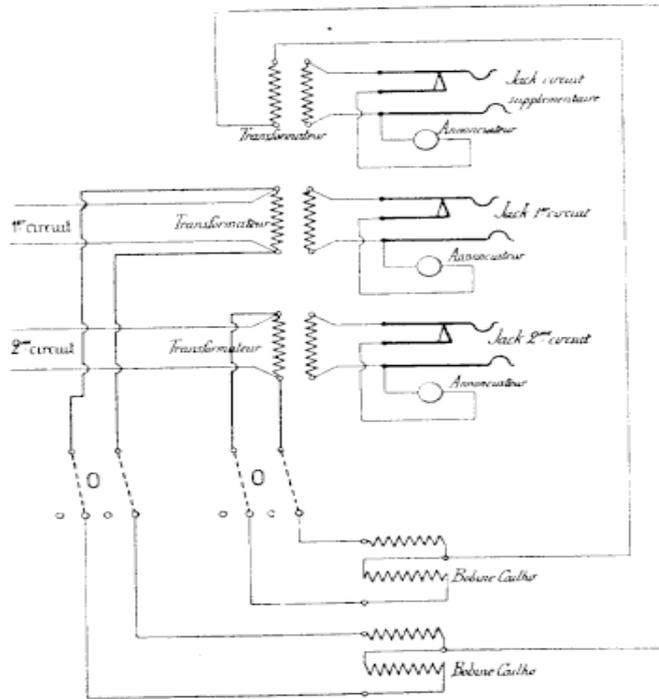


FIG. 417.

véritable *échelonnement téléphonique* en intercalant en C un

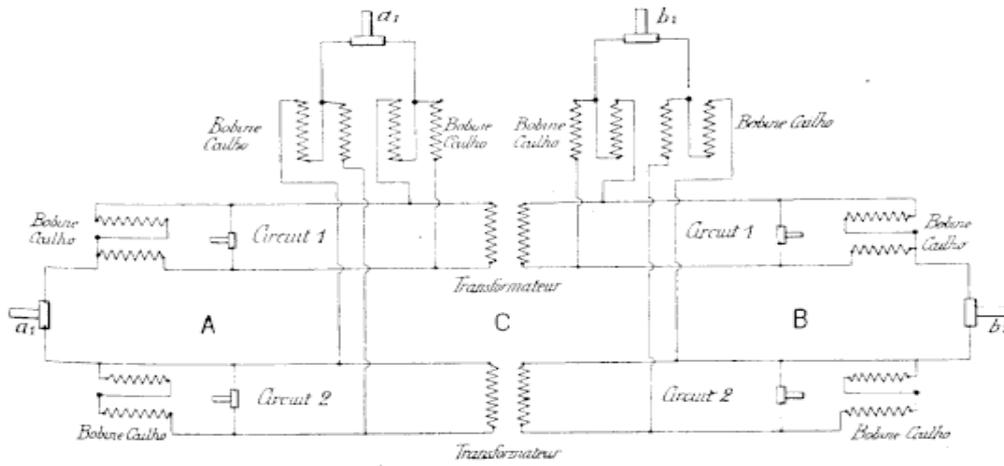


FIG. 418.

transformateur sur chacun des circuits primaires. La commu-

nication directe et les appels de A à B continuent à s'effectuer normalement à travers ces transformateurs; en appliquant d'autre part à chacune des sections primaires comprises, soit entre A et C, soit entre B et C, les dispositifs duplex ordinaires, on obtient deux communications supplémentaires, l'une de A à C, l'autre de B à C.

Le nombre des lignes interurbaines desservies sur un même meuble est très variable et dépend non seulement de l'intensité du trafic sur chacune d'elles mais encore des moyens mis à la disposition de l'opérateur pour l'inscription des écritures. Dans certains cas, en effet, cette fonction est dévolue à un deuxième opérateur servant d'aide.

Ce nombre varie, en fait, de 5 à 10. Encore a-t-on soin de ne faire figurer que un ou deux fils à gros trafic parmi les lignes ainsi groupées.

Le plus souvent, dans les bureaux de cet ordre, le travail d'intercommunication s'effectue en transmettant à la voix les demandes d'intercommunication. Il est évident que ce procédé est peu favorable au rendement et qu'il devient nécessaire, lorsque le bureau est très important, de recourir à des procédés électriques permettant aux opérateurs interurbains de diriger à distance et de surveiller au besoin les opérations d'intercommunication. Nous aurons à étudier ces dispositifs dans l'étude des grands bureaux.

Cas d'un réseau à communications urbaines peu actives. — Dans le cas très fréquent d'un réseau à communications urbaines peu actives, on peut hésiter entre l'emploi de la méthode précédente — consistant à grouper encore la partie urbaine et à charger, par exemple, un seul opérateur de plusieurs tableaux — et la fusion des deux services, chaque tableau comprenant à la fois des lignes urbaines et des lignes interurbaines.

La première de ces solutions semble recommandable dans le cas où le réseau comporte un nombre élevé d'abonnés : la seconde s'impose pour toutes les petites agglomérations.

D. — MONTAGE D'UN BUREAU COMPRENANT PLUS DE 500 ABONNÉS ET MOINS DE 10000

Les bureaux de cet ordre sont le siège d'une exploitation très active, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur du réseau. On doit donc s'efforcer de desservir à la fois le plus grand nombre d'abonnés et le plus rapidement possible. Tout est sacrifié à la rapidité des mises en communication et l'on peut dire que cette rapidité est d'autant plus nécessaire que le nombre des abonnés est plus élevé, car l'augmentation de ce nombre a pour résultat corrélatif l'accroissement de celui des conversations journalières.

C'est ainsi que le nombre moyen des conversations journalières par abonné dans le réseau de Paris qui fut, au début, de 4, s'élève à 8 environ et tend toujours à s'accroître.

Dès lors, si l'agencement des grands bureaux présente les mêmes lignes générales que nous venons d'étudier — c'est-à-dire répartiteur et commutateur — les moyens d'exécution sont totalement différents.

En second lieu, les communications urbaines et interurbaines y sont totalement distinctes au point de vue de l'exploitation et constituent en quelque sorte deux agglomérations séparées, réunies électriquement par un commutateur spécial.

Nous avons donc à étudier successivement : le répartiteur et le commutateur général urbain, le répartiteur et le commutateur interurbain (y compris les organes de liaison de ce dernier avec les meubles urbains).

§ 1. — Service urbain

Arrivée des fils. — L'arrivée des fils se fait le plus généralement par voie souterraine et à l'aide de câbles à circulation d'air comprenant 56, 112 ou 224 paires de fils. On a, en effet, tout intérêt à ne pas réunir sur un même point de concentration un trop grand nombre de fils aériens, mais à répartir plutôt ces fils sur une série de tourelles reliées par voie souterraine au bureau.

Les câbles aboutissent directement à la face côté lignes du répartiteur.

Répartiteur. — Les répartiteurs en usage dans les grands bureaux ne diffèrent pas comme principe des répartiteurs que nous avons étudiés précédemment. Toutefois, en raison même de leur grande capacité, ils sont montés non plus à l'aide d'unités démontables, mais sur un bâti métallique spécial commandé et établi dans chaque cas particulier.

Ce bâti a une largeur de 0^m,50 environ ; il présente sur la face côté lignes une série de montants verticaux A, B, ... (*fig.* 419 et 420) contre lesquels sont appliquées des boîtes en bois servant à l'arrivée des conducteurs de lignes ; sur la face côté appareils, des traverses horizontales, h_1, h_2, \dots , supportent des réglettes servant à la fixation des fils venant du commutateur général.

L'ensemble du bâti est établi au-dessus de pièces de bois recouvertes par un faux plancher permettant aux câbles de lignes de circuler aisément et d'arriver aux boîtes.

Les conducteurs de ces câbles viennent s'épanouir à l'intérieur de ces boîtes.

La face antérieure de celle-ci porte deux rangées de plots doubles de raccordement montés sur ébonite et constituant une

série de réglettes verticales (*fig. 421*). On a ainsi en regard quatre bornes extérieures *a, b, c, d*. Deux de ces bornes sont reliées à l'intérieur de la boîte aux deux fils d'une même paire. Les deux autres sont reliées aux paraffinés à deux conducteurs qui traversent le répartiteur.

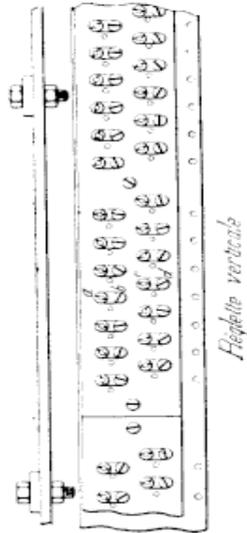


FIG. 421.

Semblablement les câbles venant du commutateur général aboutissent derrière les traverses horizontales h_1, h_2, \dots et ces traverses sont munies de réglettes horizontales (*fig. 422*) portant deux rangées de plots doubles de raccordement : comme sur les réglettes verticales, sur quatre bornes correspondantes, deux sont reliées aux extrémités d'une même paire montant au commutateur général, deux autres au paraffiné de jonction à deux conducteurs.

La face côté lignes présente un nombre d'attaches supérieur d'environ 50 0/0 au nombre d'attaches de la face côté appareils.

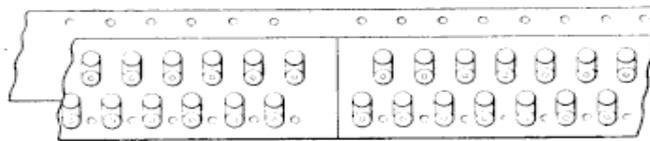
*Réglette horizontale*

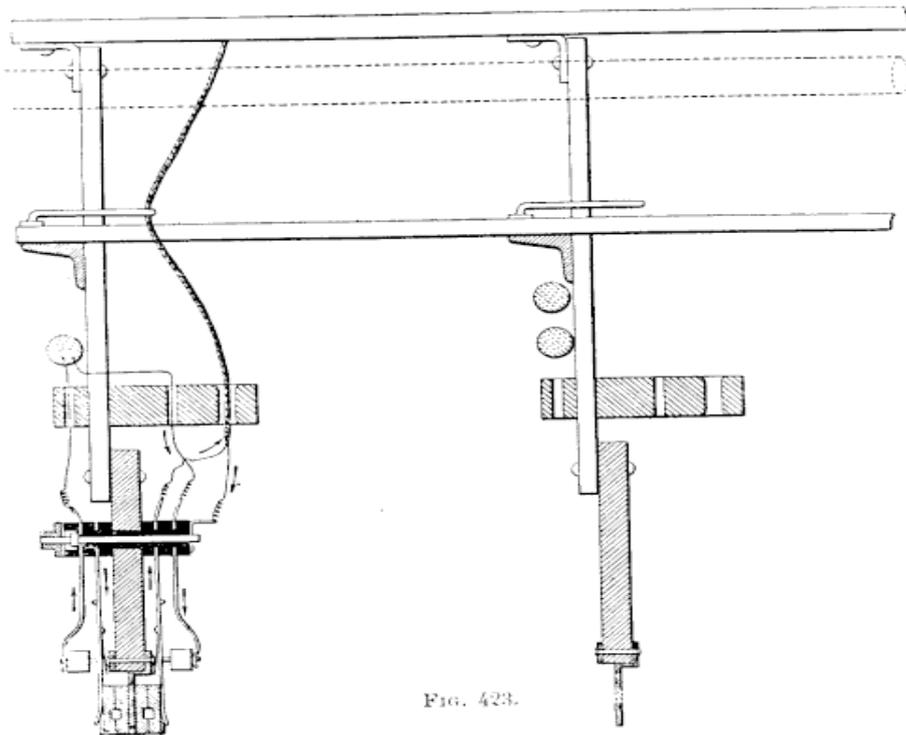
FIG. 422.

Le nombre des montants verticaux est déterminé par le nombre même des attaches de lignes : celui des traverses horizontales est généralement de sept et correspond au nombre des rangées verticales de réglettes de jacks existant sur le commutateur général. (On verra plus loin comment sont constituées ces rangées.)

Les paraffinés de jonction à la sortie des boîtes de lignes montent verticalement jusqu'à l'étage horizontal du bâti sur lequel se trouve l'attache d'appareil à laquelle ils doivent se relier. On a ainsi un cheminement régulier qui évite la production des chevelures.

Les répartiteurs ainsi constitués ont souvent un développement considérable (ceux de Paris n'ont pas moins de 38 mètres de longueur) sans que cependant leur maniement donne lieu à aucune confusion.

Montage des organes de protection sur le répartiteur.
Lorsque l'arrivée des lignes est faite aériennement, il y a lieu de modifier légèrement la forme des têtes du répartiteur (côté des lignes) de manière à installer sur celles-ci les parafoudres.



La figure 423 représente ainsi la coupe d'une tête munie

de parafoudres et de coupe-circuits à bobine thermique (type de la Western C°).

Nous verrons plus loin, à l'occasion des répartiteurs télégraphiques, un agencement utilisant les paratonnerres du modèle français qui semble préférable et qui se prête également bien, moyennant une simple modification d'attaches, au montage téléphonique.

Il convient d'ajouter que les répartiteurs ainsi munis sont assez rares en pratique, l'arrivée des fils dans les bureaux importants se faisant à peu près exclusivement par voie souterraine.

Liaison du répartiteur au commutateur général. — A la sortie du répartiteur, les fils se dirigent vers le commutateur général à l'aide de câbles généralement sous plomb et comprenant 21 paires. Fréquemment le répartiteur est placé dans le voisinage immédiat du commutateur, par exemple dans la même salle et parallèle à celui-ci : cette pratique ne paraît pas dénuée d'inconvénients, les opérateurs du commutateur rapide ayant ainsi la tentation de manœuvrer indûment le répartiteur.

Commutateur multiple. — Principe. — Le commutateur général est toujours un commutateur dit *multiple*. On a vu plus haut que, pour supprimer les intercommunications dans un bureau, il fallait que chaque opérateur pût donner directement à un abonné demandeur l'un quelconque des abonnés du réseau. Ceci revient à dire que chaque ligne d'abonné doit posséder, en dehors de son jack et de l'annonceur d'appel qui existent nécessairement, quelque soit le système de commutateur adopté, une série de jacks spéciaux permettant aux opérateurs de la prendre sans recourir à une intercommunication.

Un montage de cet ordre est dit multiple et la ligne ainsi pourvue de jacks supplémentaires est dite multipliée. Ne différant pas en principe d'un montage standard, le montage mul-

multiple peut être monocorde ou dicorde ; les seules modifications qu'il comporte visent uniquement le montage des lignes d'abonnés avant leur arrivée au jack ordinaire d'appel.

Nous supposerons toujours, dans ce qui va suivre, qu'il s'agit d'un type dicorde. Bien qu'il existe également des multiples monocordes, dont certains fort intéressants, leur emploi est trop restreint pour qu'il soit utile d'en faire ici une étude.

Le standard dicorde comporte, on le sait, autant de jacks individuels qu'il dessert d'abonnés, ou mieux qu'il y a d'*abonnés demandeurs*.

Dans un multiple dicorde, il y aura de même devant chaque opérateur, le même nombre de jacks individuels et d'annonceurs individuels (ce nombre varie, suivant les cas, de 80 à 200).

Le standard dicorde porte, en outre, sur une tablette dite *tablette des clés*, un certain nombre de paires de cordons munies chacune de deux clés d'appel et d'une clé d'écoute ; enfin un poste d'opérateur comprenant un microphone suspendu et un écouteur monté sur casque est établi à chaque place.

Il y aura de même devant chaque opérateur du multiple dicorde, un certain nombre de cordons semblablement montés et un appareil d'opérateur.

La seule différence entre le multiple et le standard consiste uniquement dans l'*adjonction* sur chaque meuble de *jacks spéciaux aux abonnés demandés*. Notre étude portera donc uniquement sur le montage de ces jacks spéciaux.

Avant d'examiner comment ils peuvent être insérés sur une ligne, cherchons d'abord quel en sera le nombre.

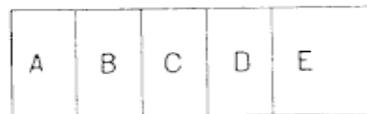


FIG. 424.

Supposons en premier lieu qu'il s'agisse simplement d'un bureau monté avec des commutateurs Standard à 100 numéros A, B, C, D, ... (*fig. 424*). Prenons, par exemple, le ta-

bleau C. L'opérateur de ce tableau dessert 100 abonnés, c'est-à-dire qu'il est normalement chargé de répondre aux demandes de 100 abonnés déterminés. Remarquons qu'il peut donner directement tous les abonnés demandés figurant sur son propre tableau et sur les deux tableaux voisins : pour les autres, il y a nécessité d'intercommunication.

Dans un système multiple, rien n'est changé au principe de l'exploitation : l'opérateur C continue à répondre aux demandes des mêmes 100 abonnés ; mais la communication devant être donnée directement, il faudra que, sur la même surface, c'est-à-dire sur son tableau et sur les deux tableaux voisins, il possède la *totalité* des jacks d'abonnés.

Il résulte immédiatement de cette considération que, pour obtenir ce résultat, chaque ligne d'abonné devra posséder un jack *de trois tableaux en trois tableaux*. Si l'on représente par X_1 , X_2 , X_3 , chaque tiers du nombre total des abonnés, on voit, en effet, que la répartition suivante des jacks sur les tableaux satisfait à la condition demandée (*fig. 425*).

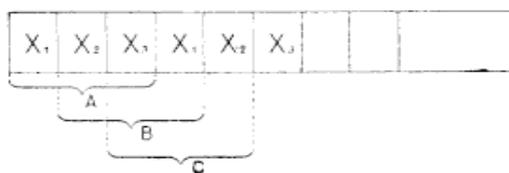


FIG. 425.

L'opérateur C, par exemple, prendra le tiers X_3 sur le tableau de l'opérateur placé à sa gauche, le tiers X_1 sur son propre tableau, le tiers X_2 sur le tableau de l'opérateur placé à sa droite. Seuls les opérateurs placés à l'extrémité, tels que A, devront avoir auprès d'eux un tableau spécial X_1 dépourvu d'opérateur et sur lequel sera placé un tiers X_1 .

Chaque ligne d'abonné devra donc être multipliée de trois en trois tableaux.

On a l'habitude de désigner, dans les multiples, l'ensemble de ces trois tableaux sous le nom de *table* ou de *section* ; chaque tableau correspondant à un opérateur, sous le nom de

groupe ; chaque extrémité dépourvue d'opérateur sous le nom de *tiers de section supplémentaire*. Enfin les jacks X_1, X_2, X_3 , destinés à prendre les abonnés demandés, sont dénommés *jacks généraux* par opposition aux jacks normaux qui prennent le nom de *jacks individuels*.

Reste à examiner comment on peut greffer sur une ligne d'abonné les jacks généraux permettant de prendre cette ligne sur chaque table.

Les conditions du problème sont assez délicates.

En premier lieu, un abonné pouvant être pris sur son jack général en un point quelconque du multiple, il importe que son annonceur d'appel soit mis hors circuit comme s'il était pris à son jack individuel : on risquerait, sans cela, d'une part d'avoir cet annonceur inutilement en dérivation, et d'autre part, en fin de conversation, de voir fonctionner cet annonceur comme l'annonceur de fin. L'opérateur, placé en regard de cet annonceur et ignorant qu'il s'agit d'une fin de conversation, croirait alors à un appel, d'où fausse manœuvre et des complications inextricables.

En second lieu, un opérateur quelconque ayant le droit de se porter sur une ligne quelconque d'abonné, il importe qu'au moment de prendre cet abonné cet opérateur soit informé si oui ou non l'abonné est déjà en train de converser.

D'où deux dispositifs complémentaires essentiels à tout montage en multiple :

1° *Un dispositif de rupture* de l'annonceur d'appel, quel que soit le jack général où l'on enfonce la fiche ;

2° *Un dispositif d'essai ou de test* prévenant l'opérateur, quand il approche du jack général, que la ligne est occupée ou non.

En dehors de ces conditions primordiales, il en existe un certain nombre d'autres résultant du fait qu'il s'agit d'un très grand bureau où la rapidité des manœuvres et la capacité du meuble passent en première ligne.

Il est utile tout d'abord de supprimer autant que possible toutes les manœuvres à la main qui ne sont pas rigoureusement indispensables. Si l'on examine la série des opérations

d'une mise en communication dans un appareil Standard, on voit en particulier que, le relèvement du volet de l'annonciateur dépendant de la mise de la fiche dans le jack correspondant, il est possible à priori de commander l'un par l'autre ; les multiples comporteront donc pour la plupart un relèvement automatique des volets d'annonciateurs.

En outre, si petite que soit la surface occupée par un jack, celle-ci est appréciable : l'opérateur ne pouvant agir que dans un rayon d'action déterminé, il y a intérêt, pour accroître le nombre total des abonnés desservis, à recourir à tous les moyens permettant d'établir dans ce rayon le maximum de jacks.

Enfin le prix d'établissement des jacks étant relativement élevé, on devra rechercher si certains dispositifs ne permettent pas de diminuer, à égalité de service, le nombre de jacks multiples sur chaque ligne.

Parmi ces divers desiderata, les deux derniers dépendent en quelque sorte des éléments de construction du meuble : les trois premiers correspondent au contraire à des agencements de circuits tenant au principe même du montage.

Nous les étudierons successivement.

Dispositifs de rupture de l'annonciateur. — Il existe deux procédés généraux permettant d'assurer la rupture de l'annonciateur d'appel. Ces deux procédés se différencient par le mode d'insertion des jacks généraux sur la ligne qui peut être fait soit en série, soit en dérivation.

Suivant que l'un ou l'autre de ces procédés est appliqué, les multiples sont dits en série ou en dérivation.

Cas du montage en série. — Dans le premier procédé, tous les jacks généraux sont des jacks à rupture insérés sur la ligne. Celle-ci après avoir ainsi parcouru toutes les tables revient sur ses pas le long du multiple pour aboutir au jack individuel de la ligne et à l'annonciateur d'appel correspondant placés sur un groupe déterminé.

Le schéma du montage ainsi réalisé est représenté par la figure 426 où J_A, J_B, J_C, \dots représentent les jacks généraux de la ligne sur chacune des tables A, B, C, j_i et a_i le jack et l'annonceur sur le groupe chargé de recevoir les appels de l'abonné considéré. L'ensemble du montage des cordons et des clés étant identique à celui des standards ordinaires, on n'a pas jugé utile de le représenter.

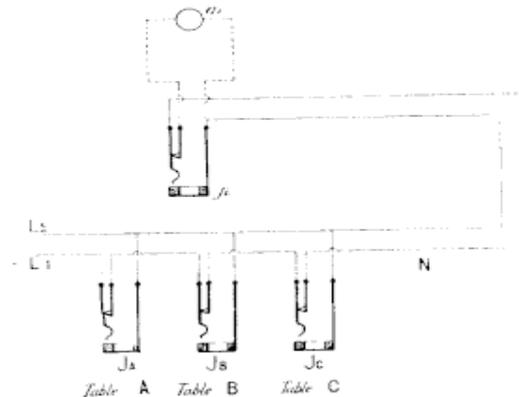


FIG. 426.

On voit immédiatement sur ce schéma que l'introduction d'une fiche dans l'un quelconque des jacks généraux ou individuels a pour conséquence de couper l'un des fils du circuit du côté de l'annonceur et, par suite, d'empêcher celui-ci de fonctionner.

Ce montage, très simple théoriquement, présente de graves inconvénients. Le premier est évident : il intercale sur la ligne autant de contacts qu'il y a de jacks. Un défaut dans l'un quelconque de ces contacts, dû par exemple à l'introduction de poussières dans le jack, met donc la ligne de l'abonné hors service.

Le second réside dans l'obligation de ramener la ligne en face du groupe desservant l'abonné. Cette obligation entraîne d'abord une dépense de câbles considérable (on ne doit pas oublier, en effet, que la longueur d'un multiple peut atteindre aisément 50 mètres). En outre, elle rend très difficiles les

opérations d'extension, c'est-à-dire l'adjonction de nouvelles tables, par exemple après la table C, en N. Cette extension ne peut être faite qu'en pratiquant deux coupures et en immobilisant la ligne de l'abonné pendant la durée du travail.

Le montage en série suppose enfin l'emploi unique de jacks à rupture, plus coûteux que les jacks à simple contact.

Nous verrons, en revanche, qu'au point de vue du test il présente des facilités particulières. Employé exclusivement au début de la téléphonie multiple, il est à peu près universellement abandonné. On doit citer toutefois parmi les modèles récents le multiple horizontal Siemens.

Cas du montage en dérivation. — Le second procédé consiste dans le montage de tous les jacks en dérivation (*fig. 427*); aucune coupure n'étant plus produite dans l'annon-

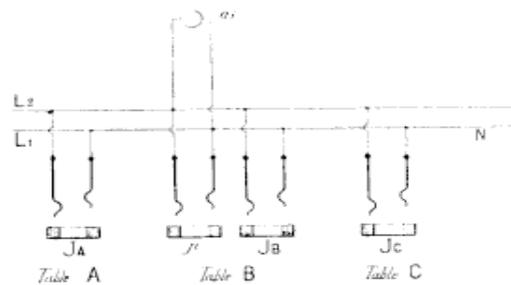


FIG. 427.

ciateur, on doit bloquer électriquement celui-ci à l'aide d'un second électro-aimant chargé de couper la connection de l'annonciateur au circuit tant que dure la communication. Ceci suppose :

1° L'établissement le long des jacks d'un nouveau circuit commandant cet électro-aimant spécial et dit *circuit de relèvement* ;

2° Que l'introduction d'une fiche dans un des jacks aura pour résultat non seulement de mettre les deux conducteurs du cordon en communication avec les deux fils de ligne de l'abonné, mais de fermer aussi le circuit de cet électro-aimant.

L'agencement du circuit de relèvement peut être fait par deux méthodes, suivant qu'il ne comprend pas ou comprend le cordon.

1. — Circuit de relèvement indépendant du cordon

Dans ce cas, deux fils parallèles à la ligne de l'abonné sont bouclés à une de leurs extrémités à travers une pile locale et l'électro chargé de bloquer l'annonceur (*fig. 428*).

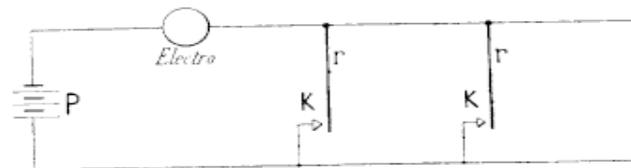


FIG. 428.

Dans chaque jack, on établit un ressort *r* et une butée *K*; le ressort est en relation avec un des fils, la butée avec l'autre. Il est clair que si, en enfonçant la fiche, on provoque une liaison entre le ressort et la butée, le circuit local sera fermé et l'électro fonctionnera.

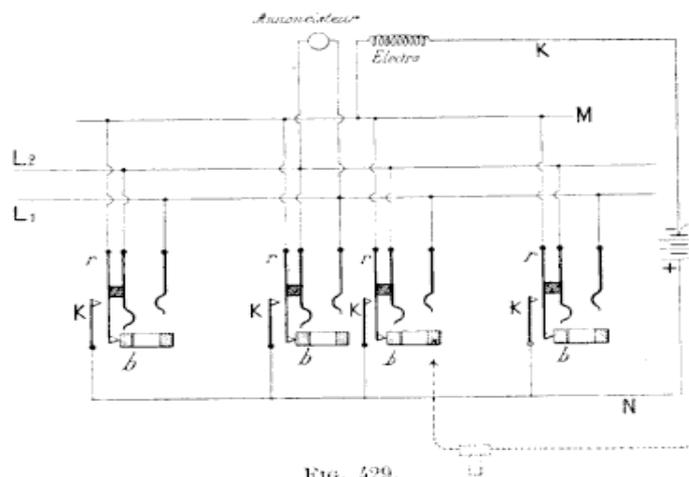


FIG. 429.

Le montage schématique de la figure 427 devient alors celui de la figure 429.

Remarque importante. — 1° Si le ressort r repose au repos sur la douille du jack, comme on l'a marqué sur la figure, il suffira qu'une fiche soit enfoncée dans l'un des jacks de la ligne ou, ce qui revient au même, que l'abonné soit en communication, pour que toutes les douilles des autres jacks normalement isolées soient mises de ce fait en communication avec le pôle + de la pile P par le contact K, les ressorts r et le conducteur M.

Voici donc un signe électrique qui différencie nettement les jacks de la ligne, suivant que celle-ci est occupée ou non. En particulier, si l'on approche de l'une quelconque des douilles l'extrémité d'un fil relié, d'autre part, au pôle négatif de la même pile P à travers un téléphone, on entendra un toc dans ce téléphone, suivant qu'une fiche sera ou non déjà enfoncée dans l'un des jacks. C'est le principe du test.

2° Le deuxième fil N du circuit spécial peut être évidemment commun à un grand nombre de circuits locaux. La portion K du circuit peut être également remplacée par la terre.

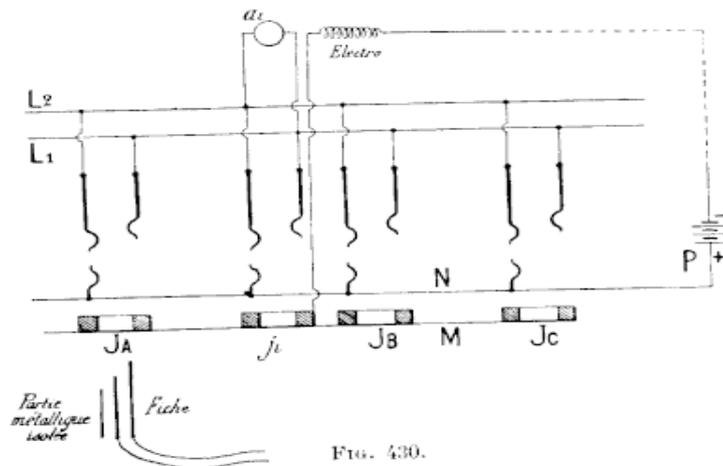


FIG. 430.

Le montage des jacks se simplifie, enfin, considérablement, si l'on compose la fiche de trois parties distinctes, la pointe et le corps servant aux liaisons du cordon avec la ligne de l'abonné, l'arrière, simple partie métallique isolée établissant la connection entre K et r (fig. 430).

Comme précédemment, l'enfoncement d'une fiche a encore pour résultat de mettre toutes les douilles des jacks en relation avec le pôle + de la pile.

II. — Circuit de relèvement comprenant le cordon

Dans ce cas, le cordon doit être évidemment à trois fils et aboutir à une fiche à trois contacts. Deux des fils du cordon servent à la liaison des fils de ligne de l'abonné, le troisième fil sert au circuit de relèvement.

Le montage (*fig. 431*) diffère du précédent par ce seul fait

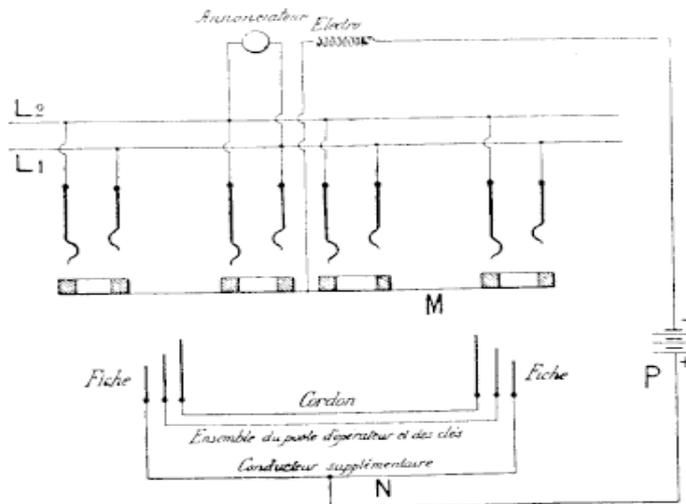


FIG. 431.

que le pôle + de la pile, au lieu d'être porté sur la douille par l'intermédiaire d'un conducteur fixe N, l'est cette fois par l'intermédiaire du conducteur et du contact supplémentaires ajoutés au cordon et à la fiche.

Ici encore nous constatons que le résultat de l'enfoncement d'une fiche est de mettre toutes les douilles en communication avec le pôle + de la pile.

Remarque. — Il résulte de cet examen que, quel que soit le procédé utilisé pour le blocage de l'annonciateur dans un

multiple en dérivation, ce procédé a pour résultat de faciliter la production d'un test en mettant, dès qu'une fiche est enfoncée, un pôle déterminé d'une pile locale sur toutes les autres douilles des jacks disponibles de la même ligne.

Le montage en série légèrement modifié permet d'arriver au même résultat. Il suffit, en effet, de mettre en dérivation sur le conducteur du cordon prenant contact avec la douille le pôle d'une pile reliée, d'autre part, à la terre. Dès qu'une fiche sera enfoncée dans l'un quelconque des jacks, toutes les douilles communiqueront avec ce pôle par l'intermédiaire du fil de ligne (*fig. 432*).

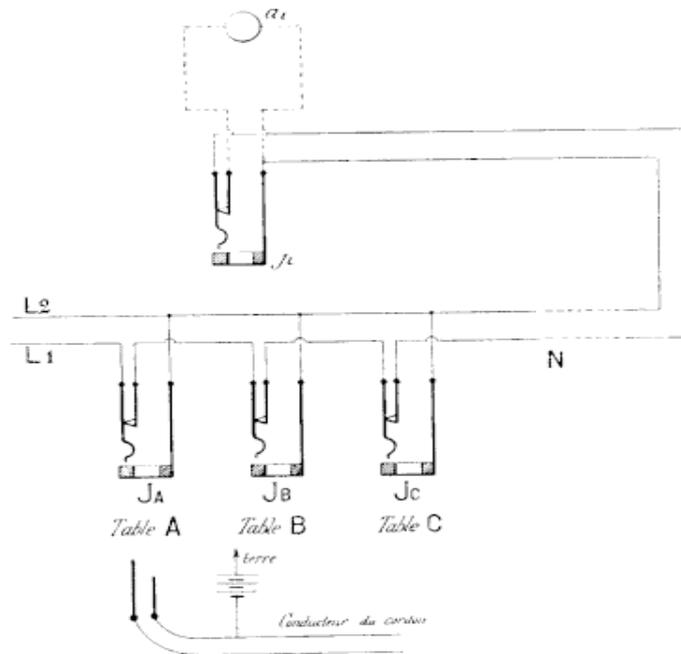


FIG. 432.

Electro-aimant de relèvement. — L'électro spécial servant à couper le circuit de l'annonceur porte le nom d'*électro de relèvement* ; c'est un véritable relai dont l'armature maintient au repos la continuité du circuit de l'annonceur et qui, passant à la position du travail, rompt ce circuit.

La fonction de l'électro de relèvement n'étant pas unique-

ment celle-ci, nous ne le décrirons que plus loin. Il convient de noter toutefois dès maintenant que la coupure du circuit de l'annonceur est généralement faite sur les deux fils ; les annonceurs correspondants sont alors dits *à double rupture*.

Remarquons également que l'électro de relèvement fonctionne tant que dure la conversation, c'est-à-dire pendant une durée de temps qui peut être assez longue. Il y a de ce fait une dépense d'énergie électrique qui, multipliée par le nombre journalier des conversations échangées dans le réseau, est importante. La source d'énergie P commune à tous les électros doit d'autre part alimenter simultanément autant d'électros qu'il y a de conversations simultanées. Elle doit donc être susceptible de fournir aisément un débit élevé. On ne pourrait songer à employer dans ces conditions des éléments de pile ordinaires, et l'on doit recourir à une batterie d'accumulateurs.

Dispositif de test. — Principe. — Les dispositifs de test réalisés jusqu'à ce jour utilisent tous cette propriété particulière propre aux montages en dérivation ou aux montages en série convenablement modifiés et qui consiste à mettre le pôle d'une pile sur toutes les douilles des jacks généraux d'une même ligne, quand un des jacks de cette ligne est occupé par une fiche pour une prise de communication.

Le test proprement dit consiste alors, avant de prendre une ligne demandée, à vérifier au préalable si, oui ou non, le pôle d'une pile est relié à la douille. Si oui, la ligne est occupée ; si non, elle est libre et l'opérateur peut prendre sans inconvénient la communication.

Les dispositifs de test comportent dès lors nécessairement :

1° Un montage des jacks tel que toute fiche enfoncée dans l'un des jacks d'une ligne mette un pôle de pile en relation avec les douilles de tous les autres jacks de la même ligne. Ce montage, intérieur en quelque sorte au multiple, est réalisé du fait du blocage des annonceurs ; il vient d'être décrit et nous n'y reviendrons pas ;

2° Un montage adjoint à chaque paire de cordons, tel que

l'opérateur puisse aisément reconnaître si la douille du jack dont il a besoin est ou non reliée à un pôle de pile.

C'est, à vrai dire, ce montage qui est caractéristique du dispositif de test.

Le moyen théorique le plus simple pour reconnaître si une douille est reliée ou non à un pôle de pile, consiste à intercaler un récepteur téléphonique sur un fil A dont une extrémité est reliée normalement à l'autre pôle de la pile et à approcher de la douille l'autre extrémité de ce fil. Au moment du contact, on entendra un toc dans le récepteur si la douille est liée au pôle ; on n'entendra rien dans le cas contraire (*fig. 433*).

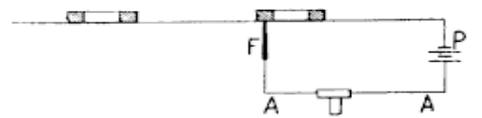


FIG. 433.

Dans le cas où le second pôle de la pile serait à la terre, l'extrémité du fil A, reliée précédemment au pôle de la pile, devrait être naturellement à la terre (*fig. 434*).

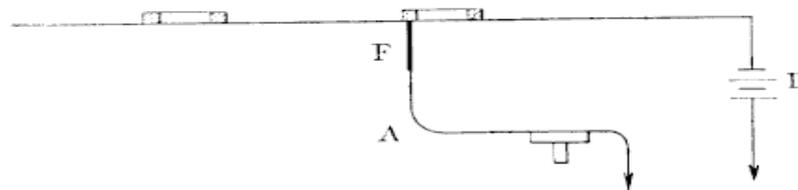


FIG. 434.

Pour réaliser le test, il suffirait donc en principe d'installer devant chaque opérateur une fiche spéciale F reliée par un cordon et à travers un écouteur soit au pôle de la pile de relèvement, soit à la terre, si cette pile est elle-même à la terre.

Mais on ne peut songer à admettre un pareil mode de procéder qui aurait en fait l'inconvénient de doubler la durée des manœuvres de mise en communication.

On s'est donc attaché à faire :

1° Que la fiche ordinaire du cordon qui va servir à la mise en communication tienne lieu de cette fiche spéciale F ;

2° Que l'écouteur ordinaire serve à recevoir le toc, soit directement (le courant de la pile P traversant cet écouteur), soit indirectement (par l'intermédiaire d'un séparateur).

Remarquons immédiatement que, dans ces conditions, le test sera effectué nécessairement avec la *pointe* de la fiche ordinaire. C'est de ce fait que découlent, en réalité, toutes les anomalies apparentes différenciant les systèmes de test.

Nous examinerons successivement deux cas, suivant que le courant du test est reçu par l'intermédiaire d'un *organe spécial* (par exemple un transformateur séparateur), ou bien est reçu directement dans l'écouteur de l'opérateur.

1. — Test avec intermédiaire spécial pour réception du toc

Le test étant reçu dans un organe spécial, les cordons, dans ce cas, devront au minimum comprendre *trois conducteurs*, deux servant aux liaisons de la ligne de jack à jack, le troisième servant au circuit de test. Semblablement, la fiche comprendra trois parties isolées correspondant, les deux premières au circuit de ligne, la troisième au test.

Il existe deux dispositions fondamentales, suivant que le circuit de blocage des annonceurs n'emprunte pas ou emprunte le cordon.

Dans la première hypothèse (cordon indépendant du circuit de blocage) on peut amener directement le fil de test du cordon à n'importe quelle partie de la fiche.

Le test devant s'effectuer nécessairement avec la pointe de la fiche, il est alors naturel de relier le fil de test du cordon à cette pointe. Le montage devient une simple traduction de la figure théorique donnée plus haut (*fig. 433*).

Nous donnerons, à titre d'exemple, le schéma d'un cir-

cuit de test ainsi conçu (*fig. 435*). C_1, C_2 sont les deux fils du cordon servant aux communications de jack à jack.

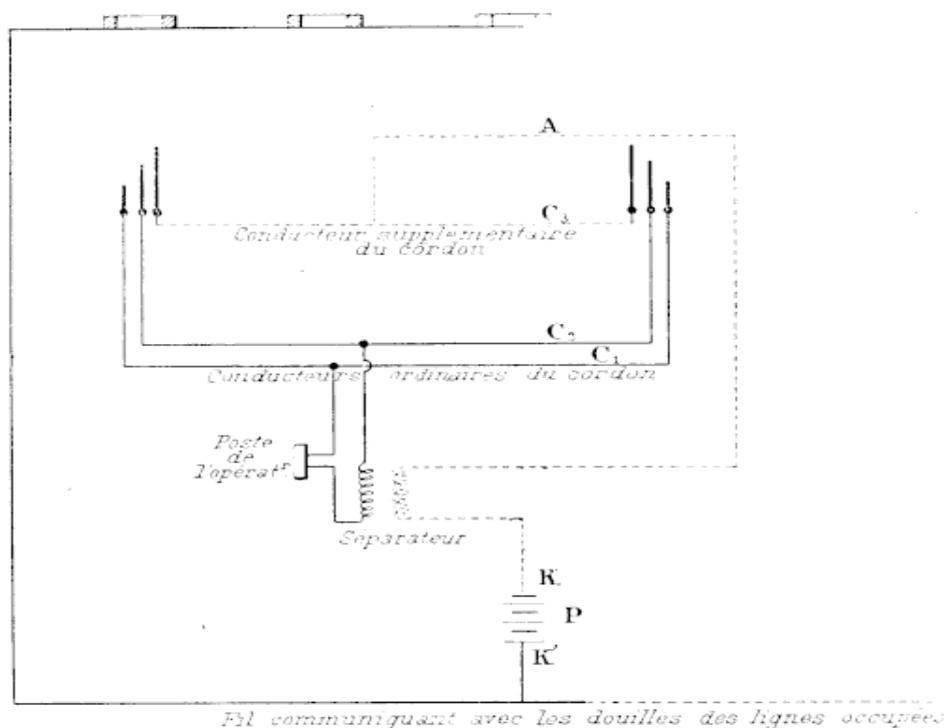


FIG. 435.

Pour plus de simplicité, on s'est abstenu de faire figurer sur leur parcours les clés d'appel et la clé d'écoute mettant en dérivation sur eux, quand elle est abaissée, le poste de l'opérateur (nous ferons de même dans tous les croquis suivants). C_3 est le fil du circuit de test ajouté dans le cordon. Il est lié, d'une part, à la pointe de la fiche, d'autre part à l'un des pôles K de la pile P, à travers le récepteur spécial qui est ici un transformateur séparateur agissant par induction sur le récepteur de l'opérateur.

Il est évident que, semblablement à ce qui se passe dans la figure 433, il suffira de toucher une douille de jack préalablement reliée à l'autre pôle K' de la pile avec la pointe de l'une

ou l'autre des fiches pour que le circuit se ferme et qu'un ton soit reçu.

Dans la seconde hypothèse, c'est-à-dire si le circuit de relèvement fait déjà partie du cordon, le fil de ce circuit qui est relié à la pile P aboutit obligatoirement à une partie déterminée de la fiche qui est toujours à l'arrière (*fig. 431*). Rappelons que le montage du cordon est, dans ce cas, représenté par la figure 436, et que le fait d'enfoncer une fiche quelconque dans un jack général a pour résultat de mettre un pôle sur les douilles de tous les jacks de cette ligne.

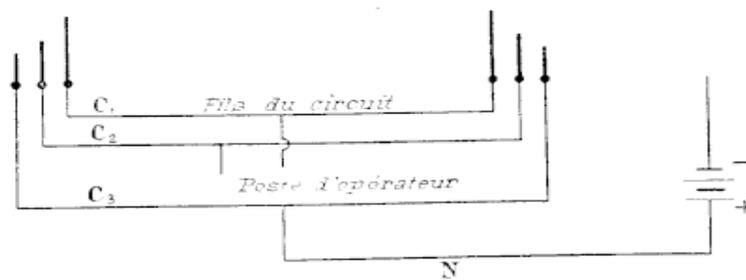


FIG. 436.

Puisqu'on est obligé de faire le test avec la pointe de la fiche qui communique normalement avec l'un des fils C_1 servant au circuit, il faut cette fois qu'au moment du test ce fil soit coupé et orienté automatiquement sur le récepteur spécial, puis, que le test terminé, la liaison directe soit rétablie et le récepteur spécial supprimé. On y parvient en établissant sur ce fil l'armature d'un relai R oscillant entre une butée de repos et une butée de travail (*fig. 437*) et sur le fil supplémentaire du cordon C_3 la bobine du relai. On spécifie, en outre, que le test ne sera jamais fait qu'avec une des fiches, toujours la même, appelée *fiche d'appel*.

Au repos, l'armature du relai occupe la position marquée sur la figure 437. Il en résulte que normalement la pointe de la fiche d'appel est reliée au circuit de test.

Si donc on approche cette pointe d'une douille D appartenant à une ligne occupée, le circuit de la pile P se ferme

à travers le séparateur, et l'on entend un toc dans le poste d'opérateur.

Si, aucun toc ne se produisant, la ligne est reconnue libre, l'opérateur achève d'enfoncer sa fiche ; le troisième fil C_3 ferme alors le circuit de l'électro de relèvement à travers la pile P , comme on l'a montré précédemment ; le relais R étant compris dans ce circuit fonctionne en même temps ;

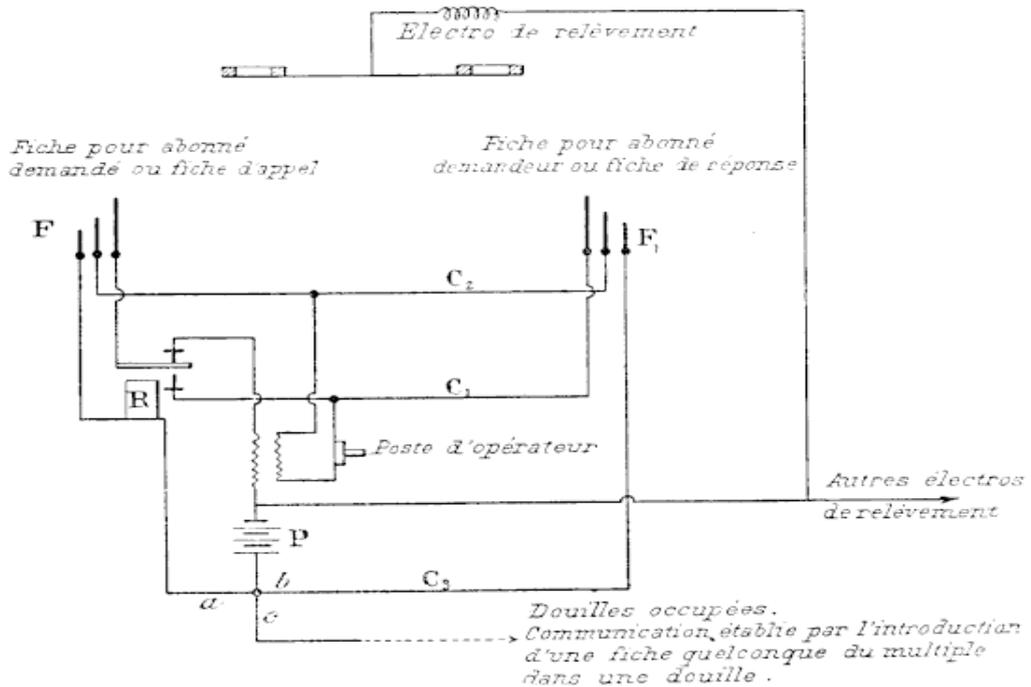


FIG. 437.

l'armature, passant sur sa butée de travail, rétablit la continuité du fil C_1 en supprimant la dérivation sur le séparateur.

Tant que la fiche est enfoncée, le relai fonctionne, de même que l'électro de relèvement.

On remarquera dans un tel dispositif que, suivant qu'on enfonce dans une doville la fiche F ou la fiche F_1 , on ferme la pile P sur un circuit comprenant soit un électro de relèvement et le relai, soit un électro de relèvement seul.

Il importe donc d'opérer le montage de la pile de telle sorte que la force électromotrice de celle-ci soit plus élevée dans le premier cas que dans le second. On y parvient en insérant

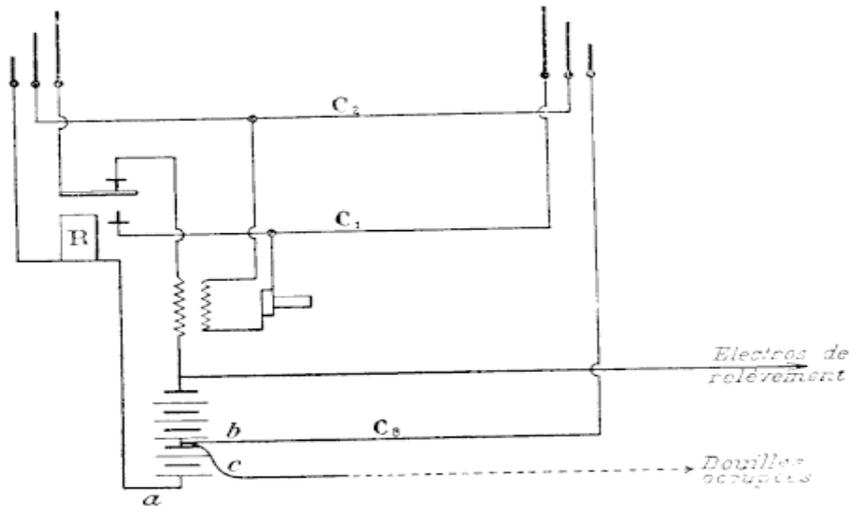


FIG. 438.

en des points différents de la batterie la prise *a* et les prises *b* et *c*. On a donc, en résumé, le dispositif de la figure 438.

II. — Test sans intermédiaire spécial pour la réception du toc

Dans ce cas, l'un des fils du circuit est évidemment confondu avec le fil de test, le cordon est cette fois un cordon à deux fils. Seul, le récepteur de l'opérateur doit être modifié de manière à pouvoir recevoir le toc dans toutes les positions, qu'il soit on non en dérivation sur le circuit de l'abonné demandeur.

Un artifice employé très généralement consiste à monter le récepteur avec deux bobines et une prise intermédiaire (*fig. 439*). Les deux bobines sont embrochées sur la dérivation établie sur le circuit d'abonné, une seule sur le circuit du test.

Ceci a pour résultat d'obliger à monter lui-même le trans-

formateur microphonique en deux parties, de manière à ne pas troubler l'équilibre du circuit de conversation (*fig. 440*).

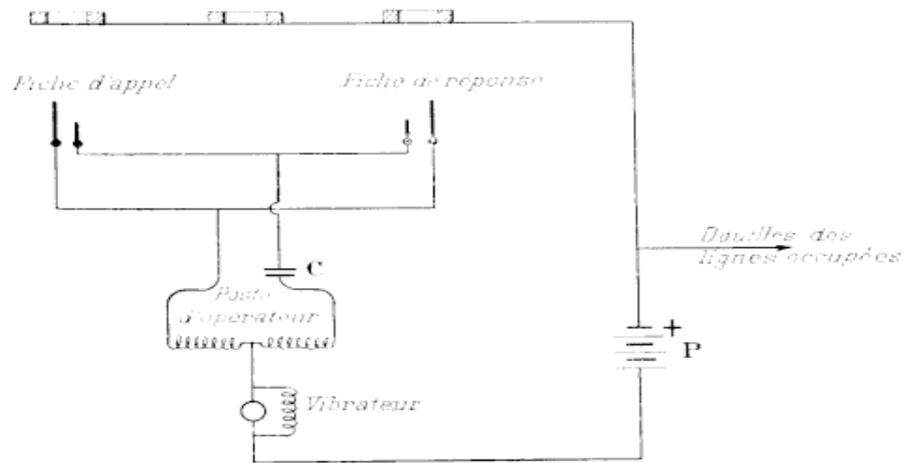


FIG. 439.

Le montage dès lors se comprend de lui-même ; on l'a représenté sur la figure 439 en supposant qu'aucune terre n'est

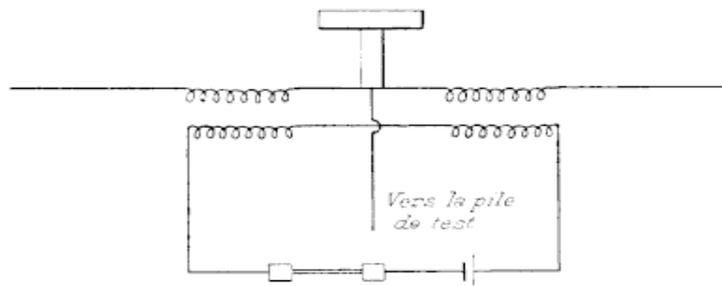


FIG. 440.

établie sur le circuit de test et sur la figure 441 en supposant, au contraire, qu'il existe une terre sur ce circuit.

On a été conduit dans la pratique à accentuer le toc produit au moment du contact de test en intercalant sur le circuit un vibrateur spécial qui produit une série de tocs tant que dure le contact (*fig. 439*).

D'autre part, il est préférable d'éviter qu'une partie du courant de test ne se dérive à travers la seconde bobine de l'écouteur et la ligne de l'abonné appelant : on y parvient aisément

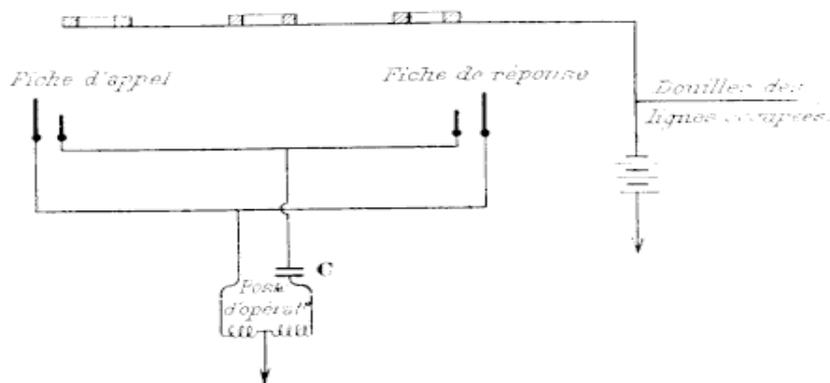


FIG. 141.

en intercalant sur cette branche un condensateur C qui ne gêne aucunement le passage des courants téléphoniques, mais s'oppose à celui des courants continus.

III. — Comparaison entre les deux procédés

Il résulte de cet exposé que le deuxième procédé combiné avec l'emploi de la terre amène à des schémas beaucoup plus simples. La construction des jacks et des cordons est notablement simplifiée. Il semble cependant que, malgré sa complexité, le premier soit préférable.

Le fait de rendre solidaires le circuit de test et le circuit de conversation de l'opérateur a pour résultat d'exposer celui-ci à recevoir des tocs intempestifs bien connus sous le nom de faux tests. C'est même pour cette raison qu'on a dû, dans les appareils de cet ordre, introduire un vibreur.

Semblablement la terre peut être une source de faux tests, notamment lorsqu'il existe dans le voisinage des distributions industrielles d'énergie électrique, toujours mal isolées.

Dispositifs de relèvement. — Nous avons achevé ici l'examen des dispositifs essentiels à tout multiple. Il reste à aborder les autres conditions qui, sans être primordiales, doivent pourtant être remplies autant que possible par ces appareils.

La première est le relèvement automatique des volets d'annonceur. Elle consiste à rendre solidaires ce relèvement et l'enfoncement de la fiche dans un jack individuel, quand on répond à un appel.

Deux procédés généraux peuvent être imaginés pour cela, le procédé mécanique et le procédé électrique.

1. — Relèvement mécanique

Le relèvement mécanique a été le premier en date. La première forme en a été la suivante (*fig. 442*) :

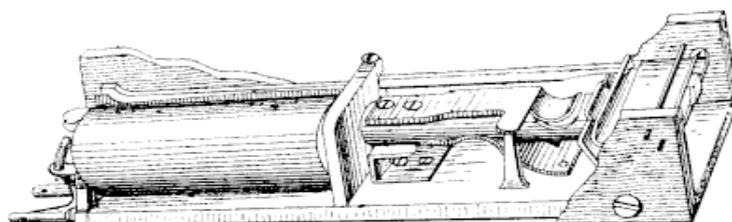


FIG. 442.

Le jack est placé en arrière du volet de l'annonceur : en temps normal le volet relevé laisse visible l'entrée du jack. Au moment de l'appel, le volet retombe. L'opérateur, avançant sa fiche, doit, pour atteindre le jack, repousser le volet et le ramener à la position de repos.

Ce dispositif primitif et évidemment un peu barbare a été remplacé par un nouveau beaucoup plus élégant, dû à Siemens (*fig. 443*).

Dans celui-ci, l'annonceur est placé à l'intérieur même du jack. Il est constitué par un petit électro-aimant *m* du type Hughes en fer à cheval dont l'attraction maintient attirée une

armature portant une cheville à tête blanche. Sous l'action du courant d'appel, le champ magnétique de l'électro est affaibli; obéissant à un ressort en boudin, l'armature se soulève et fait affleurer, à la partie extérieure du jack, la cheville blanche.

La fiche de réponse est creuse. Lorsqu'on l'enfonce dans le jack, la cheville est prise dans le creux de la fiche et ramenée au contact de l'électro-aimant. Le diamètre extérieur de l'appareil n'excède pas 15 millimètres.

II. — Relèvement électrique

Les relèvements mécaniques sont pour ainsi dire exceptionnels. Le procédé électrique est au contraire généralisé, car il n'entraîne aucune complication électrique appréciable dans le montage d'un multiple en dérivation, montage qui est de beaucoup le plus employé.

On a vu en effet que, quel que soit le système, le multiple en dérivation comportait toujours un électro-aimant placé près de l'annonceur et chargé de le bloquer au moment où l'on enfonce la fiche de réponse. Il était naturel de profiter du fonctionnement de cet électro pour opérer le relèvement. Il suffit de modifier la forme de l'armature de telle sorte que, tout en coupant le circuit de l'annonceur, elle agisse sur le volet et le relève. C'est un simple agencement mécanique qui varie avec les constructeurs.

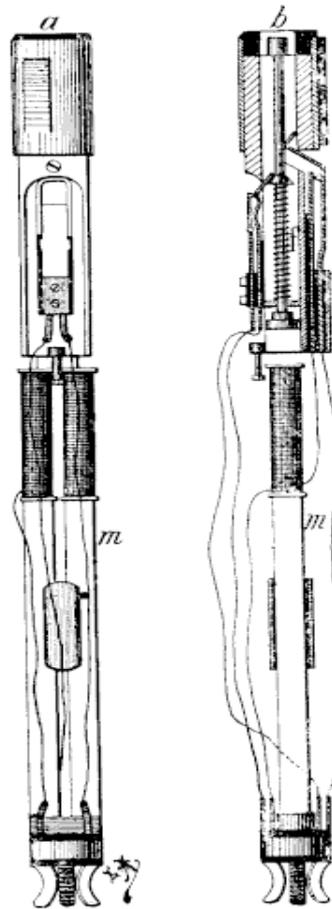


FIG. 443.

Une des formes courantes est la suivante (*fig. 444*) :

Le passage du courant de la pile de relèvement aimante le noyau de l'électro F et celui-ci attire un disque de fer doux V qui, en venant au contact, relève du même coup le volet de l'annonceur A; celui-ci, en aluminium, est d'ailleurs très léger.

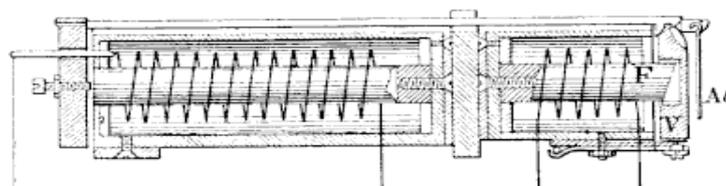


FIG. 444.

La figure 445 représente une autre forme où c'est cette fois l'armature de l'électro de relèvement qui, dans son mouvement, opère le relèvement du volet d'aluminium. On voit en K le point de rupture du circuit de l'annonceur.

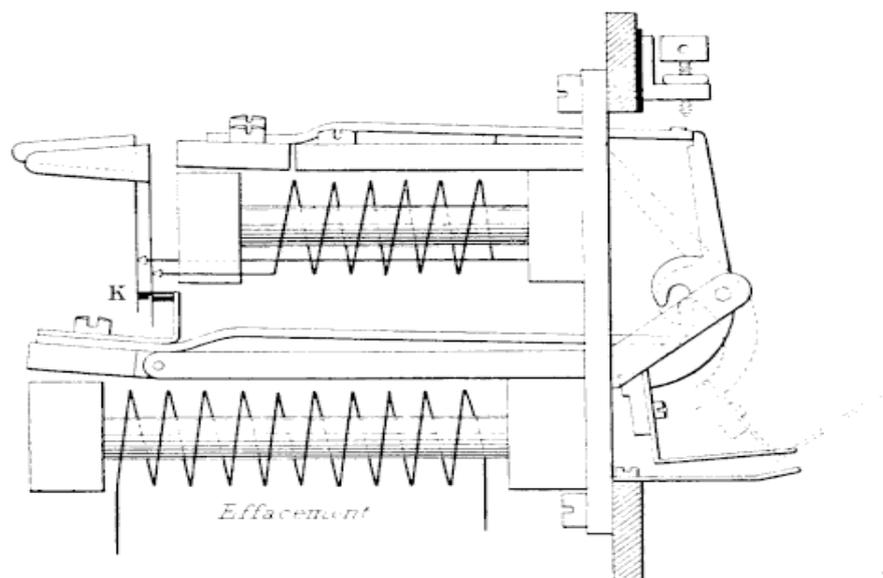


FIG. 445.

Remarque. — 1° C'est en raison de cette application spéciale que l'électro chargé de bloquer l'annonceur porte le

nom d'*électro de relèvement*, et le circuit y aboutissant, le nom de *circuit de relèvement*.

2° Les annonceurs de fin de conversation, qui sont indépendants du montage des circuits de ligne, ont intérêt à être également relevés automatiquement. Il est donc d'usage de les munir eux aussi d'un électro de relèvement. Si l'on remarque que, lorsque la clé d'écoute est mise sur écoute, l'annonceur doit toujours être relevé puisqu'à ce moment il est hors circuit, il est naturel de faire commander ce relèvement par la manœuvre de la clé d'écoute. Cela revient simplement à augmenter le nombre des contacts de cette clé de telle sorte qu'au moment de la mise sur écoute, cette clé relie du même coup les extrémités de l'électro aux pôles de la pile commune de relèvement. C'est une complication apparente sur les schémas, mais en réalité peu considérable dans l'agencement d'une table.

Réduction de l'emplacement et du nombre des jacks généraux. — Il reste enfin à examiner comment on réduit l'emplacement des jacks généraux et leur nombre de manière, d'une part à augmenter la capacité du multiple, et d'autre part à diminuer le prix du revient.

En premier lieu, on doit remarquer que le relèvement automatique des annonceurs permet de placer tous les annonceurs (y compris les annonceurs de fin) hors de la portée de l'opérateur. C'est un gain de place considérable puisque tout l'espace à portée de l'opérateur peut être occupé par des jacks. Cet espace est de 2 mètres en largeur sur 0^m,80 de hauteur environ.

Alors que la coupe des premiers multiples était celle de la figure 446 A, elle est devenue celle de la figure 446 B. La capacité maximum a dès lors passé de 6000 à 9600 abonnés.

On a même proposé de la porter à 12000 en diminuant encore, peut-être aux dépens de la solidité, la dimension des jacks et des fiches: les meubles de 12000 ne sont pas encore en usage en France.

Nous avons supposé en outre, dans tout ce qui précède, que les jacks généraux étaient répartis sur des panneaux verticaux, comme dans les standards dicordes. Certains constructeurs

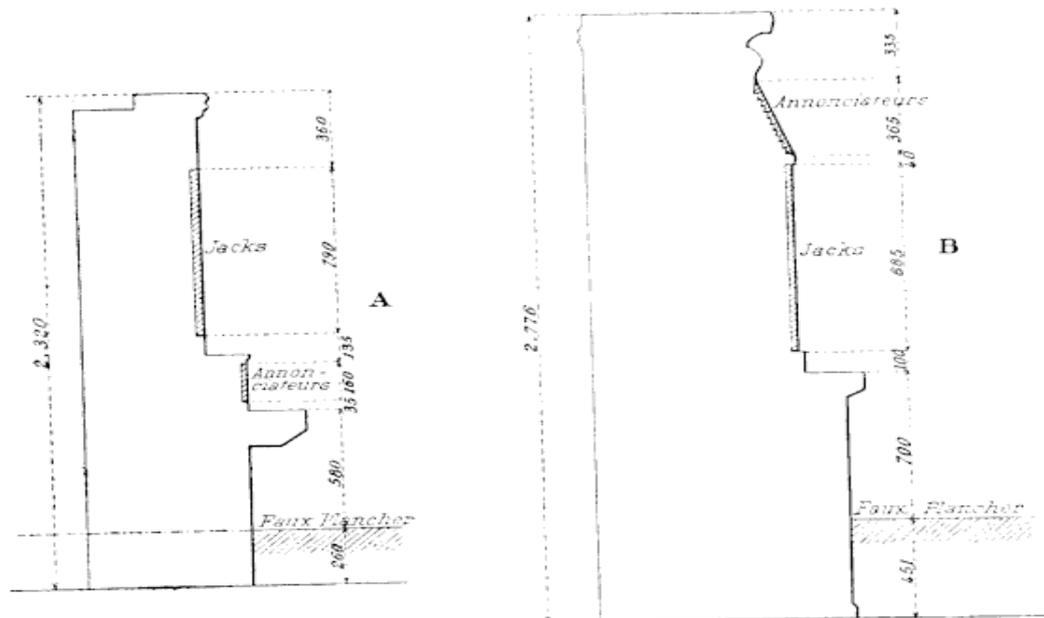


FIG. 446.

ont pensé qu'on pourrait avec avantage les disposer sur des panneaux horizontaux. Une telle méthode a, en effet, pour résultat de réduire exactement de moitié le nombre de jacks

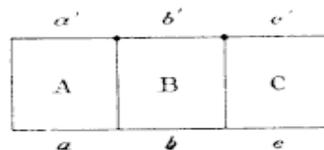


FIG. 447.

généraux. Si, en effet, A, B, C sont les panneaux d'une table de multiple (fig. 447), on peut dans ce cas placer des opérateurs de chaque côté de ces panneaux, c'est-à-dire non seulement en a , b , c , comme primitivement, mais aussi en a' , b' , c' .

La disposition horizontale, théoriquement très ingénieuse, ne s'est pas répandue. Les jacks éloignés des opérateurs sont en effet peu visibles et difficilement accessibles. Dans un modèle récent dû à Siemens, on s'est efforcé de remédier tout au moins au second de ces reproches en montant les jacks de telle sorte qu'on puisse très aisément les soulever au-dessus du panneau horizontal et vérifier leurs attaches. Néanmoins la pratique de cet appareil n'est pas encore assez répandue pour qu'on puisse porter à son sujet un jugement certain.

Communications électriques d'un multiple. — Nous venons d'étudier successivement chacun des problèmes que soulève l'établissement d'un multiple.

Le schéma des communications électriques d'un multiple n'est que le groupement des divers schémas élémentaires qui ont été examinés dans la précédente leçon.

A titre d'exemple, nous donnons ci-après deux croquis de communications correspondant aux deux types les plus répandus en France.

Le premier (*fig. 448*) correspond au type établi par la Compagnie Western. Il se distingue par un dispositif en dérivation avec circuit de blocage comprenant une terre et indépendant du cordon (voir *fig. 430*), un test sans intermédiaire spécial pour réception du toc (voir *fig. 439*) et un relèvement électrique des volets.

Le second (*fig. 449*) correspond au type d'Adhémar. Il se distingue par un dispositif en dérivation avec circuit de coupure des annonceurs empruntant le cordon (voir *fig. 431*), un test avec intermédiaire spécial pour réception du toc (voir *fig. 438*) et un relèvement électrique des volets.

Dans l'un comme dans l'autre, la clé d'écoute provoque automatiquement le relèvement de l'annonceur de fin de conversation, quand elle est mise sur écoute.

En pratique, les systèmes de multiples sont très variables. On est donc amené, au moment de l'établissement d'un bureau pourvu de multiple, à examiner des croquis généralement

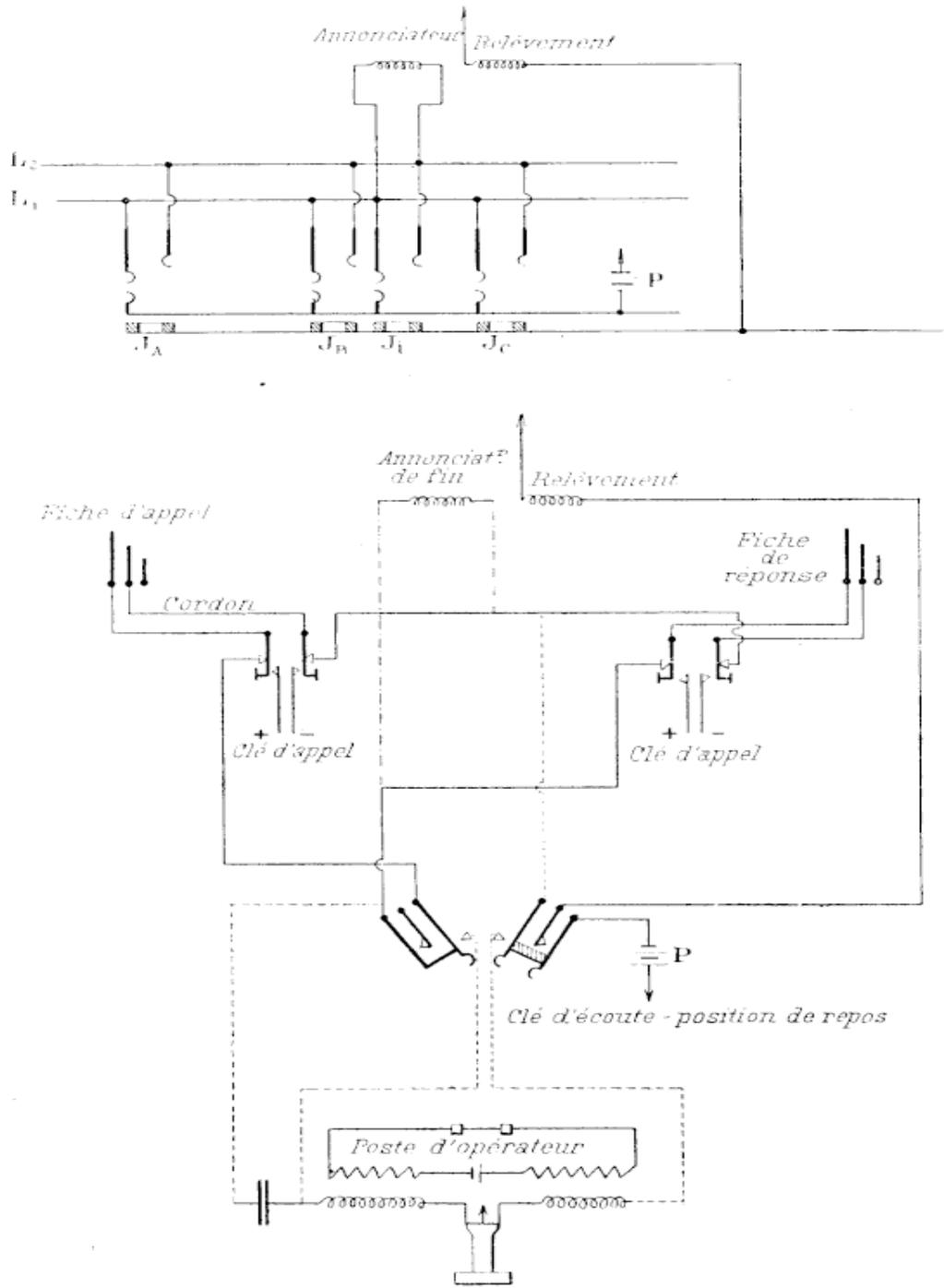


FIG. 448.

assez complexes. Il est toujours facile néanmoins de déchiffrer ceux-ci à condition d'examiner successivement, comme nous

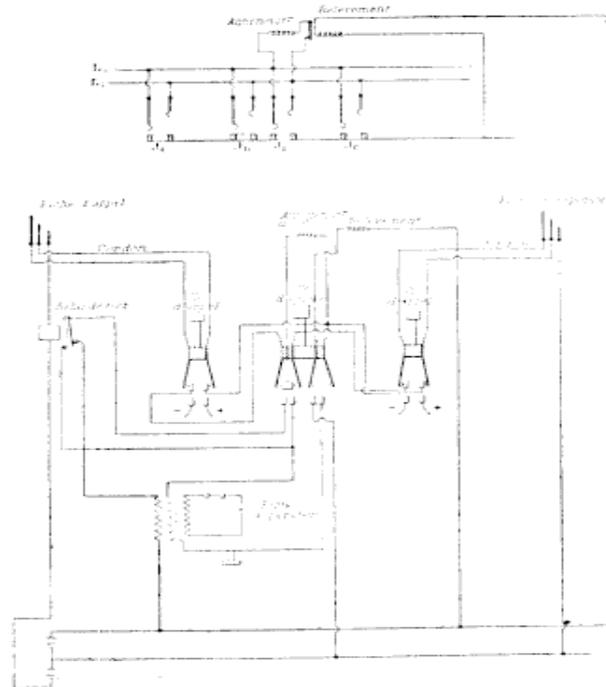


FIG. 449.

l'avons fait, les points essentiels inhérents au système — coupe ou bloquage, annonceurs, test, relèvement.

Particularités générales de construction. — La réalisation matérielle d'un multiple s'obtient en principe avec les mêmes organes essentiels — jacks, clés d'écoute, clés d'appel, annonceurs de fin — que les tableaux standards.

Seul le montage des jacks, en raison du nombre de ces organes, n'est plus individuel mais se fait par réglettes de 20 unités (quelquefois de 25) (*fig. 450*).

Dans l'ensemble du montage, on s'attache à rendre aussi facile que possible la vérification des nombreuses connections.

Les clés d'appel et d'écoute et les paires de cordons (en général au nombre de 16 par opérateur) sont réparties, comme

dans les standards, sur une tablette horizontale placée devant l'opérateur ; la partie de la tablette supportant les clés peut se soulever comme dans ces appareils, de manière à surveiller aisément les contacts.

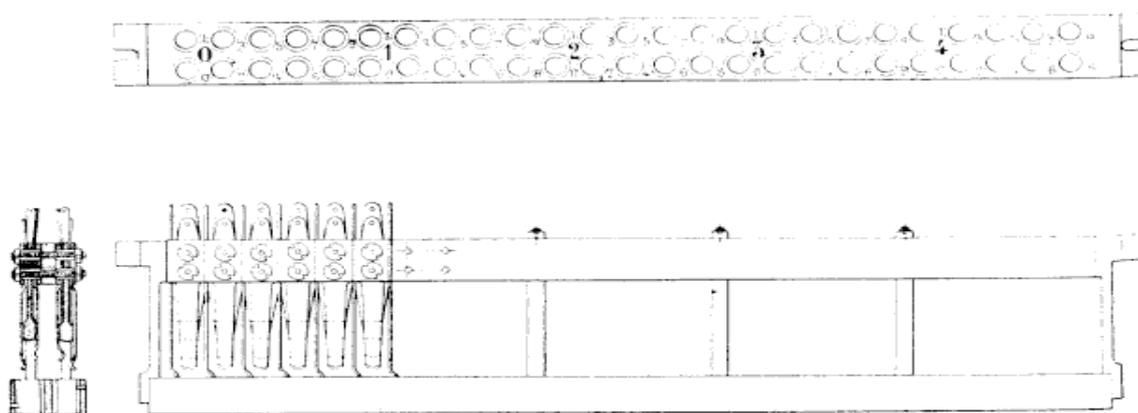


FIG. 450.

Immédiatement au-dessus de cette tablette et répartis sur un panneau vertical sont les jacks individuels et les jacks généraux, ces derniers étant au-dessus des premiers. Une table étant desservie par trois opérateurs possède, par suite, trois groupes de jacks individuels et autant de jacks généraux qu'il y a d'abonnés desservis par le multiple. Les réglettes sont empilées les unes au-dessus des autres ; entre chaque pile de cinq réglettes (formant 100 jacks généraux) est une lame de bois de même épaisseur ; chaque pile verticale est également séparée de la pile voisine par une large bande vide servant à l'inscription des chiffres de mille et de centaines afférents aux jacks voisins. L'ensemble du panneau des jacks est ainsi divisé en sept travées verticales (*fig. 451*).

Les jacks individuels occupent, comme on vient de le dire, la partie inférieure du panneau. On s'attache à leur donner une disposition strictement correspondante à celle des annonceurs d'appel.

Les câbles reliés aux jacks sont en général des câbles à vingt

et une tierces. Les dispositifs en usage nécessitent en effet, comme on l'a vu plus haut, la présence de trois conducteurs par jack, deux pour la ligne, un pour le circuit de test et de relèvement.

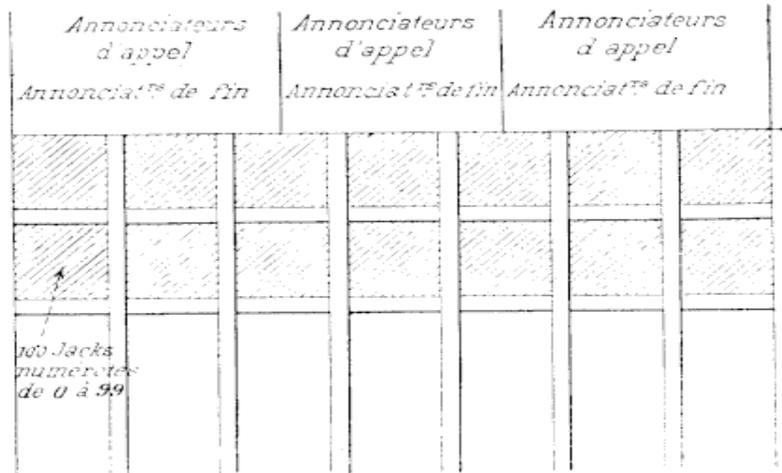


FIG. 531.

Ces câbles ont généralement une forme cylindrique ; quelquefois, en vue de diminuer l'encombrement, une forme aplatie. A la sortie du répartiteur général, ils pénètrent à l'arrière du meuble et courent le long du panneau vertical des jacks, d'un bout du meuble à l'autre. Dans cette marche, ils sont disposés par nappes soutenues chacune par une série de tringles articulées. Ils se distribuent en forme de peigne double en regard de la réglette qu'ils desservent.

Lorsqu'on doit visiter les attaches d'une réglette, on soulève à l'aide des tringles les nappes voisines du câble intéressé, on pousse ensuite ce câble vers le panneau des jacks. Il suffit ensuite, à l'avant du multiple, de dévisser les attaches de la réglette de jack. Le mou donné à l'arrière au câble permet de tirer à soi la réglette et de la visiter.

Nous venons de dire que les câbles arrivaient par un bout au meuble. Il est rare que la disposition des locaux n'oblige pas ceux-ci à changer alors d'orientation en tournant de 90°.

Tel est le cas, par exemple, lorsqu'ils arrivent d'un étage supérieur ou inférieur (*fig. 452*). La rotation des câbles exige toujours une place assez considérable; il est nécessaire de l'abri-

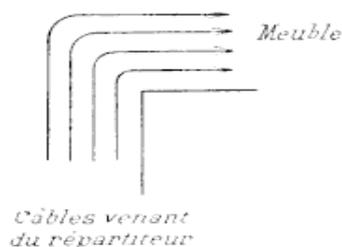


FIG. 452.

ter à l'aide d'une menuiserie qui constitue un *bout de meuble*.

Lorsqu'on fait l'étude d'un multiple, on calculera donc la longueur du meuble en multipliant la longueur d'une section, par le nombre des opérateurs et en ajoutant à ce chiffre :

1° la longueur des tiers de section supplémentaires; 2° la longueur des bouts de meuble utiles — cette dernière variant généralement entre 1 mètre et 1^m,50.

Enfin, au-dessus du panneau vertical des jacks et sur un panneau supplémentaire convenablement incliné pour faciliter la vision des volets, sont installés les annonceurs d'appel et de fin de conversation. La disposition en est variable, mais toujours faite de manière à maintenir strictement une correspondance de position entre eux et les jacks individuels ou les paires de cordons qui s'y rapportent.

L'ensemble du meuble ainsi réalisé est extrêmement complexe. C'est ainsi que l'un des multiples de Paris ne comporte pas moins de 490 kilomètres de câbles, y compris la jonction au répartiteur général, 700000 jacks généraux et 2500000 soudures.

Répartiteur intermédiaire. — En pratique, les multiples étant installés dans les réseaux très importants, on est conduit à distinguer les nombreux abonnés non plus par leurs noms, mais par le numéro de leur jack général. C'est ce que l'on désigne sous le nom d'*appel au numéro*.

Il en résulte que, sous peine de complications inadmissibles, un abonné, ayant reçu un numéro déterminé, doit toujours garder ce numéro.

Dans tout ce qui précède, nous avons supposé que la déri-

vation comprenant l'ensemble du jack individuel et de l'annonceur correspondant était prise une fois pour toutes sur la ligne, ce qui revient à dire que, le montage fait et les numéros donnés aux abonnés, un abonné est toujours desservi spécialement par le même opérateur.

D'autre part, s'il y a un intérêt considérable dans l'exploitation à l'aide des appareils standards à pouvoir modifier à volonté la répartition des abonnés entre les opérateurs de façon à égaliser le travail, cet intérêt devient encore plus grand dans le cas d'une exploitation à l'aide de multiple. Il est donc nécessaire de pouvoir relier dans un multiple une ligne quel-

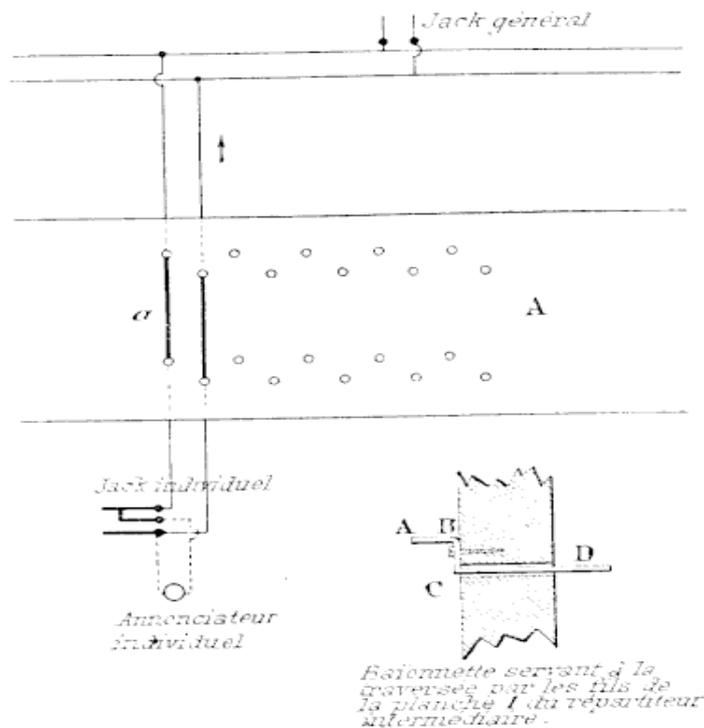


FIG. 453.

conque armée de ses jacks généraux et gardant, par suite, son numéro, à un groupe, choisi arbitrairement, d'un jack individuel et de l'annonceur correspondant. Il suffit pour cela

d'établir dans l'appareil un répartiteur particulier; sur l'une des faces de ce répartiteur aboutissent des dérivations venant de toutes les lignes d'abonnés, sur l'autre face des conducteurs venant des jacks individuels. Ce répartiteur spécial porte le nom de *répartiteur intermédiaire*.

Il a été longtemps d'usage de le réduire à des formes élémentaires, par exemple une planchette courant le long du meuble et traversée par des baïonnettes A, B, C, D servant de plots d'attaches. Un premier groupe de ces baïonnettes était relié sur une des faces de la planchette (côté intérieur du meuble) aux dérivations venant des jacks généraux (*fig. 453*); un deuxième groupe était également relié aux conducteurs venant des jacks individuels. On réunissait enfin par des connections directes *a* soudées les baïonnettes de chacun des deux groupes.

L'emploi d'un répartiteur de formes aussi réduites donne lieu à des difficultés : on préfère depuis peu recourir à de véritables répartiteurs distincts du meuble et qui ne diffèrent pas des répartiteurs généraux comme principe d'établissement.

Piles. — Chaque groupe de multiple exige, comme un standard, la présence de deux piles : l'une pour le microphone, l'autre pour l'appel. Il nécessite, en outre, suivant les dispositions propres du multiple, l'emploi d'une pile de test et d'une pile de relèvement : soit en tout quatre batteries par groupe.

Le nombre total des batteries pour un multiple étant dès lors très élevé, il est rationnel de chercher à le réduire le plus possible.

En premier lieu, la batterie de test et celles de relèvement peuvent être communes à l'ensemble du meuble : elles peuvent souvent, en outre, être confondues l'une avec l'autre.

La batterie d'appel peut également être commune à tout le multiple.

Restent les batteries microphoniques. Cherchons quelles conditions doivent être remplies pour que l'on puisse brancher plusieurs circuits microphoniques sur un même élément.

Soient (*fig. 454*) E , la force électromotrice de la pile, R_c la résistance de la portion commune du circuit aPb , I l'intensité du courant dans cette partie aPb , e la différence de potentiel

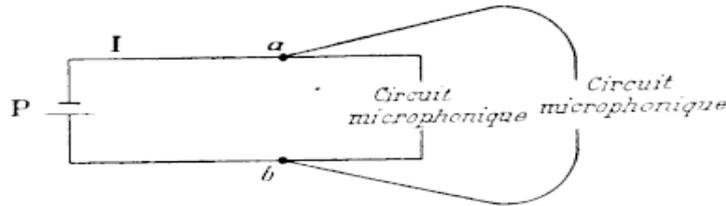


FIG. 454.

entre les points a et b , enfin R_m la résistance de l'ensemble des circuits microphoniques dérivés entre a et b .

On a les relations :

$$I = \frac{E}{R_c + R_m} = \frac{e}{R_m}$$

d'où l'on tire :

$$\frac{e}{E} = \frac{R_m}{R_c + R_m} = \frac{1}{1 + \frac{R_c}{R_m}}$$

La force électromotrice E étant constante, il importe que e demeure lui-même constant pendant le fonctionnement des microphones, c'est-à-dire quelle que soit la valeur de la résistance des dérives R_m . Ceci a pour conséquence que R_c doit être nul ou infiniment petit.

Pour brancher utilement plusieurs microphones sur un même élément, on devra donc soit prendre directement les connexions des divers circuits microphoniques sur l'élément lui-même, soit établir entre l'élément et les dérives microphoniques des barres de cuivre de résistance négligeable. En pratique, le premier procédé est le plus économique et le plus sûr. Il suffit de relier directement chaque microphone à la batterie même par des conducteurs ordinaires.

Le nombre total des batteries desservant un multiple étant ainsi réduit, on doit remarquer que le travail demandé à ces

batteries, notamment pour le relèvement, est toujours considérable. On les composera donc à l'aide d'éléments à grande capacité et très faible résistance, c'est-à-dire avec des accumulateurs.

Nous aurons l'occasion de revenir plus loin sur la manière de calculer ces batteries.

Leur installation, toujours faite dans un local spécial et conformément aux règles ordinaires, ne donne lieu qu'à une seule remarque utile. On doit se rappeler, en effet, que l'appel se fait en reliant aux deux pôles de la batterie d'appel les deux conducteurs d'un même cordon aboutissant eux-mêmes à une même fiche. Des courts-circuits peuvent se produire très aisément entre les parties isolées de cette fiche, et ces courts-circuits pourraient mettre la batterie d'appel hors d'usage. On remédie à cette difficulté en intercalant sur chaque prise d'appel une résistance additionnelle de 10 ohms par conducteur. En cas de court-circuit dans la fiche, la résistance du circuit fermé sur la batterie est donc de 20 ohms au minimum.

Multiples à batterie centrale. — Dans les systèmes de multiples que nous venons de décrire, l'abonné est toujours obligé de faire une manœuvre spéciale (manœuvre d'un bouton d'appel ou d'un appel magnétique) soit pour appeler, soit pour donner le signal de fin de conversation.

Il en résulte pour lui une gêne et pour le service de nombreuses difficultés. Fréquemment en effet, l'abonné omet le signal de fin. Le nombre des cordons mis à la disposition d'un opérateur étant limité, celui-ci a toujours une tendance à se porter sur la ligne pour vérifier si celle-ci est encore occupée : d'où une perte de temps. En outre, si à ce moment l'un des deux interlocuteurs cherche, par exemple, un renseignement, la ligne est silencieuse, et l'opérateur interprétant ce silence peut rompre la connexion.

En vue d'éviter ces inconvénients, on a cherché depuis quelque temps à modifier les dispositifs en usage de manière à obtenir les résultats suivants :

1° Faire que du seul fait de décrocher son récepteur, l'abonné sonne le bureau central, et concentrer au poste central les batteries d'appel des abonnés (d'où le nom de multiple à batterie centrale). Dans ces conditions, en effet, en raccrochant leurs récepteurs, les abonnés enverront nécessairement et automatiquement le signal de fin;

2° Faire qu'à tout instant le téléphoniste soit informé de la position des récepteurs dans chacun des deux postes correspondants.

Dans un certain nombre de cas, on s'est même efforcé de ramener également au poste central les batteries microphoniques des abonnés; nous n'insisterons pas sur cette solution particulière, qui paraît peu recommandable.

Le premier de ces effets est aisément réalisable en montant convenablement le poste d'abonné. Nous avons vu qu'il existe pour cela deux méthodes, l'une dite du condensateur, l'autre dite de la mise à la terre. L'une et l'autre ont pour conséquence nécessaire une légère modification dans la disposition du circuit d'appel à l'intérieur du multiple: la pile d'appel commune doit en effet être insérée normalement sur ce circuit.

Cette insertion ne soulève pas de difficulté dans les multiples à relèvement automatique. En enfonceant la fiche de réponse, l'opérateur fait fonctionner l'électro de rappel et rompt la communication du jack individuel et de l'annonceur; en plaçant convenablement la pile commune, cet électro pourra retirer du même coup la pile d'appel: toutefois on devra opérer par double rupture, car deux circuits téléphoniques ayant un seul point commun peuvent donner lieu à des mélanges.

Le montage schématique de la liaison du jack individuel à l'annonceur d'appel est alors modifié, comme le montre la figure 455.

Le second effet s'obtient de la manière suivante:

On munit chaque paire de cordons non plus d'un seul, mais de deux annonceurs de fin. Chacun d'eux est commandé, comme l'annonceur d'appel de l'abonné, par la manœuvre

du levier de cet abonné. Tant qu'un seul de ces annonceurs fonctionne à la fois, l'opérateur sait qu'un seul des abonnés en communication a raccroché son récepteur. Dès qu'ils fonctionnent tous deux, la communication est terminée.

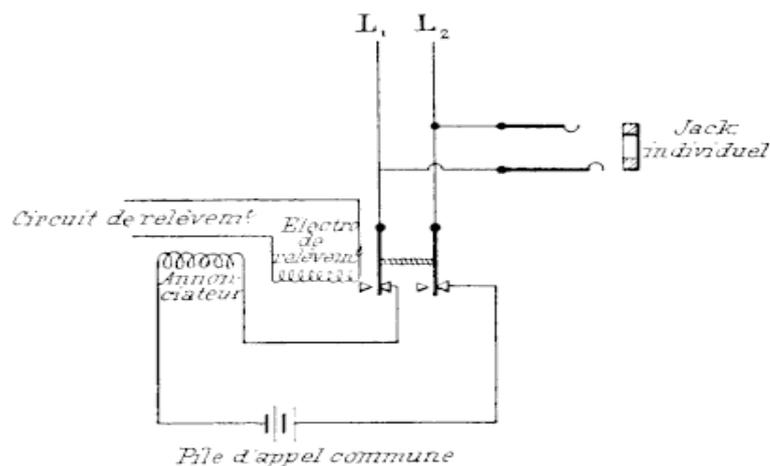


FIG. 455.

A ces annonceurs, on a l'habitude enfin d'en ajouter un autre commun au groupe et dit *pilote*, chargé de fonctionner dès qu'un des annonceurs d'appel fonctionne lui-même dans le groupe. L'annonceur pilote sert simplement à attirer l'attention de l'opérateur et à le prévenir qu'un abonné attend sa réponse.

Comme ces différents signaux doivent être établis sous les yeux même de l'opérateur, il est nécessaire de leur donner des formes très réduites; c'est ce qui explique qu'il soit fait exclusivement usage dans ce cas de signaux visibles ou de signaux lumineux.

La modification de montage résultant de ces dispositions dans le multiple porte naturellement sur chaque paire de cordons.

Elle consiste dans tous les cas à insérer, d'une part une batterie spéciale à la place de l'annonceur de fin ordinaire, (*fig. 456*), d'autre part sur chaque conducteur d'une paire de cordons un relai R, R', commandant le fonctionnement du signal

visible. Ceci revient à intercaler de chaque côté du circuit établi par le cordon un organe d'appel et une pile fonctionnant exactement comme l'annonceur d'appel sous l'action de la manœuvre du levier commutateur de l'abonné; seulement l'allumage correspond cette fois à la position de repos du levier commutateur et non plus à celle de travail.

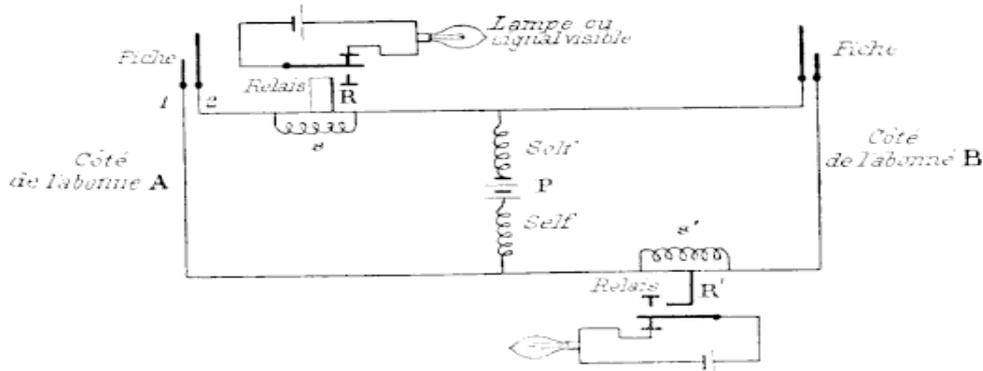


FIG. 456.

On comprend que, lorsque l'abonné A, par exemple, aura décroché son récepteur, les fils 1 et 2 étant bouclés à travers son poste, le relais R fonctionnera seul. Inversement il cessera de fonctionner dès que l'abonné remettra son récepteur au repos coupera la liaison de 1 et 2.

Un tel dispositif exige quelques précautions accessoires.

1° Ainsi montés, les relais fonctionneraient toujours quand les fiches seraient inutilisées. On y obvie en mettant, sur chaque circuit local des relais, un interrupteur coupant automatiquement le circuit lorsque la fiche correspondante est dans sa position de repos sur la tablette;

2° La pile P ayant des variations de force électromotrice dues à sa polarisation et devant être d'autre part commune à plusieurs circuits, il importe de la séparer au point de vue électrique des circuits téléphoniques. On y parvient en l'encadrant entre deux résistances à forte self-induction qui, laissant passer le courant continu pour le fonctionnement des relais,

opposent au contraire un obstacle absolu au passage des courants alternatifs téléphoniques ;

3° Enfin, les relais eux-mêmes, intercalés sur la ligne, ont une self-induction qui pourrait nuire à l'audition. On évite cet inconvénient en les shuntant par une résistance s , s' , dépourvue de self-induction et qui laisse libre passage aux courants téléphoniques.

Quant au signal pilote, on le commande semblablement par un relais spécial embroché sur le circuit d'appel, en avant de la batterie commune.

Les dispositifs à batterie centrale, très ingénieux et séduisants, n'ont pas encore été employés en France. Ils sont, au contraire, assez en usage aux États-Unis, en Angleterre et en Allemagne.

Tables de surveillance. — Le nombre des opérateurs dans un bureau pourvu de multiples est toujours considérable. Il est d'usage de confier à un surveillant la direction et le contrôle des opérations effectuées par les opérateurs desservant un certain nombre de tables, en général cinq ou six.

Chaque surveillant est installé devant un bureau spécial, et possède à sa disposition des appareils lui permettant d'exercer sa mission sans changer de place. La composition de ces appareils dépend évidemment des règles d'exploitation en usage dans le bureau. On peut dire toutefois que, d'une manière générale, il y a lieu de pourvoir la table de surveillance des dispositifs suivants :

1° Un poste complet d'opérateur, relié normalement à un cordon muni de fiches ;

2° Deux annonceurs et deux jacks placés à l'extrémité de lignes aboutissant l'une au poste du chef de bureau, l'autre à des jacks multiplés sur les tables surveillées. De cette manière le chef de bureau ou l'un quelconque des opérateurs peut toujours appeler le surveillant et communiquer avec lui ;

3° Autant de jacks qu'il y a d'agents surveillés, chacun de ces jacks étant normalement en dérivation sur les postes d'opérateurs des agents : il suffit dans ces conditions que le

surveillant porte sa fiche sur un de ces jacks pour qu'il suive les manœuvres dans le groupe correspondant.

La forme extérieure des tables de surveillance varie suivant les conditions du local et les habitudes du pays. Elle n'a d'ailleurs aucune importance technique et l'on ne saurait donner de règle utile à cet égard.

§ 2. — Service interurbain

Arrivée des fils. — Dans les grands bureaux, l'arrivée des fils interurbains se fait généralement par des câbles souterrains. On doit remarquer toutefois que le diamètre des conducteurs de ces câbles est souvent plus élevé que le diamètre des conducteurs affectés aux abonnés. Il en résulte que les paires sont moins maniables et qu'on doit modifier en conséquence le répartiteur.

Répartiteur interurbain. — Un répartiteur spécial est pour cette raison affecté aux lignes interurbaines. Le bâti de ce répartiteur ne diffère pas des bâtis ordinaires. Seules les bornes d'attache des fils sont à la fois plus maniables et plus espacées. Il en résulte un encombrement plus grand; mais cet inconvénient n'a aucune importance, étant donné que les circuits interurbains ne sont jamais qu'en petit nombre.

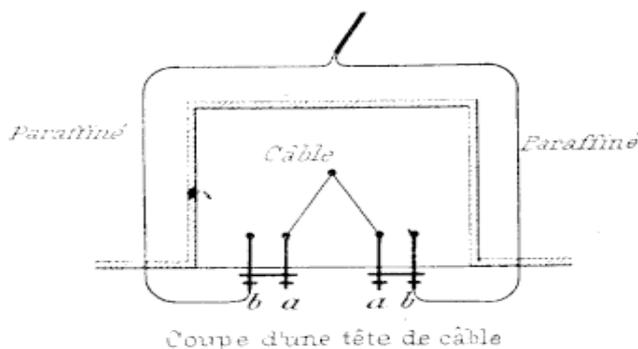


FIG. 57.

L'espacement des plots adopté en général est sensiblement

double de celui existant dans les répartiteurs d'abonnés. Une face, côté ligne, qui normalement pourrait recevoir 112 paires, n'en reçoit plus ainsi que 56. Il est fait usage, en guise de plots, de bornes à contre-écrou. Chaque brin d'une paire aboutit à l'intérieur de la tête sur une de ces bornes *a* (*fig.* 457) : une deuxième borne voisine *b*, placée à l'extérieur de la tête, est reliée à la précédente par une cuiller en cuivre et sert à l'attache du paraffiné de jonction.

Liaison du répartiteur interurbain au commutateur.

— La liaison du répartiteur au meuble interurbain se fait comme celle des circuits urbains. Il ne paraît pas y avoir intérêt, en effet, à accroître sur un aussi faible parcours le diamètre des conducteurs.

Installation des lignes interurbaines sur le multiple.

— Il semble qu'en principe rien ne devrait différencier le montage des lignes interurbaines du montage des lignes d'abonné, puisque l'on doit considérer une ligne interurbaine comme une ligne d'abonné de plus grande longueur.

Il est vrai qu'en raison des écritures et de la difficulté à réunir deux abonnés appartenant à des réseaux différents, la pratique montre qu'un même opérateur ne peut desservir spécialement qu'un nombre très faible de ces lignes et variant entre 5 et 10 ; mais ceci revient à dire simplement que, dans la partie interurbaine du multiple, les groupes ne devraient plus comporter que 5 à 10 jacks et annonceurs individuels, au lieu de 400 par exemple, — nombre moyen correspondant aux abonnés ordinaires. Sous cette réserve, et à condition de doubler chaque jack individuel par un jack de transformation, aucune particularité ne paraît mériter à priori une étude spéciale de la question.

En fait, dans un certain nombre de cas où les circuits interurbains sont peu nombreux, il en est bien ainsi. Les tables interurbaines ne diffèrent pas des tables d'abonnés et font partie du multiple.

Deux particularités spéciales doivent cependant être mentionnées : l'une est relative à la place occupée par les tables interurbaines dans le meuble, l'autre au multiplage des lignes interurbaines.

Tout d'abord la place occupée par les groupes interurbains n'est pas indifférente. Il y a intérêt, en effet, au moment où une ligne d'abonné est reliée à une ligne interurbaine, à supprimer sur cette ligne d'abonné toutes les dérivations aux jacks généraux affectés à cette ligne et non utilisés, car ces dérivations sont toujours assez mal isolées et peuvent provoquer un bruit de friture gênant.

Si l'on a soin de mettre en tête du multiple les tables interurbaines et de munir celles-ci — mais celles-ci seulement — de jacks généraux à rupture montés en série, ce résultat est obtenu très facilement (*fig. 458*) :

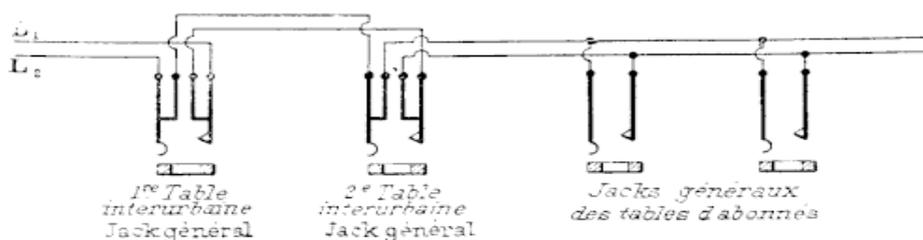


FIG. 458.

On voit sur le schéma qu'en enfonçant une fiche dans l'un quelconque des jacks généraux des tables interurbaines on retire de la ligne toute la série des jacks généraux qui suivent et qui appartiennent soit à d'autres tables interurbaines, soit à des tables d'abonné.

D'autre part, en ce qui concerne le multiplage des lignes interurbaines, on doit remarquer qu'il est nécessaire de concentrer la responsabilité du service de ces lignes sur un seul opérateur. Or, si un abonné ordinaire n'adresse ses demandes qu'à un groupe déterminé, il peut être pris en revanche par un opérateur quelconque. Une ligne interurbaine, au contraire, doit pouvoir être reliée par un opérateur déterminé à n'im-

porte quel abonné, mais inversement ne doit pouvoir être livrée que par l'intermédiaire de ce même opérateur.

Il en résulte que, si les tables interurbaines doivent posséder les jacks généraux de tous les abonnés, inversement les autres tables ne doivent pas pouvoir prendre les lignes interurbaines. Ces lignes ne *seront pas multipliées* sur les tables d'abonnés.

Cette disposition entraîne, comme conséquence logique, la présence de lignes d'intercommunication entre ces tables d'abonnés et les tables interurbaines. En effet, supposons qu'un abonné A du multiple veuille une communication interurbaine avec B, il appelle l'opérateur ordinaire chargé de desservir le groupe dont il fait partie et lui transmet sa demande. Cet opérateur n'ayant pas devant lui un jack général appartenant à la ligne interurbaine B devra donc se porter sur une ligne de service et appeler à son tour par cette ligne de service l'opérateur de la table interurbaine pour le prévenir que l'abonné A demande la ligne B. L'opérateur interurbain inscrit la demande à son numéro d'ordre et reste dès lors chargé de la mise en communication. Il lui est possible, en effet, de rappeler A au moment convenable puisqu'il possède devant lui tous les jacks généraux des abonnés.

Les lignes d'intercommunication affectées à ce service sont nécessairement très peu nombreuses, car elles servent uniquement à la transmission des ordres.

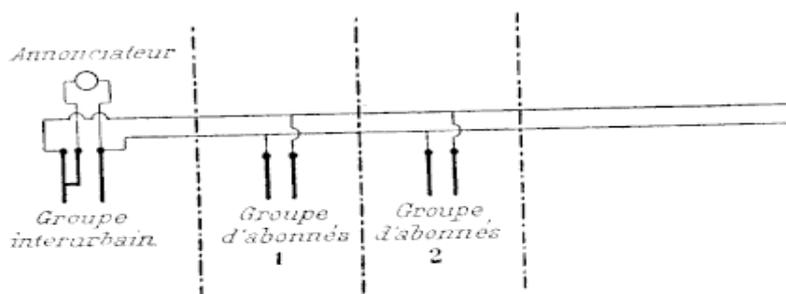


FIG. 459.

Elles comportent une série de jacks ordinaires multipliés le long des tables d'abonnés (*fig. 459*), un annonceur d'appel et un jack.

Il y a naturellement autant de lignes de service qu'il y a de groupes interurbains destinataires.

Fonctions de l'aide. — Nous venons de voir que les fonctions de l'opérateur interurbain consistaient non seulement dans la mise en communication de l'abonné avec la ligne interurbaine ou inversement, mais encore dans des travaux d'écriture, inscription de demandes, de durées de communication, etc...

Ces fonctions sont telles qu'on a jugé nécessaire, dans un grand nombre de cas, de lui adjoindre un aide placé à côté de lui et dont la place est réservée sur le multiple. Cela augmente d'autant le nombre des jacks généraux, puisque chaque aide occupe le même espace qu'un opérateur ordinaire.

Bien qu'il en résulte un accroissement de dépense initiale, l'utilité de l'aide est incontestable si cet aide accomplit correctement son principal office qui est de *préparer la communication*. On entend par là qu'il doit appeler l'abonné demandeur de communication, un peu avant que la ligne interurbaine lui soit livrée, de manière à diminuer au maximum les pertes de temps et à augmenter la durée d'utilisation commerciale du circuit. On ne saurait oublier que même en activant au mieux le service, les circuits interurbains ont toujours un rendement commercial faible, alors que leur prix d'établissement est, au contraire, très élevé. On peut évaluer au tiers du temps de travail total la durée de l'utilisation payée du circuit, soit trois heures et demie à quatre heures environ par journées de douze heures.

On s'efforce actuellement d'accroître cette moyenne en opérant méthodiquement la *préparation de la communication*, préparation qui doit être faite à *chaque extrémité du circuit*. Aux États-Unis, cette préparation est faite télégraphiquement à l'aide d'un fil spécial. En Allemagne, elle se fait téléphoniquement en montant sur deux circuits existants un troisième circuit duplexé (*fig. 298*). En France, on ne recourt pas encore à des moyens de cet ordre.

Installation de lignes interurbaines sur commutateurs spéciaux. — L'incorporation dans le multiple de lignes interurbaines conformément aux règles qui précèdent, entraîne des conséquences inadmissibles dans les très grands bureaux.

Supposons en particulier qu'il y ait un grand nombre de circuits, 90 par exemple, et que le multiple desserve 10000 abonnés.

Chacune des tables interurbaines dans ce système doit posséder 10000 jacks généraux et 15 jacks individuels de lignes interurbaines (en supposant qu'un opérateur desserve 5 lignes). Cela reviendrait à établir 60000 jacks généraux pour desservir 90 lignes; 120000 si chaque opérateur est doublé d'un aide. On conçoit qu'on arrive ainsi à une dépense d'établissement hors de toute proportion avec le service rendu, service qui consiste uniquement à permettre à l'opérateur interurbain de prendre directement un abonné, puisque les demandes émanant des abonnés doivent, elles, parvenir par ligne de service, comme s'il n'y avait pas de multiplage.

Ceci explique que, pour les très grands bureaux, on se soit efforcé de trouver un dispositif permettant de rendre les mêmes services sans immobiliser une semblable quantité de matériel.

La solution presque universellement adoptée est la suivante :

1° On constitue à l'aide d'une série de standards ordinaires un véritable poste central interurbain ne comprenant que des lignes interurbaines.

Ce poste central permet en particulier, comme tous les montages similaires, de relier une ligne interurbaine à une autre ligne interurbaine, à l'aide de lignes d'intercommunication convenablement disposées. Soient A, B, ... ces standards;

2° On installe en tête du multiple, comme dans la solution déjà connue, une ou plusieurs tables comprenant tous les jacks généraux des abonnés, ces jacks généraux étant montés à rupture. Soient *a, b, ...* les groupes de ces tables dits *groupes intermédiaires*;

3° Sur chaque standard sont placés des jacks ordinaires, dits *jacks de renvoi*, invariablement liés par des conducteurs à des cordons simples C (*fig. 460*) installés sur la tablette du groupe intermédiaire *a* correspondant ;

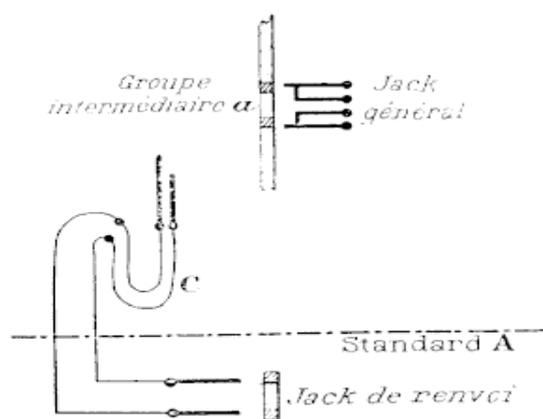


FIG. 460.

4° Le poste d'opérateur de A peut être mis, en abaissant une clé, sur le poste d'opérateur de *a* ; ce dernier poste est d'ailleurs réduit à un simple *écouteur*, d'où il résulte que A peut transmettre à volonté ses ordres à *a*, sans que ce dernier ait une manœuvre à effectuer ou la possibilité de formuler une observation.

Il résulte de cette organisation que l'opérateur *a* devient un véritable double de l'opérateur A. Il suffit, en effet, que A relie à la manière ordinaire une ligne interurbaine à un jack de renvoi et dise en même temps à l'opérateur *a* le numéro de la fiche correspondant à ce jack de renvoi et le numéro du jack général dans lequel il convient de porter cette fiche ; l'opérateur *a* obéira aussitôt, n'ayant d'ailleurs jamais qu'un seul mouvement à faire, transport de la fiche choisie dans le jack désigné ou, inversement, retrait de la fiche placée dans un jack, si la communication est finie.

N'ayant qu'un mouvement à faire, l'opérateur *a* peut évidemment utiliser non plus un nombre limité de cordons, 16 par exemple (nombre ordinaire d'un groupe d'abonnés), mais 38,

ou même beaucoup plus et exécuter les ordres non plus d'un seul, mais de neuf opérateurs interurbains. On en conclut qu'un opérateur *a* suffira pour neuf opérateurs *A*, ce qui entraîne pour conséquence une réduction de $\frac{9}{10}$ dans les tables de jacks généraux affectées aux lignes interurbaines.

Le montage qui vient d'être indiqué est dit montage avec *intermédiaire* ou *switching* et donne lieu à un certain nombre d'observations essentielles qui sont les suivantes :

1° L'opérateur de l'intermédiaire doit être considéré comme le prolongement animé de l'une des extrémités de la paire de cordons mise à la disposition de l'opérateur interurbain. Toutes les manœuvres effectives de la mise en communication, appel des correspondants, réception des appels et signaux de fin, se font donc par les soins de ce dernier et la table de l'intermédiaire est dépourvue de clés d'appel, de clés d'écoute, d'annonceurs d'appel, d'annonceurs de fin.

On ne saurait trop répéter, pour bien comprendre l'esprit de ce mode d'exploitation, que l'opérateur intermédiaire n'a *qu'une seule fonction*, porter une fiche déterminée dans un jack général déterminé ou, inversement, retirer une fiche déterminée d'un jack général déterminé, suivant l'ordre verbal émanant de l'opérateur principal, ordre reçu directement et sans qu'il y ait besoin de manœuvres spéciales (l'écouteur de l'opérateur intermédiaire étant toujours branché sur le circuit de conversation de l'opérateur principal) ;

2° Il est nécessaire, pour qu'une telle organisation ne donne lieu à aucune difficulté, que l'opérateur interurbain ayant effectivement la charge des manœuvres de mise en communication puisse recevoir le test fait par l'opérateur intermédiaire, quand celui-ci approche sa fiche d'un jack général ;

3° De même il y a intérêt à ce que l'opérateur principal puisse contrôler à tout instant les manœuvres de l'opérateur intermédiaire. Un système de signaux automatiques, servant de contrôle à la position des fiches, est la conséquence logique de ce desideratum ;

1° Il semble enfin que le montage de la table intermédiaire soit du type monocorde et par conséquent participe à tous les inconvénients de ce procédé de permutation. Il n'en est rien : on doit en effet considérer que chaque cordon de l'intermédiaire aboutit sur la table interurbaine à un jack de renvoi et que, par suite, ces cordons ne sont pas solidaires des lignes à relier. Si un accident se produit sur l'un d'eux, l'opérateur interurbain choisit simplement un autre jack de renvoi, de même que si une paire de cordons est défectueuse sur un commutateur dicorde, on se contente d'en choisir une autre pour établir la communication.

Ces indications générales fournies, nous pouvons maintenant étudier de plus près la constitution des tables interurbaines et des tables intermédiaires.

a) Table interurbaine proprement dite.

La table interurbaine est un standard ordinaire : elle comporte :

1° Les jacks et annonceurs d'appel correspondant aux lignes interurbaines desservies. Nous avons vu que, pour ces lignes, il était d'usage d'avoir deux jacks, l'un permettant de prendre la ligne directement, l'autre permettant de la prendre à travers transformateur (voir *fig.* 461, montage de la ligne L_1L_2) :

2° Un ou plusieurs jacks et annonceurs d'appel desservant une ou plusieurs lignes de service destinées à recevoir les demandes de communication émanant des divers groupes d'abonnés (*fig.* 461, A) :

3° Les jacks B servant aux lignes d'intercommunication qui réunissent entre elles les différentes tables interurbaines. Ce sont généralement des réglettes multipliées de table en table. Pour plus de commodité, il est convenu que les jacks de 1 à 10, par exemple, serviront aux intercommunications de la table 1, de 10 à 20 aux intercommunications de la table 2, etc... Grâce à cette convention, les jacks de 1 à 10 ne sont jamais

pris que par la table 1 et celle-ci sait toujours, par suite, lesquels sont disponibles parmi eux et peuvent servir à établir la nouvelle communication dont elle a besoin (*fig. 461, B*);

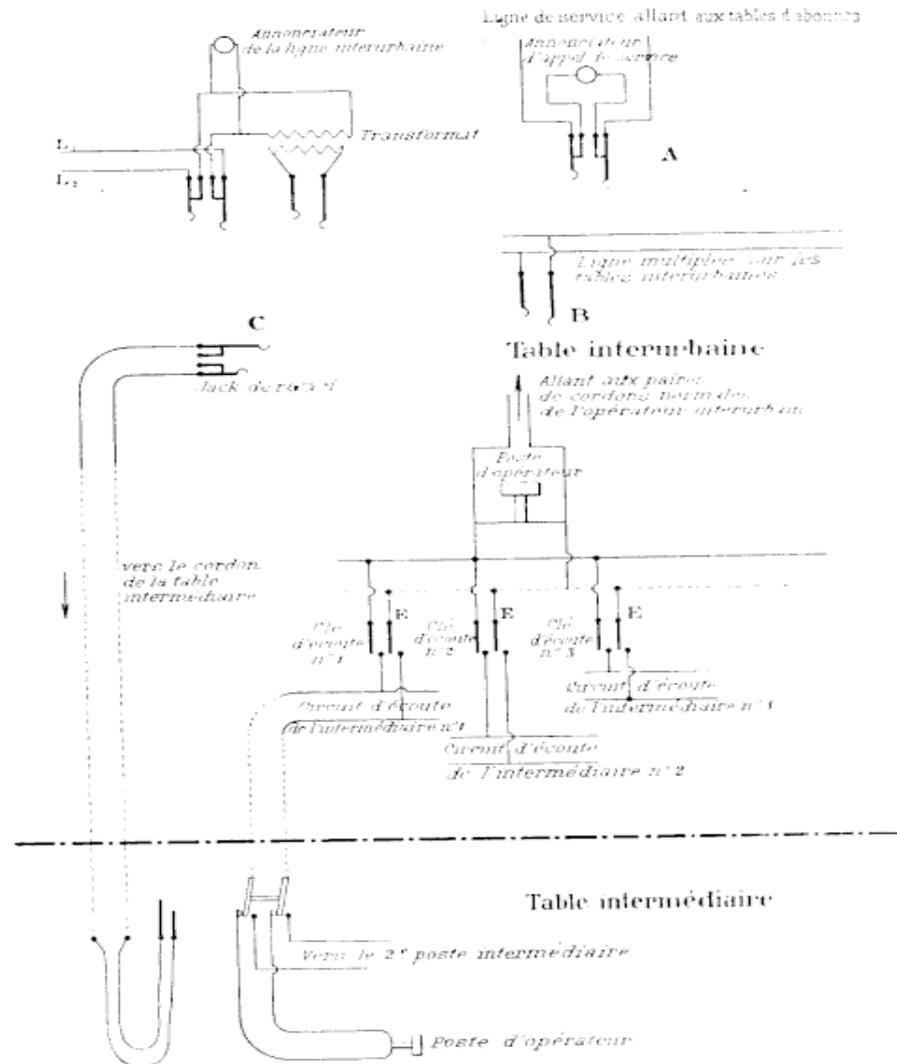


FIG. 461.

4° Des jacks de renvoi reliés comme il est dit plus haut à des cordons de la table intermédiaire (*fig. 461, C*);

5° Des paires de cordons munies de clés d'écoute et de clés d'appel pour la communication soit des lignes interurbaines

entre elles, soit d'une ligne interurbaine avec un abonné (elles ne sont point marquées sur la figure 461 car elles ne diffèrent en rien des paires analogues placées sur un standard) ;

6° Enfin, des moyens de communiquer aisément à l'aide du poste d'opérateur soit avec les opérateurs des autres tables interurbaines, soit avec les opérateurs intermédiaires. Le mode le plus généralement adopté consiste à mettre sur la tablette un certain nombre de clés d'écoute spéciales E qui, abaissées, mettent le poste d'opérateur en question sur le circuit d'écoute de ces correspondants. En abaissant la clé 1, l'opérateur interurbain est ainsi branché sur le circuit de l'intermédiaire 1, etc... (fig. 461). Ce dispositif a pour grand avantage de supprimer pour le service intérieur les appels et les manœuvres y afférentes.

Les manœuvres de mise en communication à une table interurbaine ainsi constituée sont dès lors les suivantes :

1° *Cas de la liaison d'une ligne interurbaine avec une autre ligne interurbaine.* — L'opérateur interurbain du circuit A demandeur abaisse la clé d'écoute n° 5, par exemple, qui le met sur le circuit d'écoute de l'opérateur 5 desservant le circuit B demandé et dit : « donnez-moi B sur telle ligne. » L'opérateur de B relie B par un cordon au jack d'intercommunication ainsi désigné. L'opérateur A achève la mise en communication comme d'ordinaire ;

2° *Cas de la liaison d'une ligne interurbaine et d'un circuit d'abonné.* — L'opérateur interurbain reçoit par la ligne de service la demande de communication d'un abonné X avec le circuit A. Il inscrit cette demande. L'opérateur de l'abonné n'a plus ensuite à intervenir. Quand le tour de la communication est venu, l'opérateur interurbain dit à l'intermédiaire : « Donnez-moi l'abonné n° X sur telle fiche. » Aussitôt l'intermédiaire approche du jack général de X la fiche désignée, fait le test et enfonce la fiche. Si l'abonné est libre (le test est entendu à la fois par l'intermédiaire et l'opérateur interurbain), l'opérateur interurbain établit ensuite comme d'ordinaire la communication entre le circuit et l'abonné X (désor-

mais relié au jack de renvoi correspondant à la fiche désignée.

Les manœuvres sont les mêmes si l'abonné est demandé par la ligne interurbaine.

b. Table intermédiaire

La table intermédiaire ne doit comporter que des jacks généraux à rupture et des cordons reliés aux fiches de renvoi.

Le poste de l'opérateur est relié directement au poste d'opérateur de la table interurbaine (fig. 361).

Quelquefois une clé spéciale F permet de relier entre eux les circuits d'écoute des opérateurs intermédiaires; cela permet de faire desservir à volonté la table par un ou plusieurs opérateurs, suivant l'intensité du trafic.

c) Test

Il reste à examiner, d'une part, comment on peut faire entendre le test simultanément aux deux opérateurs interurbain et intermédiaire, d'autre part comment on peut établir une correspondance de signaux entre ces opérateurs de manière à contrôler la position des fiches.

Sur le premier point, il n'existe pas de difficulté; le cordon et la fiche de l'intermédiaire étant le prolongement de la table interurbaine, il suffit évidemment de disposer le circuit d'écoute de l'opérateur interurbain comme dans le reste du multiple: il recevra le test à la manière ordinaire.

D'autre part, le poste de l'opérateur intermédiaire étant branché en dérivation sur le poste de l'opérateur interurbain, celui-ci recevra également le test, à condition d'être muni, suivant les cas, de l'intermédiaire spécial pour réception du toc ou du montage spécial permettant la réception directe du toc.

d) Correspondance des signaux

La correspondance des signaux est au contraire assez difficile à établir. Le problème que l'on doit réaliser est, en effet, le suivant:

1° Faire qu'au moment où l'opérateur interurbain enfonce une fiche dans un jack de renvoi, un signal à l'intermédiaire désigne la fiche qui correspond à ce jack ;

2° Faire que l'opérateur interurbain soit prévenu automatiquement que cette fiche à l'exclusion de tout autre est prise par l'intermédiaire ;

3° Faire, dès que le circuit établi est rompu soit par l'interurbain, soit par l'intermédiaire, que l'intermédiaire et l'interurbain soient prévenus.

A priori, la position de la fiche de l'intermédiaire (travail ou repos) étant un des éléments déterminant du fonctionnement des signaux, on peut prévoir que cette fiche au repos commandera toujours un commutateur spécial intercalé sur le circuit des signaux.

C'est ce qui a lieu en effet. On ne saurait indiquer d'autre part de solutions générales pour un problème aussi complexe, car on s'efforce dans tous les cas de combiner ces solutions de manière à utiliser tout ou partie des batteries de relèvement.

A titre d'exemple, nous exposerons ici deux systèmes qui semblent être les prototypes de la plupart des dispositions adoptées.

Les signaux en usage dans ce genre de contrôle devant être à la fois de très petites dimensions et très nettement visibles sont d'ailleurs toujours soit des signaux visibles, soit des signaux lumineux.

Dans le premier système (Western C^o, *fig.* 462), chaque cordon est muni de deux signaux A et B sur la table interurbaine, d'un signal C sur la table intermédiaire. Chacun de ces signaux est commandé par des relais R₁, R₂, R₃, seuls représentés sur la figure.

Nous avons supposé également dans cette figure que le relèvement était obtenu à l'aide du procédé représenté sur la figure 430. Dans ce système, une partie *o* de la fiche établit au moment de l'enfoncement la communication entre la douille *d* du jack général et un ressort *r* du jack normalement en communication lui-même avec une pile μ .

Soit K un commutateur occupant la position a quand la fiche de l'intermédiaire est au repos, la position b quand cette fiche est soulevée.

Examinons les divers cas.

Dès que l'interurbain introduit sa fiche dans le jack de renvoi, il met une deuxième terre sur la pile P . Le courant tra-

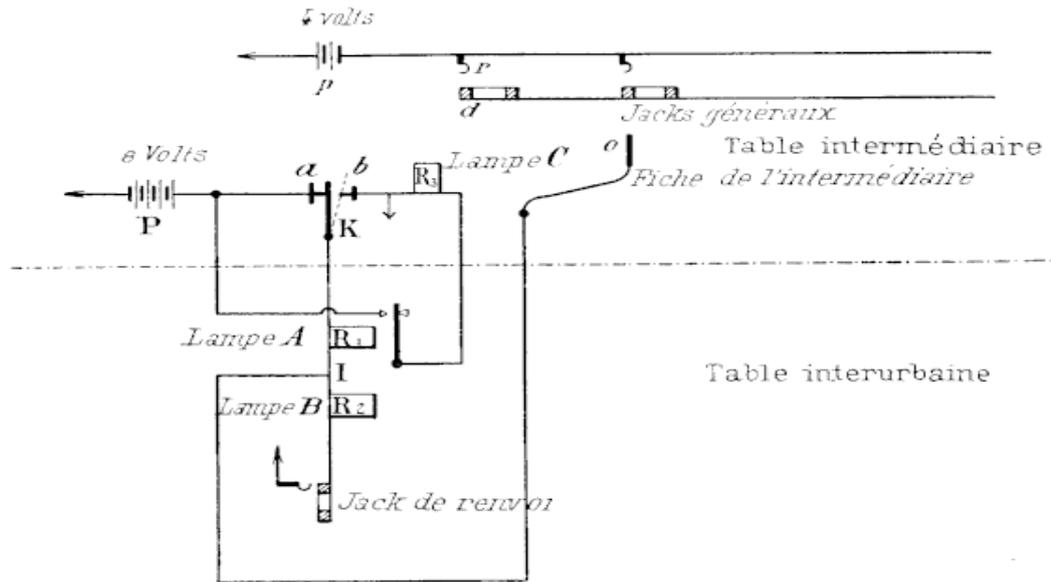


FIG. 362.

versant R_1 et R_2 fait fonctionner les signaux A et B. Le relais R_1 ferme, en outre, sur la même pile P le circuit de R_3 commandant la lampe C. Celle-ci s'allume et indique à l'intermédiaire la fiche qu'il doit saisir.

Dès que l'intermédiaire soulève la fiche, le commutateur K se met sur b ; A, B, et C s'éteignent. Il en est de même lorsque la fiche est enfoncée dans le jack général, car le courant de la pile p arrivé en I se divise entre les deux relais R_1 , R_2 et est trop faible pour les faire fonctionner.

Si, la fiche demeurant enfoncée à l'intermédiaire, l'interurbain retire la fiche du jack de renvoi, le courant de la pile p

traverse R_1 seulement. Aussitôt la lampe A s'allume ainsi que la lampe C.

Inversement, si l'intermédiaire retire sa fiche sans ordre, la fiche de l'interurbain étant encore dans le jack de renvoi, les trois lampes s'allument de nouveau.

On a bien là le contrôle absolu qui était recherché.

Une seconde méthode plus simple consiste à munir chaque table d'un seul signal, et à modifier convenablement le jack de renvoi en y ajoutant deux contacts supplémentaires (Société française des Téléphones).

Soit J ce jack, C le commutateur commandé par la position de la fiche, R_1 , R_2 , les relais commandant les signaux (fig. 463).

Examinons encore les divers cas :

Au moment où l'interurbain introduit sa fiche dans J, le circuit de la pile p est fermé à travers les deux relais ; les signaux fonctionnent.

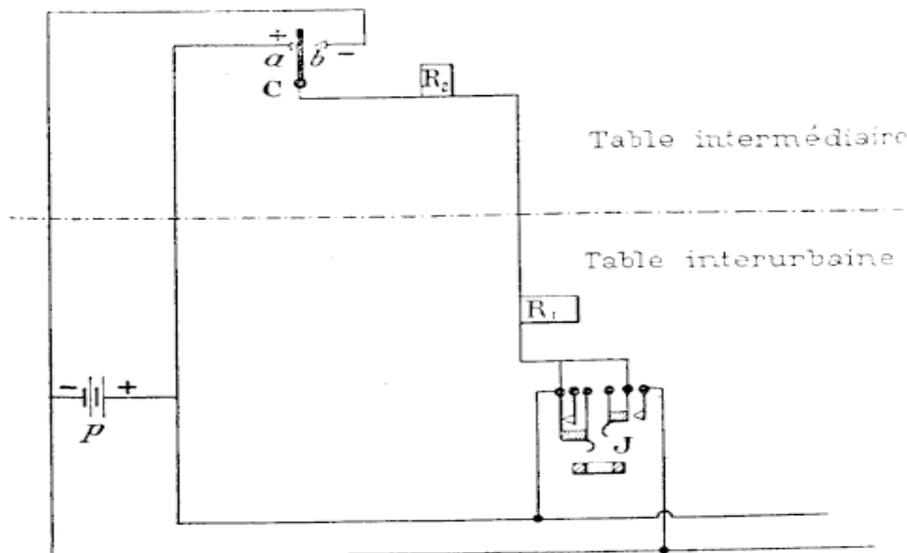


FIG. 463.

Dès que la fiche est soulevée, C passe en b , les signaux s'éteignent.

Si l'intermédiaire, ayant laissé la fiche dans le jack général

J retire la fiche du jack de renvoi, le circuit de P se trouve de nouveau fermé, et les relais fonctionnent encore.

On a bien ici encore le contrôle souhaité.

e) Tables annotatrices

Le montage avec tables intermédiaires étant utilisé surtout dans les grands bureaux à trafic élevé, il va de soi que les opérateurs interurbains doivent être munis d'aide et que la fonction dévolue à celui-ci acquiert une importance spéciale.

Cette fonction est double :

1° Répondre aux opérateurs du multiple qui demandent une communication pour leur abonné et leur donner le numéro d'ordre de cet abonné ;

2° Préparer, le moment venu, la communication de cet abonné, quand le circuit va être disponible.

On s'est demandé s'il n'y aurait pas un intérêt réel d'exploitation à ne réserver que cette seconde fonction à l'aide et à confier à un opérateur spécial dit *annotateur* le soin de recevoir et d'inscrire les demandes. La modification d'outillage correspondante est fort simple. Au lieu d'orienter sur les tables interurbaines proprement dites les lignes de service venant des tables d'abonnés, on les oriente sur une table spéciale dite *table annotatrice* chargée de centraliser les inscriptions. Ces inscriptions, une fois faites, sont portées aux tables interurbaines.

Il est naturel dans ce cas de munir les lignes de service de signaux automatiques analogues à ceux décrits précédemment, de manière à diminuer autant que possible le travail de l'opérateur d'abonné.

La pratique seule indiquera si un tel mode permet d'obtenir un accroissement de rendement des lignes suffisant pour compenser l'accroissement de personnel correspondant.

Durée de communication. — Les communications interurbaines étant taxées d'après leur durée, l'opérateur interurbain

à l'obligation de surveiller cette durée. On met quelquefois, pour faciliter cette surveillance, des sabliers au-dessous des annonceurs de fin correspondant aux cordons de la table interurbaine. Ces sabliers sont mobiles autour d'un axe horizontal. Il suffit de les retourner au moment du début de la conversation pour les mettre en marche. Ce dispositif est d'ailleurs peu efficace, car l'opérateur n'est pas prévenu quand le sable a fini de s'écouler.

Dans certaines exploitations américaines, on engage un ticket dans un enregistreur automatique au début de la conversation. L'enregistreur marque sur ce ticket l'heure précise du début et coupe automatiquement la communication au bout du temps réglementaire.

D'une manière générale, il ne semble pas qu'on ait trouvé encore de solution simple et satisfaisante pour ce problème qui a pourtant une importance considérable pour la bonne marche du service.

Piles. — Les batteries desservant le service interurbain ne donnent lieu à aucune remarque spéciale. Certaines d'entre elles peuvent sans inconvénient être communes à ce service et au service urbain.

E. — RÉSEAUX COMPRENANT PLUS DE 10000 ABONNÉS

Les solutions précédentes ne permettent pas de desservir sur un même meuble plus de 10000 abonnés. Au-delà de ce chiffre, on est amené soit à rechercher un moyen d'accroître la capacité des multiples en conservant un bureau unique, soit à former plusieurs bureaux pourvus de multiples reliés entre eux par des lignes d'intercommunication dans les mêmes conditions que le sont des standards dans l'intérieur d'un même bureau, soit enfin à former des bureaux toujours reliés entre eux par des lignes d'intercommunication, mais non pourvus de multiples au sens général du terme.

Le cas des réseaux de plus de 10 000 abonnés étant actuellement exceptionnel, nous n'indiquerons que sommairement ces diverses solutions.

§ 4. — Systèmes à bureau unique

Principe. — Le principe du montage avec bureau unique, fort ingénieux, a été imaginé par M. Bouchard.

Il consiste dans l'emploi de N multiples indépendants les uns des autres, l'un comportant les jacks généraux des abonnés compris entre 1 et n , le suivant les jacks généraux des abonnés compris entre n et $2n$, etc.

Chaque ligne d'abonné, après avoir traversé les jacks généraux du multiple sur lequel elle figure normalement, aboutit à un commutateur automatique pouvant mettre cette ligne en communication avec des annonceurs individuels figurant sur chacun des multiples.

Chaque multiple comporte, par suite, outre les jacks généraux de n abonnés qui lui appartiennent spécialement, des jacks individuels et des annonceurs appartenant à tous les abonnés du réseau.

Dès lors, si l'abonné veut un abonné desservi par le troisième multiple, par exemple, il manœuvre son commutateur automatique de manière à relier sa ligne à l'annonceur d'appel qu'il possède sur le multiple n° 3. Son appel parvient devant un opérateur ayant précisément devant lui le jack général de l'abonné demandé.

Lorsqu'il s'agit d'un nombre de multiples inférieur à 4, on peut substituer de simples combinaisons de circuit au commutateur automatique nécessairement très compliqué : cela simplifie notablement le montage. Par exemple, si l'on veut combiner deux multiples seulement, on fera usage d'annonceurs polarisés sur chacun : suivant que l'abonné appellera en positif ou en négatif en appuyant sur une clé ou une autre,

l'annonciateur d'appel fonctionnera sur un des multiples ou sur l'autre.

Le système n'a pas encore été appliqué. On répugne en effet, et peut-être à tort, à demander à l'abonné des manœuvres supplémentaires; d'autre part, il n'est pas douteux que l'appel, quel que soit le système choisi, serait délicat et sujet aux dérangements.

§ 2. — Systèmes à bureaux multiples

Principe. — A l'inverse du système précédent, celui-ci, consistant à relier entre eux des multiples différents par des lignes d'intercommunication, est actuellement à peu près généralisé.

Rien, en principe, ne différencie un agencement de cet ordre de l'agencement d'un bureau muni de plusieurs standards. Seules, la capacité des unités et la longueur des lignes d'intercommunication diffèrent. Ces lignes, en effet, ne relient plus deux unités contenues dans une même pièce, mais deux appareils situés dans des locaux souvent fort éloignés. Elles portent le nom de *lignes auxiliaires*. Comme leur longueur est parfois considérable, il y a intérêt à en diminuer le plus possible le nombre ou, ce qui revient au même, à les utiliser au maximum.

En outre, remarquons qu'une organisation de cette sorte supprime le principal avantage du multiple, c'est-à-dire l'intervention d'un seul opérateur pour une mise en communication. Toute communication intéressant deux abonnés appartenant à des groupes différents et, par suite, utilisant une ligne auxiliaire, exige nécessairement l'intervention de deux opérateurs, un dans chaque multiple. Pour compenser ce grave inconvénient, il est naturel de rechercher au moins les moyens de faciliter le service dans la plus large mesure en faisant que l'introduction du deuxième opérateur sur le circuit soit aussi rapide que possible.

Les dispositions choisies sont les suivantes :

On convient tout d'abord que, sur une ligne auxiliaire donnée, l'écoulement des communications se fera *toujours dans un même sens*. Sur chaque ligne auxiliaire, il y a, par suite, une extrémité servant au *départ* c'est-à-dire sur laquelle se porte l'opérateur désireux de demander une communication au multiple correspondant et une seconde extrémité servant à l'*arrivée*, c'est-à-dire à la réception des demandes de communication arrivant au multiple demandé.

Il résulte d'une telle convention que, l'extrémité arrivée devra être munie d'un annonceur d'appel pour qu'on puisse appeler le multiple demandé; qu'à l'extrémité départ, au contraire, cet annonceur serait superflu puisque aucune demande ne doit y parvenir.

En revanche, au départ comme à l'arrivée, la ligne auxiliaire doit normalement aboutir à des jacks, ce qui est le cas de toutes les lignes d'intercommunication.

Les jacks de départ et les jacks d'arrivée, dans chaque multiple, forment des groupes distincts et font l'objet de montages différents.

Jacks de départ. — Chaque opérateur d'un multiple étant exposé à donner à l'un de ses abonnés une communication avec un autre multiple, doit pouvoir demander cette communication et avoir devant lui des jacks de départ en nombre convenable. Ces jacks de départ sont placés à la partie inférieure du meuble, auprès des jacks de service. Ils sont multiplés ou non le long des tables. Les conditions d'espèce permettent seules de choisir le groupement le plus avantageux à cet égard, le but cherché étant toujours qu'à tout instant chaque opérateur ait à sa disposition des jacks de départ pour chaque direction et en nombre suffisant.

Il est d'usage de doubler de signaux visibles ces jacks de départ lorsqu'ils sont multiplés. De même qu'en enfonceant sa fiche dans un jack individuel, l'opérateur fait fonctionner l'électro de relèvement, de même, en enfonceant sa fiche dans le

jack de départ, il fait fonctionner le signal visible placé au-dessus de tous les autres jacks montés sur la ligne auxiliaire qu'il utilise. Ayant à demander des communications, les opérateurs n'éprouvent, dans ces conditions, aucune hésitation pour choisir un jack de départ disponible; tous les jacks occupés sont signalés par leurs signaux. Le test est supprimé et remplacé par un véritable test visible.

Tables d'arrivée. — Une ligne auxiliaire (côté arrivée) peut être entièrement assimilée à une ligne d'abonné arrivant au multiple. Les lignes d'arrivée aboutissent donc à un jack individuel muni d'annonceur, sur des tables munies de jacks généraux, et les opérateurs de ces tables desservent spécialement un certain nombre d'abonnés.

Deux différences fondamentales existent cependant entre les lignes d'arrivée et les lignes d'abonnés ordinaires.

La ligne d'arrivée n'a pas besoin d'être multipliée, car elle ne sert qu'à l'arrivée des communications; aucune des tables du même multiple n'est appelée à la prendre pour demander des communications à l'intérieur du bureau.

En second lieu, la ligne d'arrivée est une ligne qui sert à un écoulement permanent de communications. Alors donc qu'un opérateur peut suffire à satisfaire aisément aux demandes de 100 abonnés, par exemple, il suffit avec peine à desservir spécialement 16 lignes d'arrivée.

Les lignes d'arrivée sont, dès lors, groupées sur des tables spéciales, dites *tables d'arrivée*, entièrement analogues aux tables d'abonnés, mais ne sont pas multipliées sur les autres groupes; de plus, au lieu de desservir spécialement le même nombre de lignes que sur les groupes d'abonnés, l'opérateur d'arrivée n'en dessert qu'un nombre restreint, 16 au maximum.

Le nombre des tables d'arrivée est naturellement déterminé par le nombre des lignes d'arrivée pénétrant dans le bureau.

Examen du système. — Il résulte de ce qui précède que l'existence des lignes auxiliaires entraîne dans un multiple :

1° L'adjonction sur les tables d'abonnés d'un certain nombre de jacks de départ, munis au besoin de signaux visibles (on désigne quelquefois pour cette raison les groupes d'abonnés sous le nom de groupes de départ) ;

2° L'adjonction de tables d'arrivée munies de jacks généraux, chacun des groupes composant ces tables desservant au plus 16 lignes.

L'introduction des jacks de départ est peu coûteuse : en revanche, l'introduction des lignes d'arrivée nécessite un prolongement du multiplage des jacks généraux et est extrêmement onéreuse.

Le nombre des groupes de lignes d'arrivée, pour effectuer un service rapide, atteint aisément 57 0/0 du nombre total des abonnés desservis, soit un accroissement de moitié au minimum.

C'est ainsi qu'à Paris, par exemple, un multiple de 9000 abonnés comprend 90 groupes d'abonnés et 45 groupes d'arrivée. Un autre, placé dans un quartier excentrique, où par suite les communications extérieures au bureau sont très nombreuses, comprend 19 groupes d'abonnés et 12 groupes d'arrivée.

On conçoit donc que le système en question soit extrêmement défavorable au point de vue du prix de revient d'exploitation.

D'autre part, si l'on passe à l'examen des communications elles-mêmes, on arrive à une constatation de fait qui n'est pas moins décourageante.

En effet, dans un réseau à bureaux distincts, on constate que le nombre des communications n'ayant pas nécessité d'intercommunication atteint à peine 33 0/0 dans le bureau le plus central, 15 et même 7 0/0 dans les autres bureaux : de sorte que tout en accroissant considérablement les dépenses de premier établissement du fait du multiplage des lignes d'abonnés, on perd en réalité la presque totalité du bénéfice de ce multiplage.

On s'est demandé par suite s'il n'y avait pas lieu de revenir

à d'autres procédés et s'il ne conviendrait pas, par exemple, renonçant au multiplage, d'admettre en principe que toute communication quelle qu'elle soit exigera l'intervention de deux opérateurs, quelquefois même trois. C'est précisément l'objet des solutions suivantes.

§ 3. — Multiples diviseurs

Principe. — Le principe général des multiples diviseurs est le suivant :

Toutes les lignes arrivent sur un premier meuble où s'opère en quelque sorte l'aiguillage des communications; puis à un second meuble où s'opèrent les prises de communication.

Les deux meubles sont d'ailleurs reliés entre eux à l'intérieur du bureau par un nombre convenable de lignes de service.

Du fait que l'un des meubles sert à aiguiller uniquement les communications et que, par suite, la ligne du demandeur est orientée par une ligne d'intercommunication sur la portion du second meuble où se trouve le jack de l'abonné demandé, résulte nécessairement que l'un au moins des deux meubles n'est pas *multiplé*. On peut même concevoir que ni l'un ni l'autre ne le soit (Hess et Raverot).

Le mécanisme de l'opération de mise en communication devient alors le suivant :

L'abonné demandeur sonne : son appel est reçu sur le meuble aiguilleur. L'opérateur de ce meuble reçoit le numéro de l'abonné demandé et relie la ligne à une ligne de service aboutissant au second meuble dans la portion où figure le jack de l'abonné demandé. Le second opérateur placé devant cette section achève la liaison.

Pour que la double manœuvre nécessaire à toute mise en communication puisse se faire rapidement, il est évident qu'il y a intérêt à créer entre les mouvements des deux opérateurs une liaison analogue à celle qui est réalisée par exemple entre

l'opérateur du service interurbain et l'opérateur de l'intermédiaire. L'un des deux opérateurs doit être autant que possible l'exécuter des ordres de l'autre et les mouvements de chaque fiche doivent pouvoir se contrôler automatiquement à chaque extrémité d'un même conducteur d'intercommunication. C'est ce qui a lieu dans tous les systèmes de ce genre.

Les détails d'exécution diffèrent toutefois suivant les cas. A priori on ne voit pas, en effet, qu'il y ait intérêt au point de vue technique à laisser la direction des opérations à un opérateur plutôt qu'à l'autre. Suivant que l'un ou l'autre a cette direction ou que l'on divise le travail entre les deux, on doit seulement agencer différemment la correspondance des signaux.

Très connus en Amérique sous le nom de *Transfer System* (Système Sabin et Hampton, Western Téléphone C^o, Cook-Beach, etc...), ce mode d'exploitation semble gagner en Europe une faveur marquée. La pratique seule permettra d'en apprécier les avantages et les inconvénients.

F. — DÉTAILS PRATIQUES SUR LES BATTERIES DESSERVANT LES MULTIPLES

Nous avons terminé ici l'examen des installations téléphoniques. Il paraît utile cependant de compléter les indications précédentes en fournissant quelques détails pratiques sur le mode de calcul des batteries d'accumulateurs desservant les appareils multiples. Il arrive en effet que l'on manque souvent des données pratiques nécessaires pour établir des prévisions correctes.

Nous distinguerons dans cette étude deux parties distinctes :

- 1° Le calcul des batteries;
- 2° Le calcul de diamètres à choisir pour les conducteurs d'utilisation.

Nous compléterons enfin ces indications par des remarques d'un ordre plus général.

§ 1. — Calcul des batteries

Nous avons vu qu'un multiple exige nécessairement :

- 1° Des batteries de microphone;
- 2° Une batterie d'appel;
- 3° Une batterie de relèvement.

Batterie microphonique. — Un élément d'accumulateur de 150 ampères-heures suffit pour alimenter 10 groupes pendant sept jours.

Batterie d'appel. — Pour les appels, il est nécessaire de recourir à une batterie à voltage élevé mais le débit de celle-ci peut être faible. Le voltage choisi généralement est de 30 volts.

La consommation de la batterie d'appel est d'environ 0,5 ampère-heure par opérateur et par jour.

Les éléments d'accumulateurs les plus petits ayant environ 25 ampères-heures, on recourra de préférence à ce type. Connaissant le chiffre de consommation qui précède, il est aisé de connaître la durée d'utilisation d'une batterie ainsi constituée et par suite les dates à choisir pour la charge.

Batterie de relèvement. — Le calcul de la batterie de relèvement est un peu plus compliqué que le précédent. Le voltage est une donnée de construction : reste donc à déterminer la capacité.

Nous examinerons seulement le cas où il s'agit d'un bureau unique.

Soient K le nombre moyen des conversations par abonné et par jour;

n , le nombre des tables du multiple;

N , le nombre des abonnés desservis par chaque table.

Désignons par x la quantité d'énergie dépensée en moyenne pendant une communication pour bloquer un annonceur et exprimée en ampères-heures.

Chaque communication entraîne comme conséquence le blocage de deux annonceurs (un pour chaque abonné en communication). La quantité d'énergie dépensée correspondante sera par suite $2z$.

Le nombre total des communications par jour étant KNn , il en résulte que la capacité de la batterie de relèvement devra être de $2zKNn$ ampères-heures.

Dans cette expression, on connaît N , n et K (ce dernier est un coefficient d'exploitation). Reste à connaître z .

La valeur z est donnée généralement par les constructeurs et varie peu avec les types; mais, si l'on s'en tenait à cette valeur, on risquerait de s'exposer à de graves mécomptes. On ne doit pas oublier, en effet, que tous les électros de relèvement fonctionnant simultanément — et leur nombre peut être élevé — sont branchés en dérivation sur une batterie unique. D'autre part, l'isolement des conducteurs sur le multiple est nécessairement très imparfait. Il en résulte des pertes considérables et une consommation réelle tout à fait hors de proportion avec la consommation théorique. En pratique, on aura toute sécurité en donnant à z la valeur 0,012, quel que soit le type d'annonceur.

Ayant ainsi calculé la capacité de la batterie, il importe encore de vérifier si, au cas où un nombre anormal de conversations se produiraient simultanément, la batterie calculée serait susceptible de faire face sans danger au débit anormal correspondant.

Pour faire cette vérification, on calculera l'intensité i maxima susceptible théoriquement de traverser chaque électro de relèvement.

Si E est le voltage de la batterie, r la résistance de l'électro de relèvement, cette intensité est donnée par la relation :

$$i = \frac{E}{r}$$

Soit C le nombre total des cordons sur chaque table. Le

cas le plus défavorable est évidemment celui où tous les cordons seraient employés simultanément.

L'intensité maxima que la batterie sera par suite exposée à fournir dans ces cas accidentels sera :

$$I = nCi;$$

c'est précisément cette intensité I que la batterie doit être en état de fournir momentanément sans danger.

Remarque. — Dans le cas particulier où il y aurait plusieurs bureaux desservis par des multiples dans la même ville, le calcul de la capacité de la batterie doit être légèrement modifié.

On remarquera, en effet, que pour toutes les communications empruntant deux bureaux il n'y a plus qu'un seul annonceur, et non pas deux, bloqué sur chaque multiple. Si K_1 et K_2 sont les nombres moyens journaliers des communications par abonné intérieures et extérieures au bureau, la relation donnant la capacité de la batterie devient dès lors :

$$\text{Capacité} = Na (2K_1z + K_2z).$$

Batterie de signaux visibles. — Nous avons vu plus haut que, dans certains cas spéciaux, on munissait les lignes d'intercommunication de signaux visibles destinés à prévenir automatiquement l'opérateur que ces lignes sont occupées ou non et en nombre égal à celui des jacks généraux branchés sur ces lignes.

Le calcul d'une batterie de signaux visibles s'effectue dans les mêmes conditions que le précédent, mais il est bien entendu :

1° Qu'on doit compter autant de signaux fonctionnant simultanément sur une même ligne d'intercommunication qu'il y a de jacks multipliés sur cette ligne;

2° Que le coefficient K' doit être différent du coefficient K des lignes d'abonnés, puisque les lignes d'intercommunication travaillent à peu près constamment (à Paris, ce nombre varie suivant les bureaux de 40 à 100).

§ 2. — Calcul des conducteurs

Il est nécessaire de relier le multiple aux batteries par des conducteurs spéciaux souvent assez longs. Les diamètres de ceux-ci doivent être calculés.

Conducteurs reliés à la batterie microphonique. — On a vu que chaque circuit microphonique devait être relié *individuellement* à l'accumulateur commun servant à plusieurs circuits.

Cette liaison est faite utilement en France avec du câble paraffiné à deux conducteurs sous gutta. L'ensemble des deux conducteurs est relié en quantité; le diamètre de chacun est de 1 millimètre.

Conducteurs reliés à la batterie d'appel. — Le conducteur commun aux circuits d'appel doit avoir une résistance telle que, si l'on appelle simultanément sur des circuits courts et un circuit long, l'intensité de circulation sur ce dernier circuit conserve néanmoins la valeur minima de 25 milliam-pères.

Pour établir la relation algébrique permettant de déterminer cette résistance, il faut d'abord connaître ce que l'on doit entendre par circuit court, par circuit long et enfin le nombre maximum d'appels simultanés.

Nous appellerons circuit court un circuit dont la ligne extérieure sera supposée avoir une résistance nulle. La résistance de ce circuit se réduit alors à celle de la sonnerie de l'abonné (200 ohms) plus celle des câbles allant de l'entrée du poste à la sonnerie d'une part et de l'entrée du central à la clé d'appel d'autre part (10 ohms en général).

Nous entendrons par circuit long un circuit dont la ligne extérieure à une résistance de 600 ohms (soit 810 au total avec la sonnerie et les connections).

Il est également facile de calculer le nombre maximum

d'appels simultanés émanant d'un multiple. Chaque opérateur, en effet, ne peut produire simultanément que deux appels. Si donc n est le nombre des groupes, on aura au maximum $2n$ appels simultanés (2 par groupe) dans l'ensemble du multiple.

Rappelons, enfin, que les chiffres donnés pour la résistance d'un circuit long et d'un circuit court ne comprennent pas les résistances additionnelles placées sur les cordons.

Ces résistances (en général 10 ohms par cordon) sont placées immédiatement entre la prise générale de batterie et la prise du cordon (fig. 164).

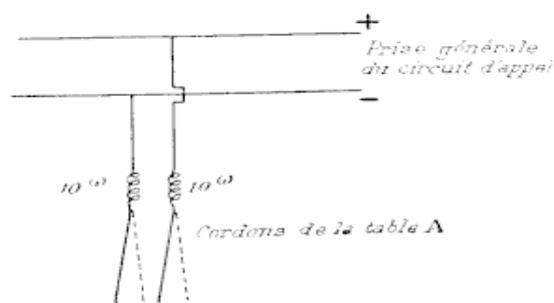


FIG. 164.

Il y aura donc lieu dans les calculs qui vont suivre d'en tenir compte. C'est ainsi qu'en supposant qu'à la table A les deux sonneries s'effectuent sur des circuits courts, la résistance totale de la dérivation ainsi constituée serait de :

$$20 + \frac{210}{2} = 125.$$

Ceci posé, la marche du calcul est la suivante :

Soient : E la force électromotrice de la batterie d'appel ;

I , l'intensité totale circulant dans le conducteur commun reliant la batterie au multiple ;

i_0 , l'intensité circulant dans chacune des $n - 1$ dérivation où se font des appels sur deux circuits courts simultanément ;

i_n , l'intensité du courant circulant sur la branche courte de la dérivation prise à la $n^{\text{ème}}$ table ;

$i_c = 0,025$, l'intensité du courant circulant sur la branche longue de la dérivation prise à la même table ;

R , la résistance combinée de toutes les dérivations prises aux n tables ;

x , la résistance cherchée des conducteurs reliés à la batterie.

On a les relations :

$$I = \frac{E}{x + R},$$

$$I = \Sigma i_a + i_b + i_c,$$

ou encore :

$$(1) \quad \frac{E}{x + R} = \Sigma i_a + i_b + i_c.$$

On calcule, d'autre part, i_b et i_c en fonction de i_c qui est connu et des résistances également connues des dérivations, et l'on tire de (1) la valeur de x .

Connaissant cette résistance totale des barres d'adduction qui sont naturellement en cuivre, il suffit dès lors de mesurer la longueur de ces barres pour en déduire la section S . On devra, en outre, ces calculs terminés, vérifier si l'intensité de circulation S n'est pas dangereuse pour la sécurité. (Cette vérification se fait suivant les mêmes règles que dans les installations d'énergie ordinaires.)

Conducteurs reliés à la batterie de relèvement. — Le conducteur commun aux circuits de relèvement doit avoir une section telle que la différence de voltage aux bornes n des électros de relèvement soit exactement celle définie par le constructeur pour le fonctionnement de ces électros.

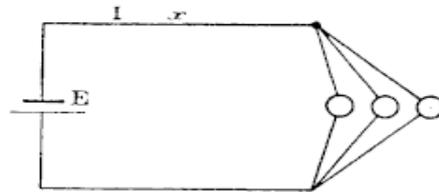


FIG. 465.

Soient encore x la résistance cherchée du conducteur commun (fig. 465).

I , l'intensité du courant circulant dans ce conducteur ;

E , la force électromotrice de la batterie de relèvement ;

e , la différence du potentiel aux bornes des électros (donnée par le constructeur);

r , la résistance d'un électro de relèvement;

nC , le nombre total des électros de relèvement susceptibles de fonctionner simultanément (n étant le nombre des tables, C le nombre des cordons par table).

On a les relations suivantes :

$$1 = \frac{E - e}{x}.$$

$$1 = \frac{E}{x + \frac{r}{nC}}.$$

d'où l'on tire :

$$\frac{E - e}{x} = \frac{E}{x + \frac{r}{nC}}.$$

relation qui permet de déterminer la valeur x et, par suite, la section cherchée, la longueur des conducteurs compris entre la batterie et les prises de dérivation étant connue.

Remarque. — Dans certains systèmes de multiple, la batterie de relèvement a un de ses pôles à la terre. Si L est la longueur du câble reliant l'autre pôle de la batterie au multiple, on supposera que le conducteur reliant le multiple à la terre aura même longueur que ce câble et la longueur totale entrant dans les calculs sera, par suite, $2L$.

Conducteurs reliés à la batterie de signaux visibles. —

Le calcul des conducteurs reliés à la batterie de signaux visibles s'effectue comme le précédent et ne donne lieu à aucune remarque particulière.

§ 3. — Remarques générales sur l'agencement des batteries

Batteries de rechange. — Toutes les batteries précédentes doivent être nécessairement doublées par des batteries de rechange mises en charge pendant que les autres se déchargent. Un pareil aménagement a pour avantage non seulement de permettre plus aisément la mise en charge, mais

d'assurer la continuité du service, même en cas d'accident dans l'une des batteries.

Quelquefois on ajoute à ce double groupe des batteries une batterie spéciale dite *batterie de réserve*; mais, si l'on remarque que le service téléphonique est à peu près suspendu pendant la nuit et que les charges s'effectuent en dix heures généralement, il semble qu'on puisse sans inconvénient aucun se dispenser de cette batterie supplémentaire.

Groupement des batteries. — L'emploi des batteries d'accumulateurs entraîne, comme conséquence, l'obligation de recourir à des commutateurs de charge et de décharge assez complexes.

Le voltage de la source d'énergie servant à la charge est en effet invariable et déterminé une fois pour toutes. Quelle que soit cette source, il y a intérêt à grouper en série, au moment de la charge, le nombre maximum d'éléments pouvant être chargés simultanément et à s'abstenir d'interposer des résistances sur le circuit de charge en vue de consommer l'excès d'énergie fournie.

Au moment de la décharge, au contraire, les éléments sont utilisés parfois séparément (éléments pour les microphones) parfois réunis par 2 ou 3.

Des commutateurs spéciaux placés sur le tableau de distribution doivent permettre de passer aisément d'un système de groupement à l'autre.

L'étude, à ce point de vue, du projet d'installation est toujours complexe. Il n'est pas possible de fournir ici des méthodes générales; chaque projet constitue en réalité un véritable cas d'espèce.

Espacement des charges. — Il est utile, si le multiple n'est pas entièrement équipé dès l'origine, de prévoir pour chaque groupe d'éléments des charges tellement espacées qu'en cas d'extension du multiple on puisse, en resserrant la date de ces charges, faire face à l'accroissement du service sans changer les batteries.

CHAPITRE V

MONTAGE DES BUREAUX TÉLÉGRAPHIQUES

Le montage des bureaux télégraphiques peut être considéré comme un cas particulier du montage des bureaux téléphoniques.

Nous avons vu que l'on emploie pour ce dernier des organismes d'un fonctionnement très régulier, peu encombrants et susceptibles de se prêter avec une extrême facilité aux multiples commutations qu'impose une exploitation intensive. Il semble donc qu'à quelques détails près et en se contentant de diminuer le nombre des éléments on puisse équiper au mieux un bureau télégraphique avec ce matériel.

Telle n'est pas, hélas ! la réalité. Cela tient non pas à des raisons théoriques, mais à ce fait que la télégraphie ayant précédé la téléphonie a conservé des pratiques anciennes et qu'en raison même de la simplicité des problèmes auxquels elle donnait lieu, il n'a pas été de nécessité absolue de profiter des perfectionnements réalisés.

Nous aurons à décrire ici une partie de ces montages anciens, puisqu'ils sont les seuls rencontrés dans les offices ; mais, pour être complet, nous devons aussi indiquer, tout au moins sommairement, quels seraient les montages rationnels qu'il est désirable de voir adopter désormais.

Exposé du problème. — Un poste central télégraphique comporte nécessairement les éléments suivants :

- 1° Une ou plusieurs lignes aboutissant au bureau ;
- 2° Un ou plusieurs appareils télégraphiques divers, le nombre de ces appareils ne correspondant pas au nombre des lignes arrivant au bureau, mais au nombre maximum du personnel *présent au bureau* ;
- 3° Les piles nécessaires pour permettre le fonctionnement de ces appareils.

En outre, et en dehors de la transmission proprement dite, le poste central est chargé de relier au moment convenable les lignes aux appareils suivant les besoins du trafic. Donc, comme dans un bureau téléphonique, ce poste devra comprendre deux commutateurs généraux, l'un servant aux permutations lentes, l'autre servant aux permutations rapides.

Il résulte de cet exposé que la principale différence existant entre un poste téléphonique et un poste télégraphique est la suivante :

Dans le premier, l'appareil relié — un poste d'opérateur — est toujours de même nature : il fonctionne de plus avec la même pile, quelle que soit la longueur de la ligne. Dans le second, au contraire, les appareils varient : ce sont tantôt un Morse, tantôt un Hughes, etc. Ces appareils ne fonctionnant correctement qu'avec une intensité de courant déterminée, on doit donc établir les commutateurs de telle sorte qu'en mettant un appareil sur une ligne déterminée on modifie du même coup l'installation de manière à maintenir constante cette intensité.

Comme dans l'étude des postes téléphoniques, nous étudierons en premier lieu l'arrivée des fils, puis le montage d'un appareil isolé — ou, ce qui revient au même, des unités qui se trouvent normalement agglomérées dans le bureau, — nous étudierons ensuite le montage des piles correspondant à ces unités ; nous terminerons enfin par l'étude des répartiteurs et des commutateurs, c'est-à-dire des organes servant à relier entre elles ces unités diverses, piles, appareils et lignes.

A. — ARRIVÉE DES FILS

Entrée des fils. — L'arrivée des fils dans le bureau est entièrement semblable à celle des fils téléphoniques. Si l'artère qui les amène est aérienne, elle aboutit généralement à un potelet en façade et non à une tourelle. On raccorde des câbles sous plomb aux conducteurs, en avant de l'isolateur, de la manière qui a été décrite déjà (*fig.* 386).

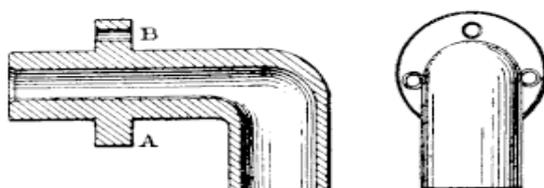


FIG. 466.

Il n'y a pas d'inconvénient à grouper les différents conducteurs dans un même câble à plusieurs conducteurs, comme on le fait en téléphonie.

Actuellement, dans la plupart des installations télégraphiques, l'entrée n'est pas faite d'après cette méthode. Il y a lieu de regretter ce manque d'uniformité dans le montage.

Le dispositif en usage en France est ainsi le suivant :

Les conducteurs sont arrêtés sur un petit isolateur à double cloche sans oreille porté par une boîte en bois disposée sur la façade parallèlement au potelet. Les fils recouverts qui viennent du bureau aboutissent dans cette boîte et en sortent par une série de tubes en porcelaine (*fig.* 466). On entoure le conducteur d'un manchon de caoutchouc dans la partie horizontale du tube. Un collier de caoutchouc est également interposé entre la paroi et le collier AB. Malgré ces précautions, l'humidité pénètre souvent dans la boîte. Le dispositif dans son ensemble est encombrant et peu efficace.

Lorsque les conducteurs pénètrent par une artère souter-

raîne, les câbles qui les amènent sont prolongés simplement jusqu'aux têtes de câbles dont est muni le répartiteur. Leur raccordement à ces têtes se fait comme il a été dit pour les circuits téléphoniques similaires.

B. — MONTAGE D'UN APPAREIL ISOLÉ

Les appareils entrant dans la composition d'un bureau télégraphique sont, soit des appareils téléphoniques, soit des appareils Morse, soit des appareils Hughes et exceptionnellement des appareils multiples. Nous ne nous occuperons ici que des trois premières catégories, les seules rencontrées dans la pratique courante.

Poste téléphonique. — Le montage d'un poste téléphonique placé dans un bureau télégraphique ne doit évidemment différer en rien de celui d'un poste téléphonique ordinaire. Cette vérité semble avoir été perdue de vue par certains offices.

Aussi ne saurait-on trop réagir contre cette manière de particularisme qui multiplie sans avantage les types de matériel et les règles de service.

Poste Morse ordinaire. — Nous avons vu dans l'étude du poste Morse quel était le montage théorique de cet appareil. La réalité n'en diffère que par l'adjonction d'un certain nombre d'accessoires.

Il est d'usage en effet de placer en avant de l'appareil deux paratonnerres et un galvanoscope. Un commutateur permet en outre de placer la ligne sur sonnerie lorsque l'appareil est au repos (*fig.* 467).

En général, dans les installations françaises, les paratonnerres sont encore l'un P du type Bertsch, l'autre P₁ du type à fil fusible.

Avec l'emploi des nouveaux types de paratonnerre, la terre

ne doit être prise qu'à la sortie de ce paratonnerre. L'installa-

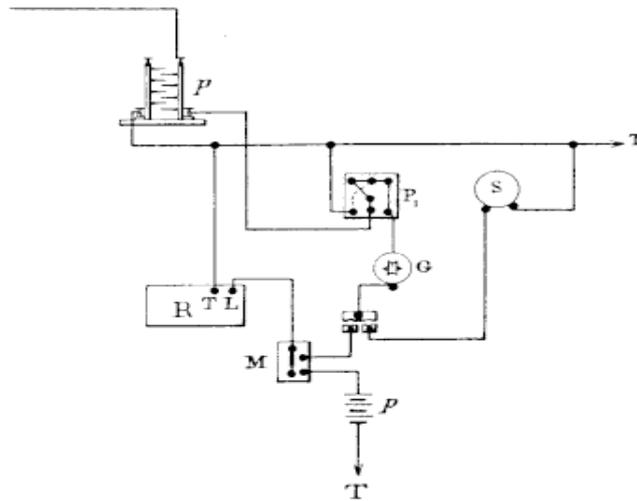


FIG. 467.

tion est alors légèrement modifiée et devient celle de la figure 468.

Le galvanoscope universellement employé est inutile. Nous

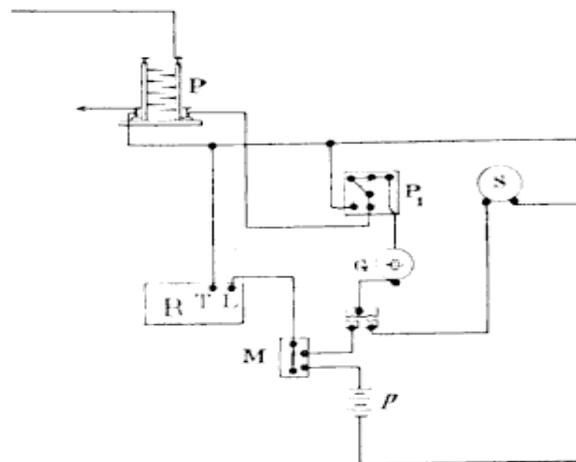


FIG. 468.

avons dit déjà que les indications de cet appareil sont insuffisantes pour permettre des mesures et il est beaucoup plus ra-

tionnel de recourir à un appareil de mesure ordinaire que l'on porte sur les divers postes quand il y a lieu, comme on le montrera plus loin.

La sonnerie peut être remplacée par un récepteur quelconque à signal visible ou sonore, par exemple un annonciateur. Il ne semble pas utile, en particulier, d'employer à cet effet un modèle spécial de sonnerie; les sonneries en usage dans le service téléphonique remplissent parfaitement le but cherché.

Le commutateur à deux directions est le plus souvent un commutateur bavarois. Il paraîtrait préférable d'employer un commutateur à fiche.

En France, la pile est composée d'éléments Leclanché petit modèle et est enfermée dans une boîte. Lorsqu'il s'agit de postes isolés ou desservis par un personnel peu au courant (ce qui est le cas des postes municipaux), il y a intérêt soit à recourir à des dispositions permettant de reporter la pile au bureau principal correspondant (emploi du courant continu), soit à employer des batteries n'exigeant aucun entretien, — telles que les piles sèches.

L'ensemble est monté sur une table ayant en général 1 mètre de longueur sur 0^m,70 de largeur. Les connexions y sont fréquemment en évidence et faites avec des conducteurs sous coton et sous gutta; mais il y a avantage à renoncer à cette méthode et à établir les connexions en dessous de la table. On pourrait, en outre, recourir sans inconvénient pour ces connexions à des paraffinés sous gutta, la pratique téléphonique ayant montré l'excellence de ces dispositions.

Remarque. — 1° On peut sans aucune difficulté faire aboutir à un même appareil deux ou plusieurs lignes; il suffit de faire aboutir chacune de ces lignes à un commutateur distinct C_1 , C_2 , etc..., à trois directions, l'une étant reliée à la ligne, les deux autres, d'une part au manipulateur de l'appareil, d'autre part, à un récepteur sonore ou visible spécial.

La figure 469 montre ainsi l'agencement d'un poste Morse desservant deux lignes.

Comme dans le cas précédent il est préférable de remplacer

les commutateurs C_1 , C_2 , etc., par des commutateurs à fiche. Nous verrons plus loin que cette solution est celle qui tend actuellement à être partout adoptée. Le dispositif précédent n'est donc mentionné qu'à titre de mémoire.

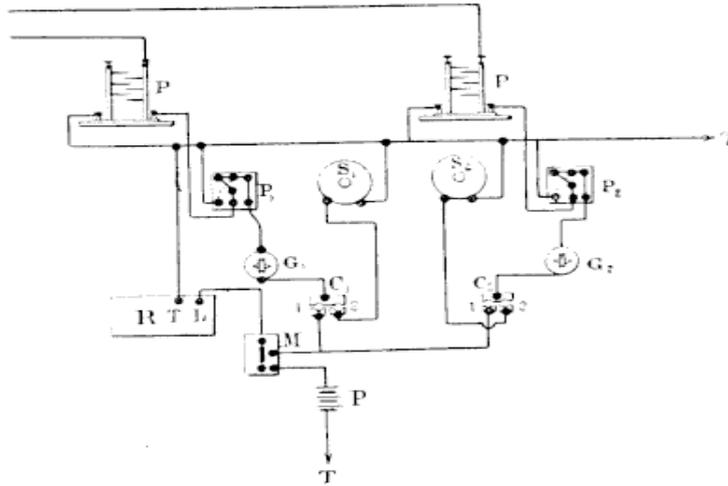


Fig. 469.

2° Il est d'usage fréquent d'installer non pas un, mais deux récepteurs sonores sur la ligne : le premier dans le bureau, l'autre spécialement destiné au service de nuit. Il suffit dans ce cas soit de prendre au lieu des commutateurs C à trois bornes, des commutateurs à quatre bornes, soit plus généralement d'interposer un commutateur spécial à deux directions en avant du récepteur S . Ce commutateur oriente le courant soit sur la sonnerie S , soit sur la sonnerie S_1 supplémentaire.

Poste Morse muni de rappel. — Nous avons vu que l'usage des postes en dérivation était très général en France, et que cet usage entraînait, pour différencier les appels, la substitution au récepteur sonore ordinaire d'un rappel par inversion commandant un circuit local dans lequel se trouve ce récepteur sonore. Il y a lieu d'ajouter, dans certains cas, une résistance additionnelle à l'entrée du poste de manière à donner

une résistance égale aux deux dérivations prises sur le tronçon principal.

On a combiné dans l'administration française un meuble comportant cet ensemble monté d'avance et connu sous le nom de *boîte municipale* (fig. 470). Il comprend, en dehors des

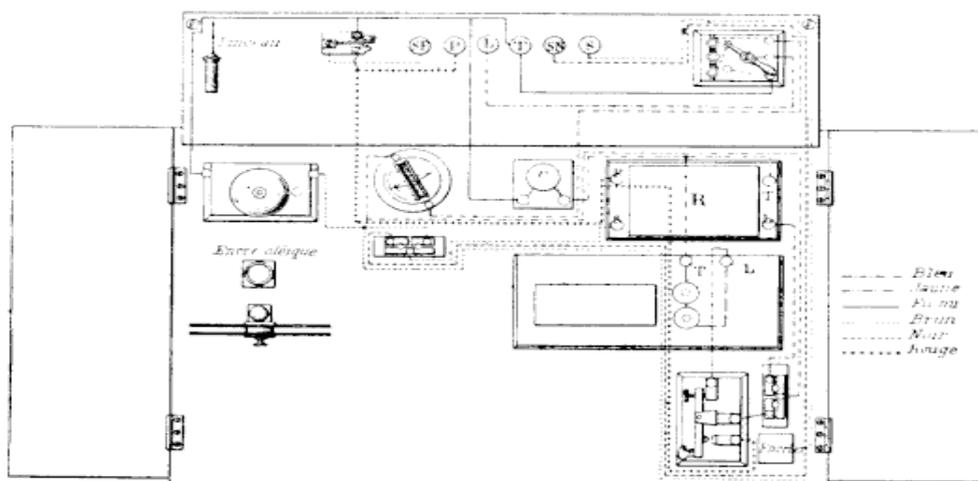


FIG. 470.

organes énumérés ci-dessus, un bouton spécial commandant la sonnerie du porteur et permettant d'appeler celui-ci quand il en est besoin.

Poste Morse avec translation. — L'installation d'un relais ne diffère pas de celle d'un appareil Morse ordinaire.

Il arrive assez fréquemment que deux lignes arrivant dans un même poste soient normalement reliées dans celui-ci par un relai, mais que l'on désire laisser la faculté de couper la communication et de transmettre sur l'une ou l'autre des deux lignes.

L'installation comporte alors en dehors de la boîte un certain nombre d'organes supplémentaires. Ils sont groupés comme l'indique la figure 471.

Lorsque le commutateur M_1 est incliné à droite (position marquée sur la figure) les lignes sont en direct à travers le

relais. Lorsqu'il est incliné à gauche, suivant qu'on a placé des chevilles en 1 et 2 ou en 3 et 4 au commutateur M_3 , l'une des lignes aboutit à la boîte poste, l'autre à un rappel ou inversement.

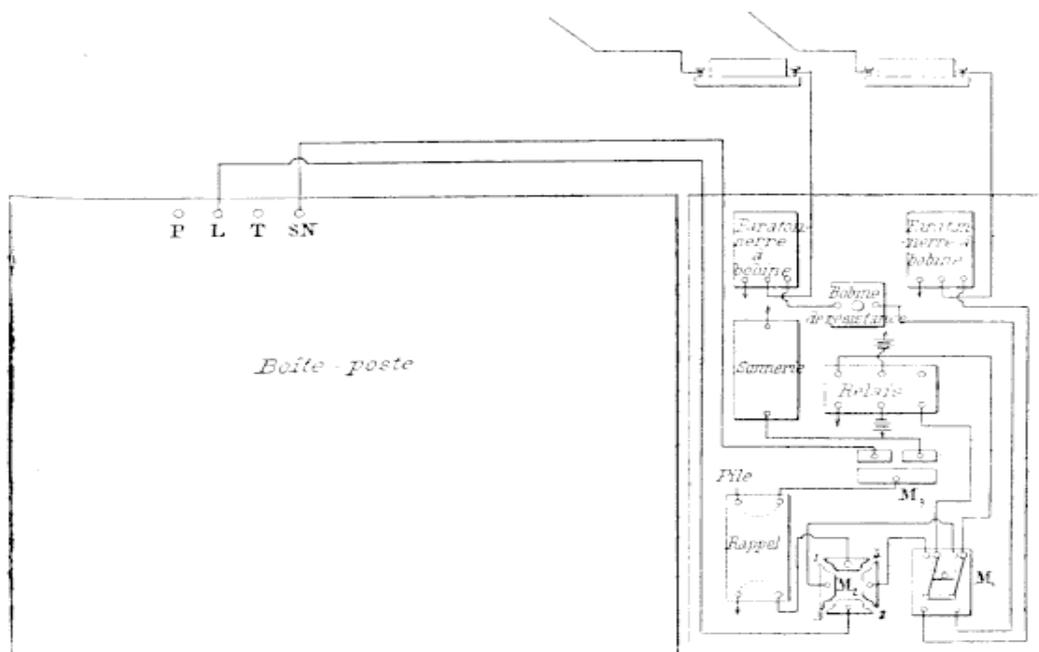


FIG. 471.

Le commutateur M_3 permet d'orienter le courant local du rappel sur la sonnerie ordinaire ou la sonnerie de nuit.

On doit remarquer que cette installation est compliquée et expose à de fausses manœuvres. Il suffit de rapprocher ce cas particulier du cas tout à fait semblable des lignes téléphoniques embrochées pour se rendre compte des différences de méthodes. Nous verrons dans l'étude des groupements d'appareils des postes centraux télégraphiques comment on peut aménager les commutateurs de manière à réaliser les mêmes combinaisons beaucoup plus simplement.

Poste Hughes. — Le montage d'un poste Hughes ne diffère pas en principe de celui d'un appareil Morse.

La ligne aboutissant à un appareil Hughes traverse tout d'abord deux paratonnerres, puis un galvanoscope, enfin un commutateur à trois bornes permettant d'orienter à volonté le courant soit sur l'appareil lui-même, soit sur un récepteur visible ou sonore, généralement une sonnerie ou un parleur.

L'ensemble de ces organes accessoires n'est pas monté sur l'appareil Hughes, mais sur une planchette placée à l'arrière de cet appareil.

L'installation électrique doit en outre être complétée par l'adjonction d'une table spéciale dite *table de collage* et éventuellement d'un *caisson*.

a) Table de collage

La table de collage est une table placée à la gauche de l'appareil; elle a sensiblement les mêmes dimensions que la table du Hughes proprement dit ($0^m,85$ sur $0^m,55$). Elle supporte d'une part le rouet où s'enroule la bande à la sortie de l'appareil, d'autre part le colleur.

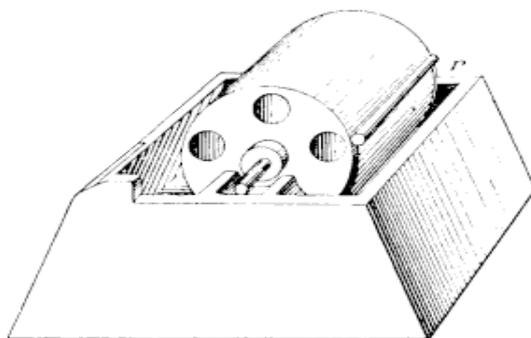


FIG. 472.

Le colleur est un cylindre tournant librement autour de son axe (*fig. 472*) et plongeant à demi dans de la colle fluide obtenue en dissolvant de la dextrine dans l'eau. Un ressort *r* maintenu à une certaine distance du cylindre empêche celui-ci de se charger d'un excès de colle.

L'opérateur passe la portion de bande qu'il a découpée sur la partie supérieure du cylindre; cette bande, en glissant, s'im-

prègne de colle et oblige en même temps le cylindre colleur à tourner sur son axe d'une certaine quantité.

Ce procédé de collage permet difficilement d'opérer avec propreté lorsque le travail est rapide et c'est la raison principale nécessitant pour l'opérateur l'établissement d'une table spéciale.

Pour remédier à ce grave inconvénient, on a préconisé dans certains pays l'emploi de bandes en papier gommé à l'avance qu'il suffit d'humecter à l'eau pure au moment du collage. Très séduisant à première vue, ce procédé offre deux graves défauts. En magasin, sous l'action de l'humidité de l'air, la bande se colle et ne peut plus se dérouler. En outre, au moment du déroulement, la bande subit, sous l'action des variations de température, des gondolements latéraux et se prête difficilement à une impression correcte.

b) Caisson

Le caisson est une sorte de cloison creuse à laquelle on adosse la table du Hughes et la table de collage. Cette cloison, en bois, et ayant un épaisseur d'environ 0^m,30, est remplie de sable auquel on mélange un peu de sulfate de cuivre pulvérisé. Le sable est destiné à absorber les vibrations violentes dues au régulateur pendulaire. Le sulfate de cuivre sert à détourner du caisson les animaux qui seraient tentés d'y élire leur domicile.

Le but recherché étant d'absorber les vibrations dues au régulateur pendulaire, on conçoit que la substitution à ce régulateur d'un régulateur à force centrifuge bien construit a pour conséquence la suppression du caisson. Ce n'est pas un des moindres avantages du changement de régulateur.

Lorsqu'il est fait usage du caisson, on a l'habitude de faire servir un même caisson à deux groupes d'appareils situés de part et d'autre du caisson.

Le caisson présente à cet effet sur chaque face des entailles

convenables permettant d'y engager les planchettes supportant le régulateur (*fig. 473*).

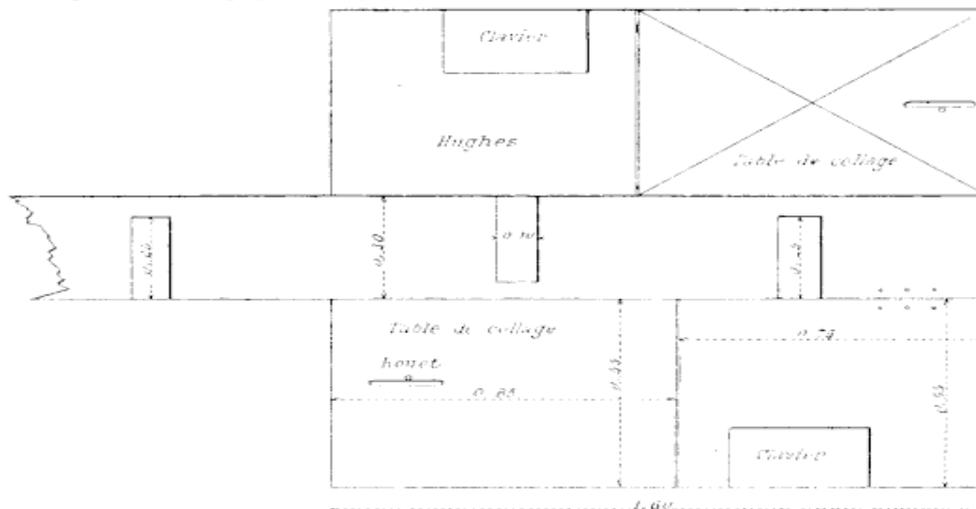


FIG. 473.

On profite également de la présence du caisson pour ménager à sa partie supérieure l'emplacement d'une cimaise servant à l'adduction des conducteurs (*fig. 474*).

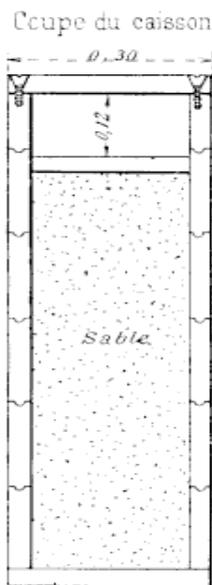


FIG. 474.

Quelquefois enfin les tables de collage sont supportées à l'aide d'équerres fixées directement sur le caisson.

Remarque. — Lorsqu'on se sert du courant emprunté à une source d'énergie électrique, soit pour le remontage du poids, soit pour la mise en mouvement continue, l'installation de la canalisation spéciale à ce courant nécessite les précautions en usage pour toute canalisation industrielle, notamment l'interposition de coupe-circuits fusibles en avant du moteur.

On doit en outre éviter de placer dans une même cimaise les conducteurs afférents à cette distribution et ceux affectés à la télécommunication proprement dite.

C. — GROUPEMENT DES PILES

Nombre des batteries nécessaires. — Théoriquement il doit exister autant de batteries distinctes qu'il y a de lignes à desservir. En effet, l'intensité correspondant au fonctionnement normal d'un récepteur télégraphique a une valeur bien déterminée. Étant donné un récepteur placé successivement à l'extrémité de lignes de longueurs et par suite de résistances diverses, il faudra donc, pour le faire fonctionner, faire usage dans chacun des cas de piles présentant des forces électromotrices différentes, c'est-à-dire changer de batterie.

Le nombre des lignes desservies par un bureau télégraphique étant souvent élevé, il résulterait de cette nécessité l'obligation d'y monter un nombre d'éléments considérable. On s'est efforcé de tourner cette difficulté en groupant ensemble les lignes de résistance à peu près équivalente et en les branchant sur une même batterie.

Pour qu'un tel procédé soit admissible, il importe que chaque ligne puisse être considérée constamment comme si elle était seule, ou encore que les variations de l'intensité sur chaque ligne, suivant que cette ligne travaille seule ou en même temps que les autres, soient insignifiantes.

Nous avons rencontré déjà le même problème à l'occasion de l'étude du montage des piles microphoniques. On peut prévoir que, dans ce cas comme dans celui déjà traité, la condition sera que la résistance intérieure de la pile soit très faible.

Soient en effet a, b, c, \dots , la résistance des diverses lignes branchées sur la pile (*fig. 475*);

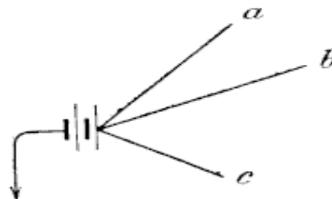


FIG. 475.

E, la force électromotrice de cette pile ;
 r , sa résistance intérieure ;
 R, la résistance de l'ensemble des circuits ;
 I, l'intensité du courant total qui traverse la pile quand tous les circuits travaillent.

On a les relations :

$$(1) \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{c} + \dots = \Sigma \frac{1}{a}$$

$$I = \frac{E}{R + r}.$$

Si A, B, sont les intensités des courants circulant sur chaque dérivation quand tous les postes travaillent, on a de plus les relations :

$$\frac{A}{I} = \frac{R}{a}$$

$$\frac{B}{I} = \frac{R}{b}$$

d'où l'on tire en tenant compte de (1) :

$$A = \frac{E}{a \left(1 + \frac{r}{R}\right)}$$

$$B = \frac{E}{b \left(1 + \frac{r}{R}\right)}.$$

Supposons, d'autre part, que la dérivation a travaille seule. L'intensité A' du courant circulant dans ce cas est donnée par la relation :

$$A' = \frac{E}{a + r} = \frac{E}{a \left(1 + \frac{r}{a}\right)}.$$

On trouverait de même :

$$B' = \frac{E}{b \left(1 + \frac{r}{b}\right)}.$$

Les rapports de ces diverses intensités $\frac{A}{A'}$ $\frac{B}{B'}$ sont donc les suivants :

$$\frac{1 + \frac{r}{a}}{1 + \frac{r}{R}} \quad \frac{1 + \frac{r}{b}}{1 + \frac{r}{R}}.$$

Pour qu'ils diffèrent peu de l'unité, il est nécessaire que r soit très faible; c'est précisément la condition que nous avons annoncée.

On désigne fréquemment sous le nom de coefficient d'affaiblissement, le rapport $\frac{A' - A}{A}$. Il représente le taux pour 100 de la variation du courant sur une dérivation, suivant que celle-ci travaille seule ou en même temps que toutes les autres. On admet dans la pratique que le service est suffisamment correct lorsque ce coefficient ne dépasse pas 20 0/0.

Principe du montage des batteries communes. — Il existe deux moyens d'établir des batteries à très faible résistance : le premier consiste, si l'on se sert d'éléments de pile ordinaires, à grouper un certain nombre d'éléments en surface.

Le second consiste à faire usage d'éléments de pile à résistance intérieure très faible (tels que certains éléments secs) ou encore d'accumulateurs.

L'une et l'autre de ces solutions sont employées; mais il est évident que la seconde a sur la première des avantages incontestables de simplicité et de commodité.

Nous verrons, après les avoir décrites, quelle est celle qu'il y a lieu de préconiser.

Montage avec des éléments ordinaires. — Supposons, tout d'abord, qu'on veuille grouper sur une même batterie p circuits ayant chacun une résistance identique r ou très voisine. Il est possible de calculer cette batterie de la manière suivante :

Soit A l'intensité du courant nécessaire pour faire fonctionner le récepteur sur l'une des p dérivations;

I , l'intensité totale du courant traversant la pile;

ε , la force électromotrice d'un élément;

ρ , la résistance intérieure de cet élément;

m , le nombre des éléments accouplés en surface;

n , le nombre des éléments accouplés en tension.

On a les relations :

$$A = \frac{1}{p}$$

$$I = \frac{n\varepsilon}{\frac{n\varepsilon}{m} + \frac{r}{p}}$$

D'où l'on tire :

$$(1) \quad pA = \frac{n\varepsilon}{\frac{n\varepsilon}{m} + \frac{r}{p}}$$

Pour déterminer m et n , il est nécessaire de s'imposer une seconde condition. Celle généralement adoptée est la suivante : au moment où tous les circuits travaillent, leur résistance devra être égale à la résistance intérieure de la pile :

$$(2) \quad \frac{r}{p} = \frac{n\varepsilon}{m}$$

On tire des relations (1) et (2) les valeurs cherchées de m et n :

$$\begin{cases} n = \frac{2Ar}{\varepsilon} \\ m = \frac{2Ap\varepsilon}{\varepsilon} \end{cases}$$

qui définissent les valeurs cherchées de m et de n .

Remarquons tout de suite que le mode de calcul précédent n'a rien d'absolu. Il repose sur une condition initiale que l'on se donne arbitrairement. L'essentiel est qu'en pratique il permette d'obtenir que le coefficient d'affaiblissement demeure inférieur à 20 0/0, et c'est ce qui arrive.

Ces préliminaires posés et en nous servant des principes précédents, on peut concevoir de deux manières l'agencement des batteries dans un bureau. Elles correspondent à deux montages connus l'un sous le nom d'*Universal battery system*, l'autre sous le nom de *montage en échelle d'Amsterdam*.

a) Universal battery system

En premier lieu, on peut classer les conducteurs d'un bureau en deux ou trois catégories (fils de grande, moyenne et petite longueur) et réunir ainsi en un même groupe ceux dont la résistance totale est du même ordre de grandeur.

Sur chaque conducteur, on ajoute une résistance additionnelle appropriée et telle que la résistance de celle-ci devienne égale à celle du conducteur le plus résistant de la même catégorie.

On installe ensuite autant de batteries distinctes qu'il y a de catégories, chacune d'elle étant calculée comme il a été vu plus haut et tous les fils d'une même catégorie étant branchés sur elle.

Ce système de montage très pratique est presque général en Angleterre.

On peut lui reprocher, comme à tous les systèmes de batteries communes, l'inconvénient de rendre l'ensemble du service solidaire d'un accident survenu à la batterie : c'est une question de surveillance et de bon entretien.

Le choix des résistances additionnelles au point de vue du prix de revient de l'installation est aussi à considérer. Il importe de ne pas faire usage de résistances douées de self-induction susceptibles de variations trop grandes avec le temps ou d'être aisément détériorées par l'électricité atmosphérique.

On peut indiquer comme répondant très bien au problème les résistances obtenues en mélangeant des oxydes métalliques au kaolin et qui sont actuellement d'un usage très répandu pour la cuisine électrique. Elles ont, de plus, l'avantage de pouvoir être fournies avec des valeurs très diverses sous un même volume, ce qui offre de grandes facilités pour le montage.

b) Montage en échelle d'Amsterdam

Le second mode général de montage connu sous le nom d'échelle d'Amsterdam permet de n'avoir plus qu'une batterie

unique, quels que soient le nombre et la résistance des conducteurs, et cela, sans résistances additionnelles.

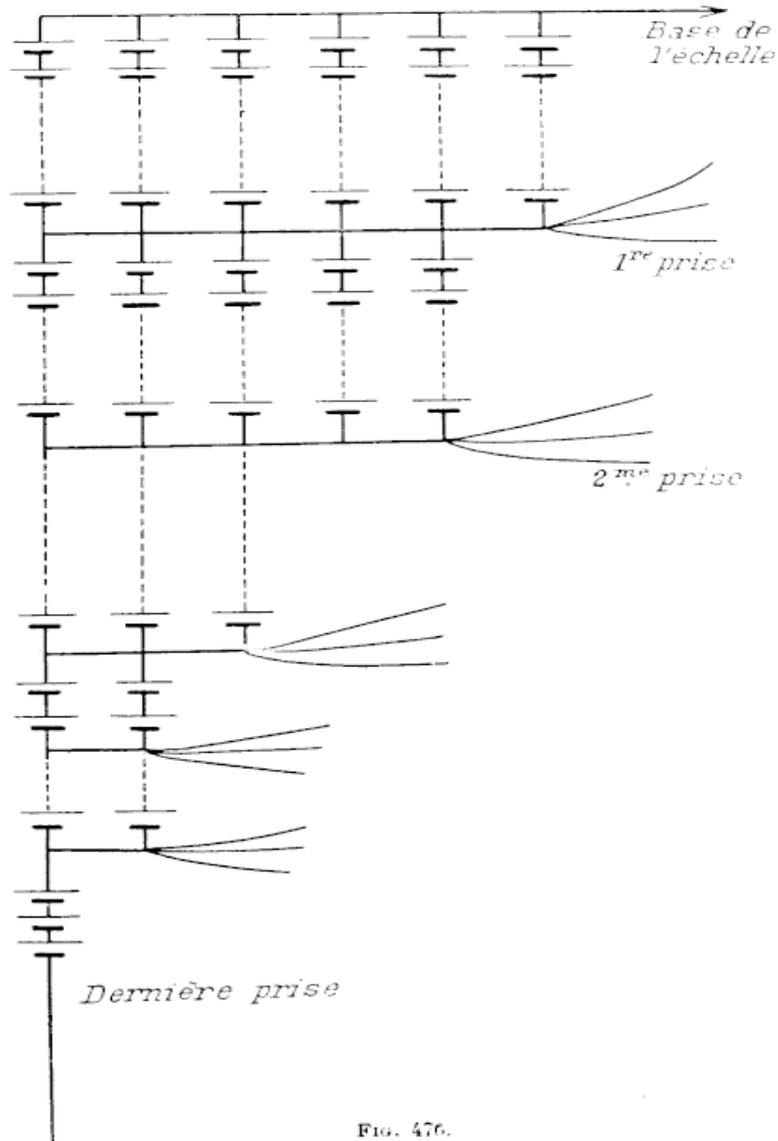


FIG. 476.

Le principe en est le suivant :

On groupe un certain nombre de séries formées d'éléments réunis en quantité, le nombre de ces derniers diminuant à

mesure qu'on s'éloigne de l'origine de la pile. Les lignes ayant été aussi préalablement groupées de manière à réunir ensemble celles de résistance très voisine, chacun de ces groupes de lignes est ensuite relié aux divers échelons de la pile ainsi montée, en tenant compte de la force électromotrice nécessaire au fonctionnement (*fig. 476*).

Le calcul d'une pile en échelle est assez compliqué : la marche en est la suivante :

On commence par répartir les lignes intéressées en un certain nombre de groupes ne comprenant que des lignes de résistance totale équivalente (*fig. 477*).

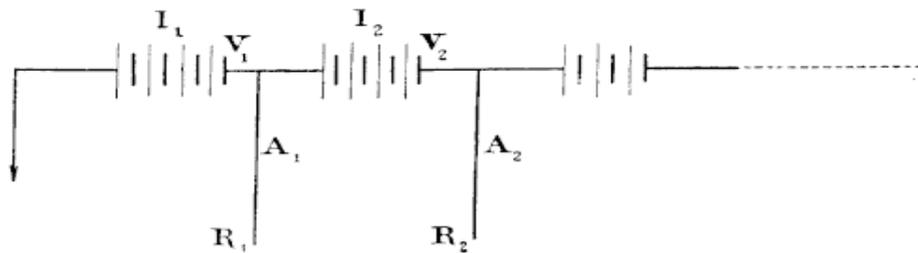


Fig. 477.

Si R' , R'' , ..., sont les résistances totales des lignes d'un même groupe, on calcule la résistance résultante R des dérivations formées par ce groupe. Cette résistance est donnée par la relation :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R'} + \frac{1}{R''} + \dots$$

et l'on poursuit le calcul comme si chaque dérivation ne comportait qu'une ligne unique de résistance R .

Soient R_1 , R_2 , ..., R_m , ces résistances calculées des différentes dérivations que doit desservir la pile; A_1 , A_2 , ..., A_m , les intensités totales minima du courant de départ sur chacune de ces dérivations (si i' , i'' , ... sont les intensités sur chacune des lignes du groupe A_1 , on aura :

$$A_1 = i' + i'' + \dots)$$

Soient encore V_1, V_2, \dots, V_m les potentiels des différents points de la pile auxquels on doit rattacher ces dérivations (ces potentiels $V_1 \dots$ se déduisent des données précédentes par les relations :

$$A_1 = \frac{V_1}{R_1}, \quad A_2 = \frac{V_2}{R_2} \dots)$$

Soient ε et ρ la force électromotrice et la résistance intérieure d'un élément, α le coefficient d'affaiblissement que l'on tolère.

Désignons enfin par I_1, I_2, \dots , les intensités totales du courant circulant dans chaque partie de la pile, intensités qui sont données par les relations suivantes :

$$\begin{aligned} I_1 &= A_1 + \dots + A_m \\ I_2 &= A_2 + \dots + A_m \\ I_k &= A_k + \dots + A_m \\ I_{m-1} &= A_{m-1} + A_m \\ I_m &= A_m \end{aligned}$$

On obtiendra, en premier lieu, les nombres n_1 des éléments en quantité et N_1 des éléments en tension qui doivent servir à constituer la base de l'échelle par les formules suivantes :

$$\begin{cases} n_1 = \frac{\rho}{\alpha \varepsilon} (I_1 - A_1) \\ N_1 = \frac{V_1}{\varepsilon - \frac{\rho}{n_1} I_1} \end{cases}$$

Le nombre n_1 des éléments en quantité à la base de la pile étant calculé — 6 par exemple — on s'impose de continuer la pile par une série d'échelons diminuant d'une unité — par exemple comprenant successivement 5, 4, 3, 2, 1, éléments en quantité. Il ne reste plus qu'à déterminer le nombre des éléments en série dans chacun de ces échelons.

On calculera pour cela les potentiels V_1, \dots, V_m nécessaires à chaque prise de dérivation. On les répartit par ordre de progression croissante, et on place sur un échelon de même surface ceux de valeurs analogues (*fig.* 478).

Chaque section sera ainsi divisée en un certain nombre de

fractions f_1, f_2, \dots , et le nombre d'éléments en série correspondant à ces fractions sera donné par la formule suivante :

$$N_k = \frac{V_k - V_{k-1}}{\varepsilon - \frac{\rho}{n_k} I_k}$$

V_k et V_{k-1} étant la différence des potentiels (calculée précédemment) aux extrémités de la fraction dans laquelle l'inten-

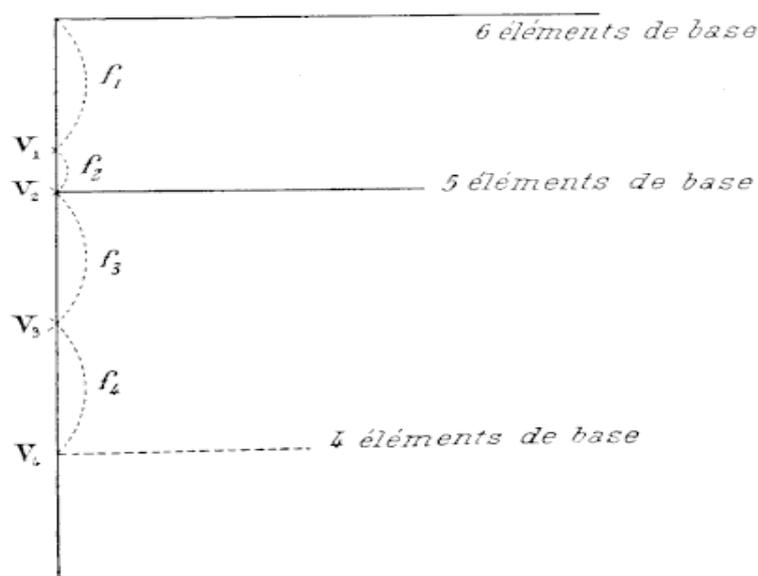


FIG. 478.

sité est I_k et n_k le nombre des éléments en surface de la section.

En pratique, et pour simplifier le montage de la batterie calculée, on ne conserve pas une prise pour chaque dérivation ; mais on divise la pile de 5 en 5 éléments et on fait aboutir les dérivations au point le plus rapproché du nombre d'éléments en série calculé.

Remarque. — Il va de soi que le montage en échelle prête plus encore que le précédent à la critique visant ce fait que l'exploitation est rendue solidaire du bon fonctionnement d'une batterie. De plus, il exige des soins particuliers au moment de son établissement.

Montage avec des éléments à faible résistance intérieure. — Le montage avec des éléments à faible résistance intérieure évite toutes les complications inhérentes aux systèmes précédents.

L'installation d'une batterie commune avec leur aide ne nécessite aucun calcul spécial. Il suffit que cette batterie ait une force électromotrice totale égale à la plus forte force électromotrice nécessaire et l'on branche les divers circuits sur les éléments correspondant à la force électromotrice qui leur est nécessaire.

Les éléments à faible résistance intérieure choisis peuvent être soit des éléments secs ou à agglomérés, soit des accumulateurs. Leur capacité doit être calculée de la manière suivante :

On connaît les intensités normales, I_1, I_2, \dots , nécessaires pour faire fonctionner chaque sorte de récepteur placé aux extrémités des diverses lignes.

On fait pour chacun des conducteurs le produit de cette intensité évaluée en ampères par la durée journalière normale du service sur le conducteur. La somme de ces produits divisée par 4 fournit la consommation journalière du bureau évaluée en ampères-heures.

On détermine ensuite chaque élément de telle sorte que la capacité utilisable permette d'effectuer ce service sans interruption pendant dix-huit mois, s'il s'agit d'éléments secs, huit jours s'il s'agit d'accumulateurs.

Le nombre des longues lignes pénétrant dans un bureau et nécessitant une force électromotrice élevée est toujours beaucoup plus faible que celui des lignes courtes ; ceci revient à dire que les premiers éléments (côté de la base) de la batterie commune sont exposés à fournir un débit normal beaucoup plus considérable que les derniers.

Si la batterie est constituée avec des éléments secs, on groupera donc des éléments de capacité différente, les premiers ayant une capacité plus considérable que les derniers.

S'il s'agit d'accumulateurs, les connections du tableau seront

telles qu'on puisse en cours de décharge inverser l'ordre de éléments et substituer pendant la deuxième partie de la décharge les éléments qui ont le moins travaillé à ceux qui ont le plus débité (*fig. 479*).

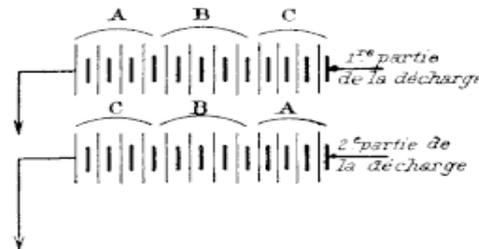


FIG. 479.

Comparaison entre les divers montages. — Des montages avec batterie commune qui viennent d'être indiqués, auquel donner la préférence ?

Celui avec les éléments ordinaires est coûteux en raison du grand nombre d'éléments ; il suppose un entretien minutieux et pas toujours exécuté.

Le montage avec accumulateurs est également très dispendieux. Il se prête mal à une bonne utilisation des éléments. On ne saurait oublier que la fonction propre d'un accumulateur est de fournir un débit considérable sous un faible voltage. Ce sont précisément les conditions inverses de celles qu'on doit réaliser dans la pratique télégraphique. Aussi peut-on dire que la majeure partie de l'énergie des batteries d'accumulateurs télégraphiques est consommée sous forme de pertes et que le rendement de l'installation est déplorable. Enfin la nécessité de modifier le groupement des éléments soit en vue de la charge ou de la décharge, soit pour déplacer leur ordre en cours de décharge fait que le tableau des accumulateurs dans une installation télégraphique est toujours très compliqué et accroît dans une mesure très sensible les dépenses d'installation.

La solution consistant à employer des éléments secs échappe à ces divers reproches. Elle devient particulièrement favorable lorsqu'on la combine avec un montage en batterie universelle.

Tous les éléments travaillent alors dans les mêmes conditions.

C'est donc à cette dernière combinaison qu'il semble convenable en dernière analyse de recourir le plus souvent.

Remarque. — 1° Dans un grand nombre de bureaux, il est nécessaire de pouvoir transmettre avec un sens de courant déterminé. Il en résulte la nécessité d'avoir au minimum deux batteries distinctes, l'une dite batterie positive, l'autre dite batterie négative.

En outre, si l'installation est faite avec des accumulateurs, il est nécessaire de doubler le nombre de ces batteries, c'est-à-dire de disposer de quatre batteries — une batterie positive par exemple devant être mise en charge pendant que la seconde batterie positive est en décharge. C'est encore une infériorité qui s'ajoute à celles déjà mentionnées pour ce type de montage.

Lorsqu'enfin le bureau est très important, il peut être utile de disposer d'une batterie supplémentaire de réserve servant en cas d'accident.

2° Qu'on emploie ou non un montage à batterie unique, il est essentiel de régler la composition des batteries alimentant un appareil de telle sorte qu'en cours de service l'intensité sur la ligne corresponde exactement à celle fixée normalement par la nature du récepteur.

Il n'est pas rare de voir augmenter indûment cette intensité alors qu'un simple réglage de l'appareil permettrait de l'éviter. C'est une pratique mauvaise qui a pour inconvénient de faire accroître inutilement la puissance des batteries sans aucun profit pour le rendement.

Installation des batteries. — La disposition des accumulateurs ou des éléments secs dans le local qui leur est affecté ne donne lieu à aucune mention spéciale. On suivra les règles habituelles applicables à ce genre d'installations.

Il n'en est pas de même lorsqu'il s'agit d'éléments ordinaires. Que l'on emploie l'Universal battery system ou le dispositif en échelle le nombre des éléments à installer dans ce cas est

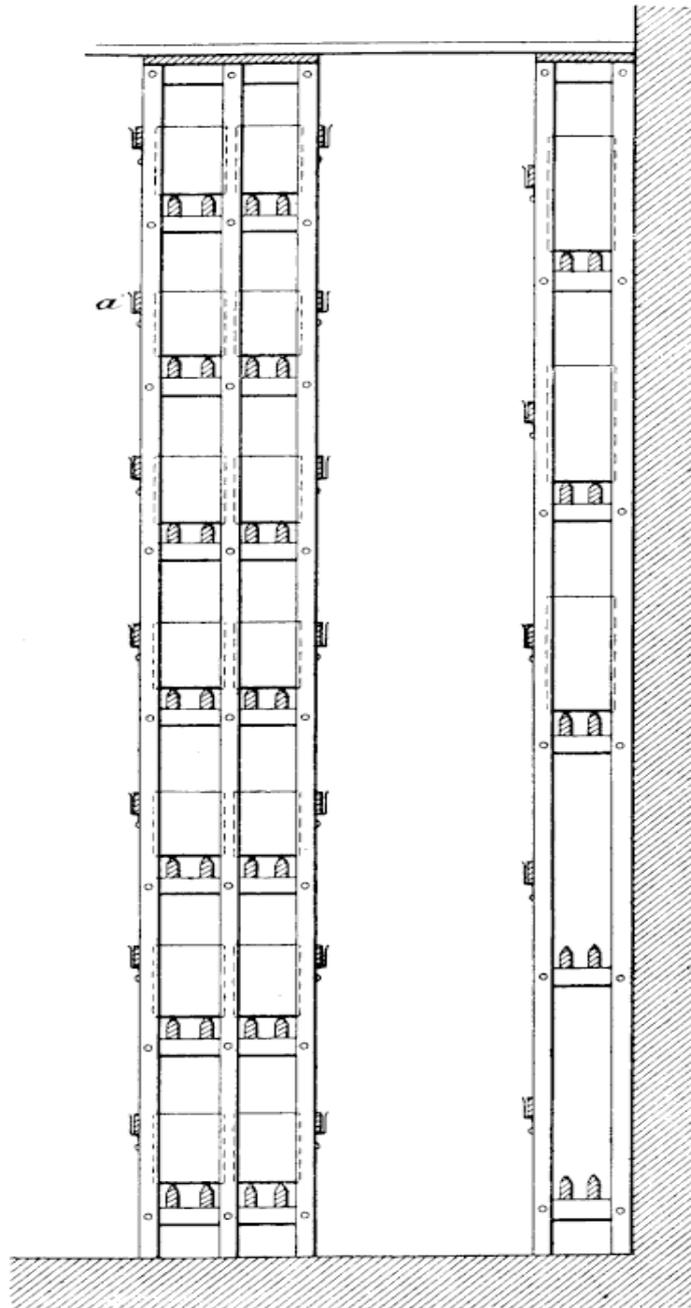


FIG. 480.

toujours élevé. Un local spécial dit *salle des piles* doit leur être affecté et il est nécessaire de diminuer l'encombrement, tout en facilitant l'entretien et en supprimant les risques de dérivations accidentelles.

Le procédé le plus recommandable et le plus simple consiste à disposer les éléments sur des meubles à étagères construits en bois et assemblés par des boulons.

Ces meubles, dont le type initial en France a été étudié par Baudot, ont tous une forme générale commune et se composent d'une série d'étagères à claire-voie, supportées de mètre en mètre par des supports verticaux ayant la forme d'échelle (*fig. 480*).

Chacune des étagères est disposée pour recevoir soit deux rangées d'éléments, soit une seule, suivant que le meuble est isolé au milieu de la pièce ou accolé à la muraille. Des barrettes mobiles *a*, placées à mi-hauteur des éléments, achèvent d'immobiliser la position de ceux-ci. La figure 480 représente en coupe deux meubles de cette sorte préparés pour recevoir des éléments de hauteur différente; l'un de ces meubles est accolé à une muraille.

Le nombre des étagères reçues par chaque meuble et la forme des claires-voies diffèrent naturellement suivant la nature des éléments.

Il y a intérêt dans tous les cas à ne pas dépasser une hauteur totale de 2 mètres pour permettre une facile surveillance.

Lorsqu'il est fait usage d'éléments Callaud, la claire-voie est constituée par quatre liteaux (deux par rangée d'éléments) vissés transversalement sur les tasseaux des échelles. Ces liteaux sont disposés comme l'indique la figure 481. Leur forme permet de faire reposer assez solidement les éléments, tout en évitant au maximum les chances de dérivation.

Une précaution utile consiste à réunir les liteaux par un tasseau transversal placé au milieu de chaque portée de manière à éviter les déformations dues au travail du bois, déformations susceptibles de faire basculer les éléments.

Les éléments du type Leclanché se prêtent difficilement à un

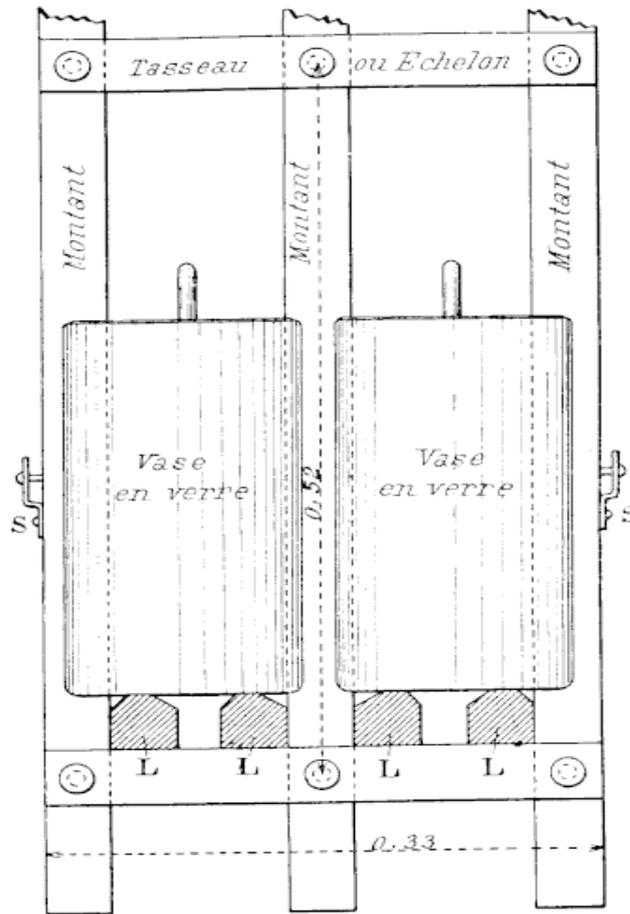


FIG. 481.

appui direct sur les liteaux ; on recourt alors à l'artifice suivant :

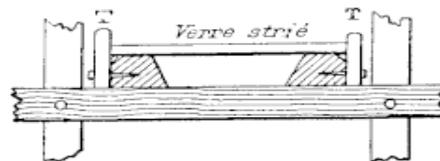


FIG. 482.

Les liteaux sont munis en distance en distance de taquets T (fig. 482), et l'on dépose sur ces liteaux des plaques en verre

ordinaire strié dont les stries sont dirigées dans le sens perpendiculaire à la direction des liteaux.

Les taquets servent à retenir ces plaques. Les éléments sont disposés sur les plaques. Les barrettes mobiles d'appui doivent être naturellement établies à la hauteur convenable.

Remarque. — 1° Fréquemment on installe les éléments Leclanché sur des meubles à étagères. C'est une pratique peu recommandable, car la surveillance y est difficile; il arrive, en outre, très souvent qu'en voulant vérifier un élément on détermine la chute d'une série d'éléments, la position de ceux-ci manquant de stabilité.

2° En dehors des meubles précités, on doit ménager dans la salle des piles les organes utiles pour l'entretien des éléments, prises d'eau, évier, etc...

3° Les conducteurs de prise sont fixés sur les meubles eux-mêmes et sont ensuite guidés par des cimaises pour leur sortie de la salle. Il est commode de se servir pour ces cimaises de *moulures* analogues à celles en usage pour les installations ordinaires de lumière électrique. On groupera dans les mêmes creux de ces moulures les conducteurs présentant autant que possible des différences de potentiel peu élevées.

D. — COMMUTATEURS

Dans un bureau télégraphique comme dans un bureau téléphonique, tous les conducteurs de ligne à leur arrivée doivent se rendre successivement sur un répartiteur d'entrée destiné à effectuer les permutations lentes, puis sur un commutateur rapide destiné à relier les conducteurs de ligne et de pile aux appareils suivant les besoins momentanés du service. On ne doit pas oublier en effet que le plus souvent le personnel présent au bureau est inférieur au nombre des conducteurs desservis et il est toujours inutile, par suite, d'installer autant de ces appareils qu'il y a de lignes.

En réalité, la reconnaissance de la nécessité de cette double

série de commutateurs est de date récente. Les installations établies par la plupart des offices ayant été faites sans souci de ces règles essentielles, leur réfection s'opérera nécessairement avec une certaine lenteur ; il paraît dès lors convenable de diviser ce point de notre étude en deux parties très distinctes, l'une exposant les dispositions actuellement en usage, l'autre consacrée à celles qui semblent devoir y être substituées désormais.

Répartiteurs en usage. — Dans la pratique actuelle, la forme la plus courante des répartiteurs télégraphiques est celle de la rosace.

Deux rosaces distinctes sont établies, l'une dite *rosace des lignes*, l'autre *rosace des piles* (fig. 483).

Tous les conducteurs de ligne aboutissent aux plots fixes de la première ; tous les conducteurs de pile aux plots fixes de la seconde.

Les conducteurs mobiles de la première rosace sont reliés à l'entrée des divers appareils, ceux de la seconde aux bornes pile des manipulateurs des mêmes appareils. En se portant successivement sur chacune des deux rosaces, on peut donc rattacher un appareil à une ligne et à une pile déterminées.

On ne saurait trop s'élever contre un agencement de cette sorte. Il présente, en effet, les inconvénients suivants :

- 1° Encombrement considérable ;
- 2° Obligation de se porter en deux points différents pour effectuer une connection complète d'appareils ;
- 3° Meubles impraticables dans les très grands bureaux par suite du désordre des chevelures.

En fait, on arrive, pour diminuer la complication du montage,

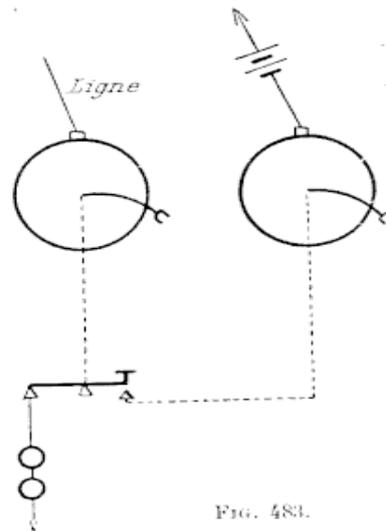


FIG. 483.

à multiplier le nombre des rosaces ; mais ce remède est pire que le mal car il entraîne une telle complication dans la marche des conducteurs qu'il n'est plus possible de suivre ceux-ci et que seuls des agents très au fait de l'installation locale parviennent à orienter utilement les communications.

Commutateurs rapides en usage. — L'emploi des commutateurs rapides dans les bureaux télégraphiques est actuellement limité d'une manière à peu près exclusive au service des fils de moyenne ou petite longueur desservis par des appareils Morse.

Ces commutateurs correspondent à deux types principaux, le type belge et le type français.

a) Type belge

Le type belge dérive directement du commutateur suisse.

Sous sa forme initiale, il comprend un certain nombre de barres verticales reliées aux diverses lignes et un certain

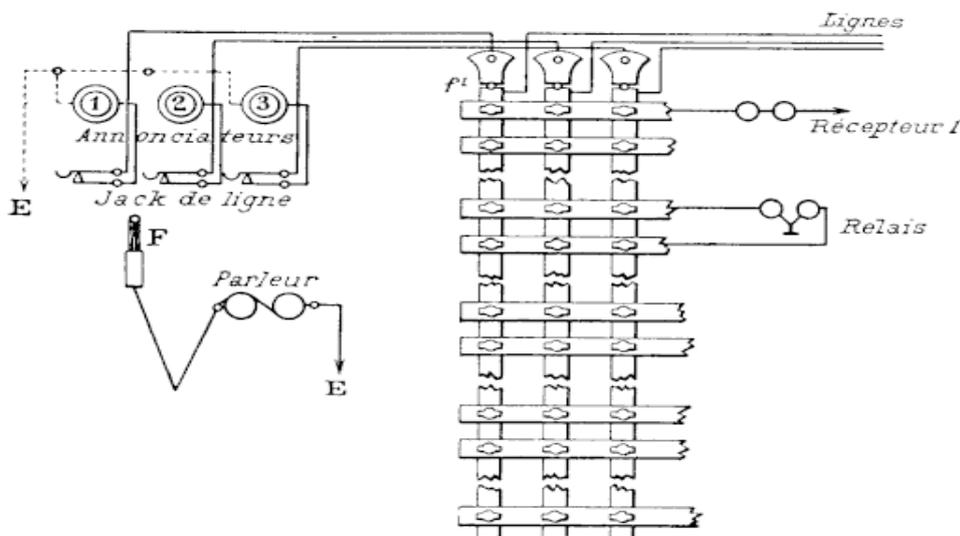


FIG. 484.

nombre de barres horizontales reliées aux divers appareils (sounder, relais, etc.) qui doivent être utilisés (fig. 484).

Chaque barre de ligne se termine, en outre, en regard d'un plot relié à un groupe constitué par un annonceur et un jack. Une fiche f_1 établit normalement la communication entre la barre et ce plot. Les appels émanant de la ligne sont donc reçus dans l'annonceur.

Un opérateur spécial placé en regard du tableau des jacks reçoit l'appel. En enfonçant une fiche F dans le jack, il coupe l'annonceur et met son poste en correspondance avec le poste appelant. Il est informé du poste demandé. Il lui suffit alors de commander à l'opérateur placé devant les barres de retirer la fiche f_1 de la ligne appelante (ce qui supprime la dérivation à l'annonceur) et de la placer en regard de la barre horizontale qui communique avec l'appareil convenable.

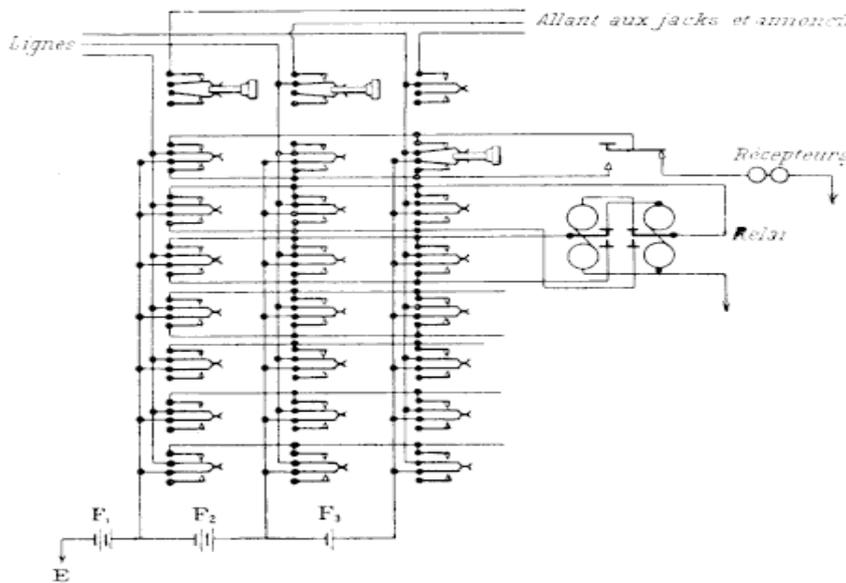


FIG. 485.

Récemment, des modifications de constructions assez importantes ont été apportées à ce système. Tout en conservant la disposition générale du commutateur suisse, on a substitué aux barres des séries de jacks et muni ceux-ci de contacts supplémentaires permettant de donner aux appareils la pile convenable.

La figure 485 rend compte de ce montage. On y voit que le nombre des piles utilisées est de trois seulement, correspondant aux lignes longues, moyennes ou courtes.

Le système belge se prête avec une certaine aisance aux opérations dans les bureaux moyens. Il a cependant l'inconvénient d'être encombrant et de nécessiter d'une manière permanente l'intervention de deux opérateurs.

b) Type français

Les premiers appareils du type français dont beaucoup sont encore en service étaient des commutateurs monocordes à jacks avec cordon; ils ont été imaginés par M. Mandroux et sont construits avec des fiches et des jacks du modèle de cet inventeur.

L'ensemble des communications est représenté par la figure 486.

Chaque ligne simple aboutit à un jack à double fil monté comme d'habitude sur un annonceur. L'une des deux plaques du jack communique avec la ligne, l'autre avec le pôle de la pile P_1 ou P_2 qui doit normalement être reliée à cette ligne.

Supposons que cette ligne appelle le bureau. L'appel est reçu dans l'annonceur A correspondant.

Le commutateur — qui est, on l'a dit, monté en monocorde — comporte autant de cordons qu'il y a d'appareils; ces cordons sont à deux conducteurs, munis de fiches et reliés chacun à un appareil.

Le dirigeur saisit la fiche correspondant à l'appareil qu'il veut charger de la communication et l'enfonce dans le jack de la ligne.

L'enfoncement de la fiche a pour résultat :

- 1° De supprimer l'annonceur du circuit;
- 2° De mettre en relation par le cordon, d'une part la ligne et la borne ligne du manipulateur, d'autre part la pile et la borne pile du même manipulateur.

Lorsqu'il s'agit de lignes bifurquées le dispositif doit être

légèrement modifié. Il importe, en effet, que l'on puisse distinguer celui des deux postes appelant. Ceci revient à dire que l'annonceur doit non seulement fonctionner en cas

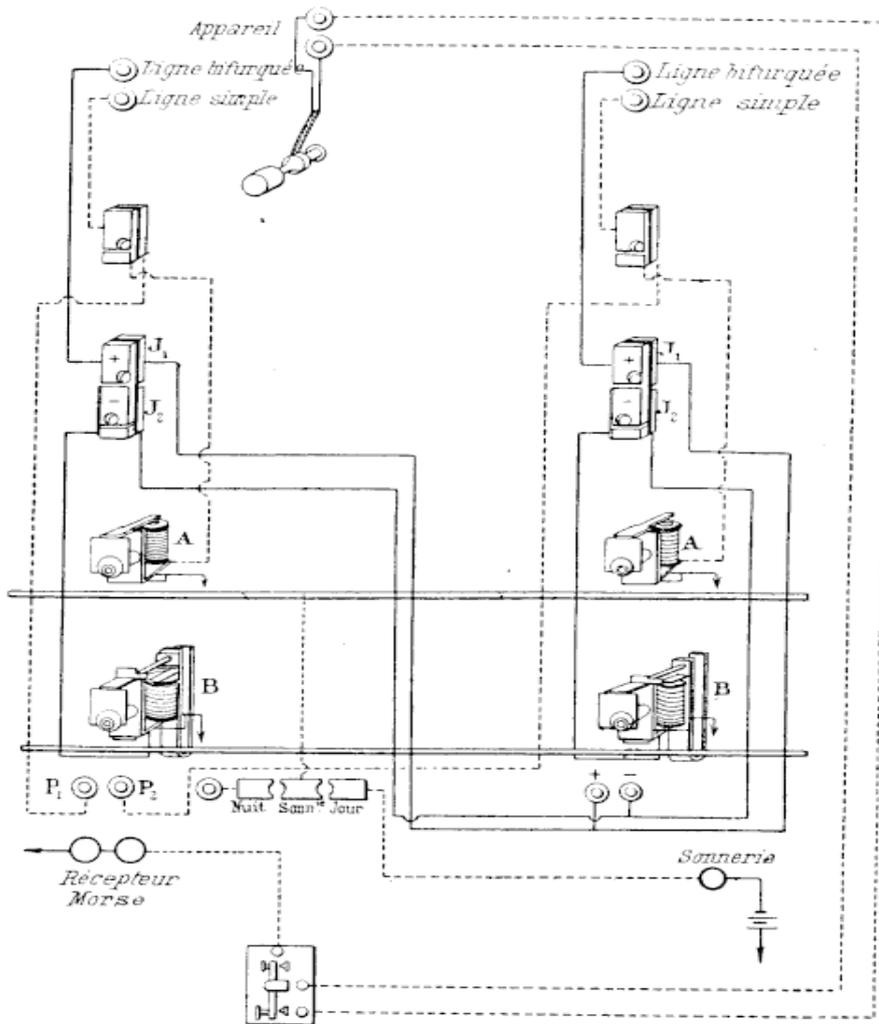


FIG. 486.

d'appel, mais indiquer le sens du courant qui a servi à l'appel.

L'annonceur B construit par M. Mandroux comporte dans ce cas un annonceur ordinaire et, de plus, un voyant polarisé par un aimant permanent qui suivant le sens du courant

d'appel se porte à droite ou à gauche découvrant un signe + ou un signe —.

En second lieu, il est nécessaire pour ces lignes de pouvoir se servir à volonté de deux piles distinctes, l'une positive, l'autre négative : ceci revient à dire que la ligne doit passer par deux jacks J_1 , J_2 , l'un relié à la pile positive, l'autre à la pile négative.

Pour diminuer l'encombrement, M. Mandroux a accolé ces deux jacks : suivant que la fiche est enfoncée dans J_1 ou dans J_2 , on met sur l'appareil le pôle positif ou le pôle négatif.

Le dispositif Mandroux prêtait à un certain nombre de critiques assez graves. On pouvait, en premier lieu, lui reprocher d'offrir l'inconvénient de tout commutateur monocorde, c'est-à-dire de rendre solidaires le fonctionnement d'un appareil et celui du cordon lié à cet appareil. Les organes de réalisation étaient en outre volumineux et donnaient des contacts peu sûrs. Enfin les annonceurs étaient très sensibles aux décharges atmosphériques en raison de leur faible self-induction.

Récemment l'administration française y a substitué un modèle beaucoup plus pratique constitué à l'aide de jacks et d'annonceurs téléphoniques du modèle ordinaire et établi en dicorde.

Le croquis théorique des circuits élémentaires dans cet appareil est représenté par la figure 487 ; la figure 488 donne une vue extérieure du meuble installé.

La communication entre une ligne simple L_1 et un appareil est établie en reliant par un cordon le jack de ligne correspondant au jack de l'appareil. S'il s'agit d'une ligne bifurquée L_2 , le jack de ligne choisi pour cette liaison est celui placé en dessous de l'annonceur polarisé qui a fonctionné pour l'appel.

Chaque tableau porte, en outre, un milliampèremètre monté sur deux jacks m_1 , m_2 (fig. 487). En reliant par deux paires de cordons le jack de ligne à m_1 , et le jack d'appareil à m_2 , on voit qu'on intercale le milliampèremètre sur le circuit et qu'on peut mesurer le débit sur la ligne considérée ; suivant la position du manipulateur, le débit mesuré est celui de la

pile du bureau ou celui de la pile du bureau correspondant. Ainsi qu'il a été dit plus haut, les annonceurs et les jacks ne diffèrent pas de ceux utilisés pour les tableaux téléphoniques. Seuls les annonceurs ont uniformément une

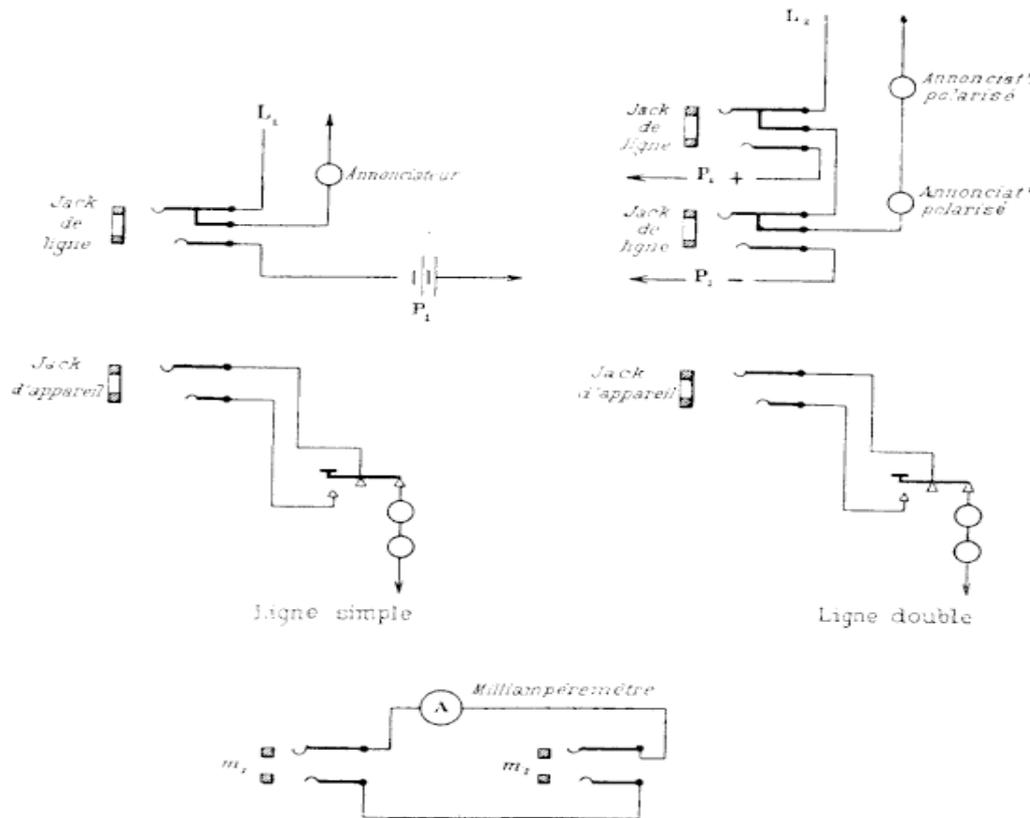


FIG. 487.

résistance de 500 ohms. Des précautions spéciales sont prises pour éviter que des courts circuits s'établissent à la pointe de la fiche au moment de son introduction dans un jack ou encore entre les ressorts des jacks qui prennent contact normalement avec la fiche.

Remarque. — 1° On sait qu'un relais équivaut, en réalité, à deux récepteurs placés chacun sur l'extrémité des lignes que l'on doit relier. Il n'y a donc aucune difficulté à monter un relais

avec les commutateurs précédents : il suffit d'employer pour cela soit deux fiches (type Belge, *fig.* 484 et 485), soit deux cordons (type français, *fig.* 487 et 489).

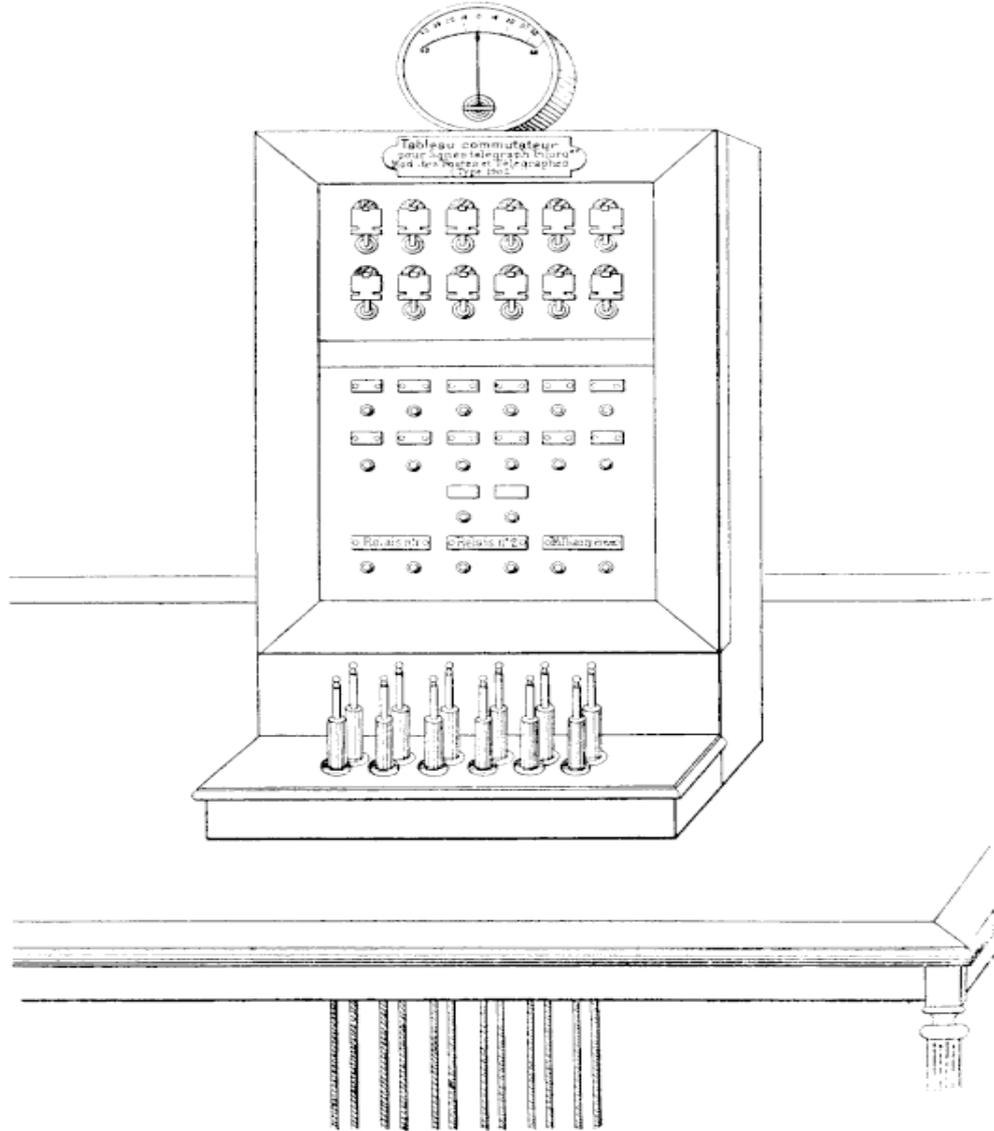


FIG. 488.

Il serait désirable, toutefois, qu'on pût dans ce cas introduire sur la liaison un annonceur de fin de conversation. La

solution du problème, entraîne en général des complications qui ont fait renoncer à leur emploi. Un dispositif assez simple

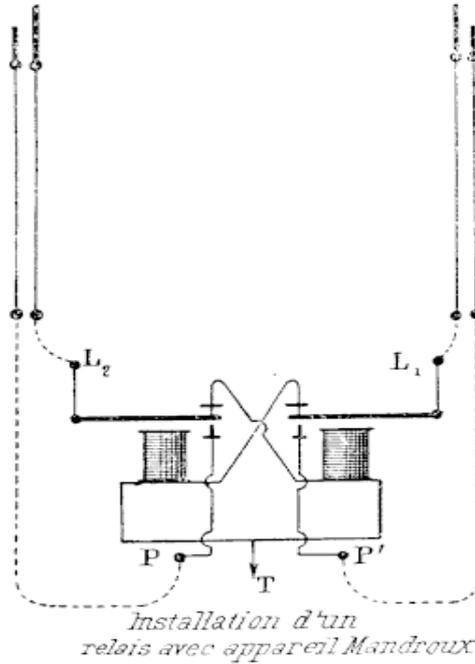


FIG. 489.

consisterait à munir les postes extrêmes d'appels magnétiques et à intercaler entre les bornes de repos des armatures soit un annonceur ordinaire et un condensateur (*fig. 490*), soit un annonceur à forte résistance.

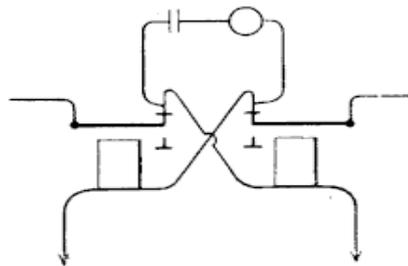


FIG. 490.

Dans le premier cas, les courants alternatifs seuls peuvent actionner cet annonceur. Dans le second cas, en cours de

transmission, la dérivation créée à travers l'annonceur est sans action ; mais, lorsqu'on envoie des courants alternatifs, la self-induction des récepteurs est suffisante pour que la majeure partie de ces courants traverse l'annonceur et le fasse fonctionner.

2° Lorsqu'on fait usage de l'Universal Battery, c'est-à-dire

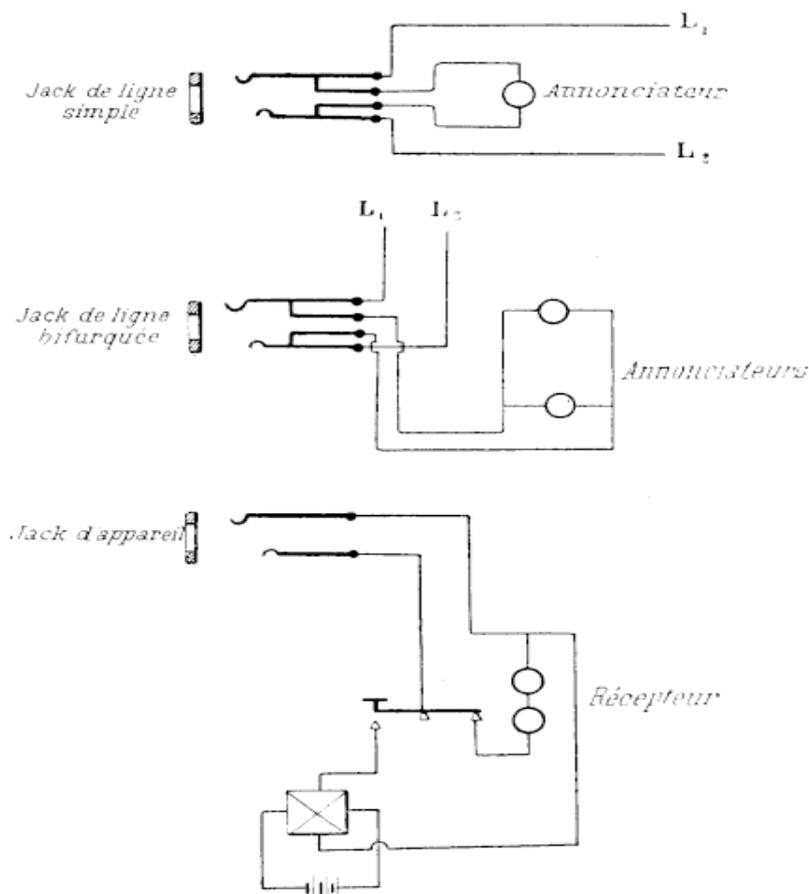


FIG. 491.

lorsque toutes les lignes sont ramenées à la même résistance, les commutateurs du type français restent fort simples (fig. 491) et permettent de réaliser très aisément le montage à double fil. Ce dernier avantage est important tant au point de vue de la protection contre les décharges atmosphériques qu'à

celui de la suppression des effets d'induction mutuelle. C'est donc une nouvelle raison pour préférer le montage de pile d'après ce système.

3° On a vu dans tous les dispositifs précédents qu'il est fait usage sur chaque ligne bifurquée de deux annonceurs polarisés. Il semblerait beaucoup plus pratique de munir ces lignes d'un seul annonceur ordinaire et de prescrire simplement au poste appelant d'appeler par l'indicatif positif ou négatif; cet indicatif désignerait très suffisamment le sens du courant qui doit être employé pour la réponse.

Groupement des commutateurs précédents. — Tels sont les organes de permutation utilisés très généralement dans la pratique télégraphique actuelle. Leur groupement n'obéit le plus souvent à aucune règle fixe. Presque universellement, et quelle que soit la nature des appareils entrant dans la composition du bureau, on trouve des rosaces ou un commutateur suisse équivalent à l'entrée des conducteurs de ligne ou de pile. Lorsque le bureau comprend en outre un assez grand nombre d'appareils Morse, on intercale depuis quelques années, entre ces rosaces et *quelques-uns* de ces appareils, un commutateur rapide. Jamais enfin ce commutateur rapide ne dessert les appareils Hughes ou multiples.

Il y a là un défaut de méthode nuisible à la bonne exploitation non seulement en raison des efforts superflus qu'il impose au personnel, mais surtout parce qu'il ne permet pas d'assurer une surveillance effective du service.

L'heure paraît venue de profiter, à ce point de vue, des enseignements de la téléphonie et c'est pourquoi, sans entrer dans le détail d'exécution, il paraît utile de montrer, après cet exposé, non plus ce que sont, mais ce que peuvent et doivent être désormais les bureaux télégraphiques importants.

Agencement théorique d'un bureau télégraphique moyen. — Dans cet ordre d'idées, le programme de l'agence-

ment d'un bureau télégraphique moyen peut être conçu de la manière suivante :

1° Faire passer toutes les lignes sans exception sur un répartiteur général et y opérer les permutations lentes, telles que celles provoquées par un dérangement d'une certaine durée affectant un conducteur, etc. ;

2° Amener ensuite toutes les lignes sans exception sur un commutateur rapide ;

3° Monter autant que possible les piles pour chaque groupement de lignes et d'appareils d'après la méthode de l'Universal Battery en unifiant les résistances.

4° Établir un commutateur rapide sur lequel se fera la liaison de toutes les lignes, piles et appareils.

En particulier, ce commutateur devra réaliser les conditions suivantes :

1° Être du système dicorde ;

2° Assurer normalement, pour les grands fils qui travaillent constamment, la liaison de ces fils à l'appareil de manière à éviter une immobilisation des cordons ;

3° Ne permettre les changements de pile que par une manœuvre de cordon.

Ces principes indiqués, passons à l'examen plus détaillé de ces deux commutateurs principaux sur le fonctionnement desquels reposera toute l'exploitation.

a) Répartiteur

Le répartiteur sera du type téléphonique (lignes interurbaines).

Une disposition commode pour les têtes de câbles est celle représentée par les figures 492 (élévation) et 493 (coupe).

On voit que les paratonnerres sont installés à l'extérieur de ces têtes. L'ensemble des connections et de ces paratonnerres est recouvert par un couvercle spécial protégeant le montage

contre la poussière; ce couvercle sert en même temps de support aux étiquettes. Le montage est fait à double fil, comme

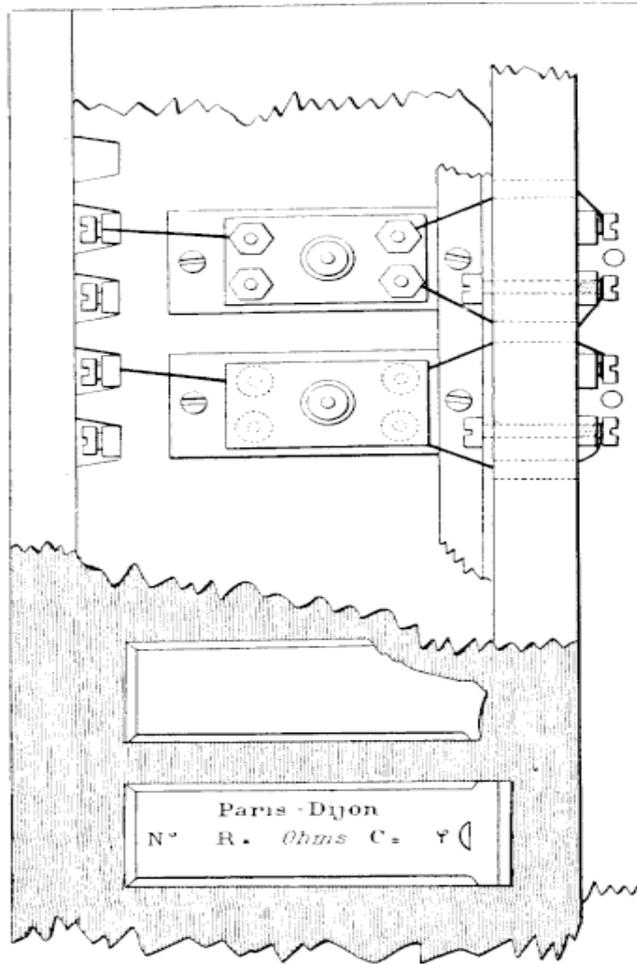


FIG. 492.

l'exigent les paratonnerres actuellement employés par l'administration française.

Remarque. — Il y a intérêt dans les très grands bureaux à établir non plus un seul, mais deux répartiteurs, l'un pour les fils de lignes, l'autre pour les conducteurs de pile. On

devra toutefois, pour ce dernier, éviter soigneusement, en

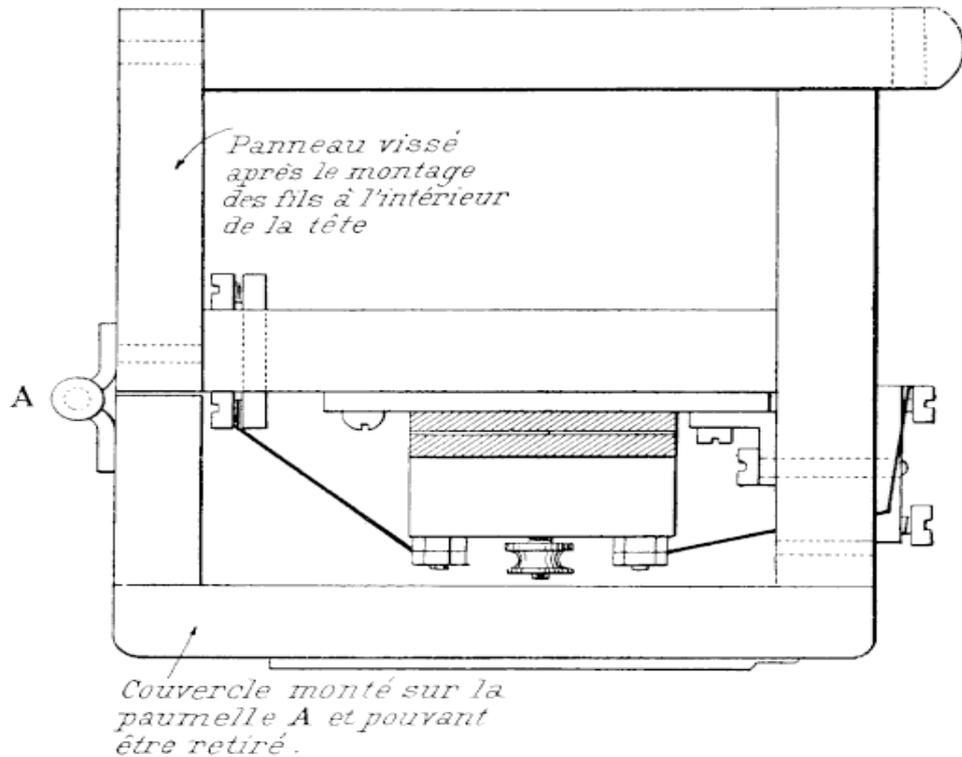


FIG. 493.

cours de manipulation des fils, les courts circuits accidentels.

b) Commutateur rapide

Le commutateur rapide comportera deux sections distinctes :

- 1° La section des Hughes et des Morse desservant les grands fils;

- 2° La section des Morse allant sur les petits fils, ces derniers étant tous ramenés à la même résistance.

Étudions sommairement chacune d'elles.

La première (section des Hughes et des grands fils) comprendra :

1° Une série de jacks A, dits *jacks de ligne* ;

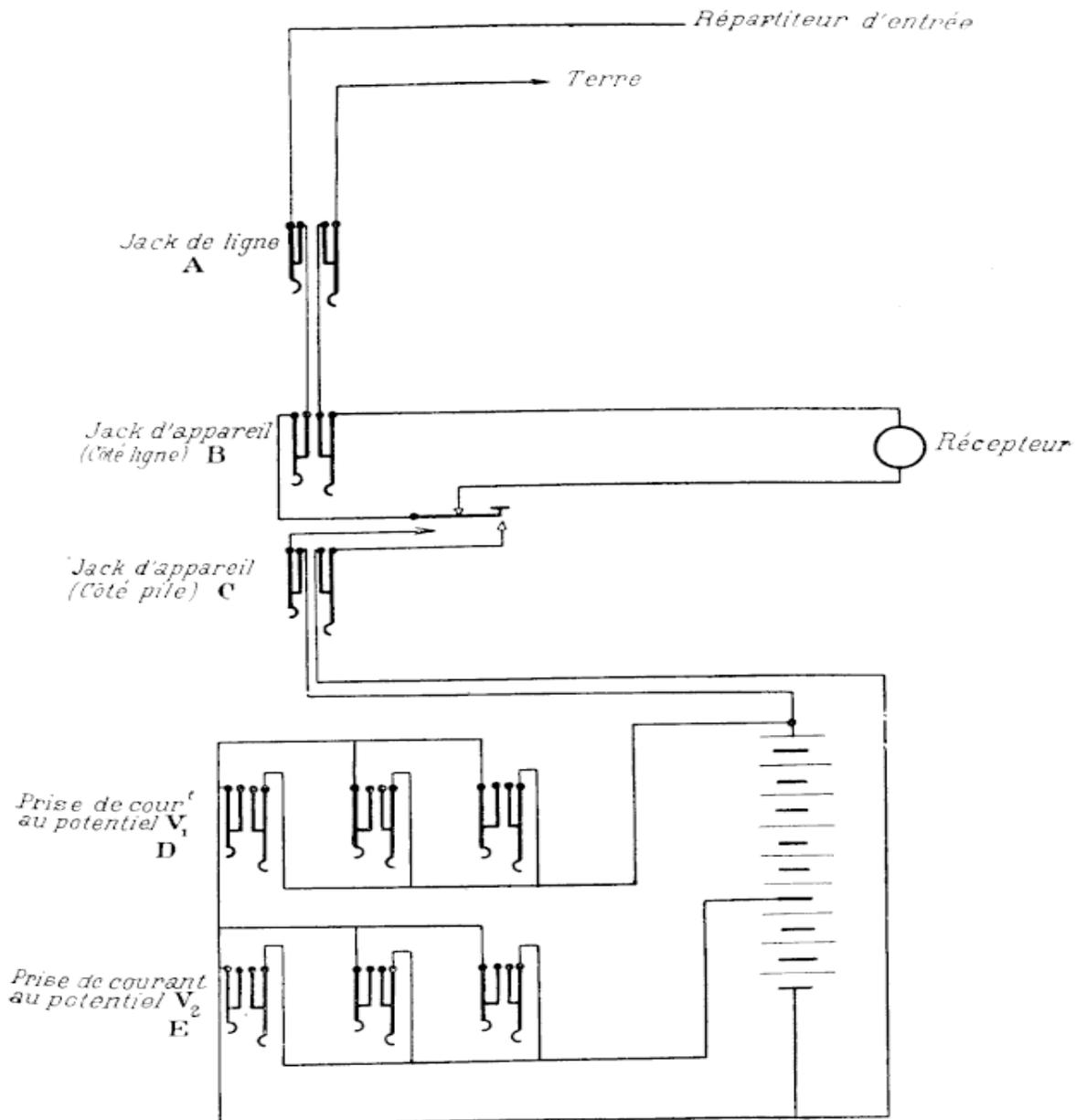


FIG. 494.

2° Deux séries de jacks B et C, dits *jacks d'appareils* (côté pile et côté ligne) ;

3° Des séries de rangées horizontales de jacks de piles D, E, ..., chaque rangée horizontale représentant des prises à un potentiel déterminé.

L'ensemble est groupé comme le montre la figure 494.

Pour substituer une ligne à une autre sur un appareil donné, il suffit de relier par un cordon le jack B de l'appareil au jack A' de cette nouvelle ligne.

De même, la substitution d'un appareil à un autre sur une ligne donnée, d'une pile à une autre sur un appareil donné, s'effectue par la liaison à l'aide d'un cordon d'un jack A à un jack B', d'un jack C à un jack E', ..., etc...

On a donc toutes les combinaisons possibles à sa disposition, ces combinaisons ne nécessitant jamais que la manœuvre de deux cordons au maximum.

En tout temps les cordons utilisés représentent, sur cette section, les *permutations opérées* et il y a sur la face du commutateur non pas autant de cordons qu'il y a de connections normalement établies, mais autant de cordons qu'il y a de modifications momentanées introduites dans le régime du bureau; ce nombre est toujours faible.

La deuxième section (Morse desservant des lignes courtes et dont les résistances ont été unifiées), composée exactement comme nous l'avons indiqué plus haut (*fig. 491*) comprend autant de jacks A montés qu'il y a de lignes, autant de jack B qu'il y a d'appareils, chacun de ces appareils étant d'ailleurs normalement branché sur la pile commune. La liaison des fils aux appareils, contrairement à ce qui se passe sur la première section, est faite par des cordons.

Agencement théorique d'un grand bureau. — La conception d'un grand bureau ne diffère pas essentiellement de celle qui vient d'être exposée pour les bureaux moyens. Toutefois les très grands bureaux comportent, en général, un certain nombre de salles distinctes dont chacune est affectée à une même nature d'appareils.

On est dès lors amené à décomposer le commutateur rapide

indiqué plus haut en sections réellement séparées et réparties dans les diverses salles.

Il y a un intérêt considérable cependant à maintenir, sous une même main et sous une responsabilité unique, la gestion de l'exploitation. Il faut de plus pouvoir renvoyer à volonté les fils d'une section du commutateur rapide sur une autre.

Ceci conduit à créer, devant l'agent responsable du service, une sorte de station centrale reliée téléphoniquement à tous les postes des dirigeants ayant la gestion des sections du commutateur. Cette station centrale comprend, en dehors des organes nécessaires à l'intercommunication téléphonique :

1° Deux jacks d'intercommunication A, B, placés sur le parcours de tous les fils aboutissant au bureau et en avant de la section normale affectée à ces fils (*fig. 495*) ;

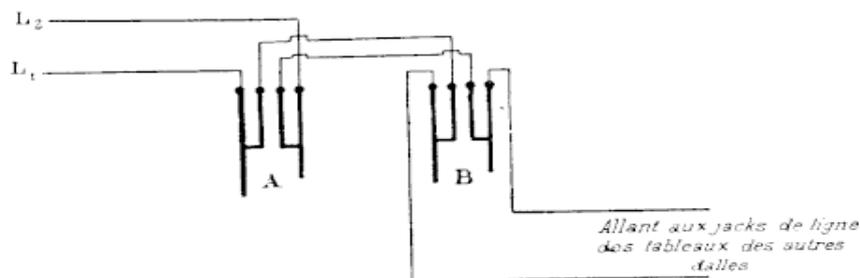


FIG. 495.

2° Au besoin, un système de correspondance de signaux permettant à l'agent de contrôler à tout instant la position et la manœuvre des fiches dans les diverses sections.

Une telle disposition a pour conséquence de faire effectuer uniquement par le poste central ainsi établi les commutations de fils entraînant un changement de section.

Multiple télégraphique de l'Office anglais. — Bien que les indications précédentes paraissent devoir suffire à assurer, avec simplicité le fonctionnement des bureaux, il est intéressant de mentionner ici une installation toute récente, effectuée par le Post Office anglais et visant des conditions d'explo-

tation un peu moins générales que celles énumérées ci-dessus. Cette solution montre avec quelle facilité les dispositifs téléphoniques s'adaptent à l'exploitation télégraphique et prouve que les désirs exprimés plus haut n'ont rien de chimérique.

Le problème posé était le suivant : mettre en communication télégraphique les divers bureaux de Londres, soit au total 1150 lignes. Non seulement on a fait aboutir toutes ces lignes sur un commutateur rapide unique, mais on n'a pas hésité à y monter ces lignes en multiple et à réaliser ainsi un véritable multiple télégraphique à batterie centrale.

Avant d'examiner le détail d'exécution d'un pareil commutateur quelques mots sont nécessaires au sujet de l'installation des postes et de leur montage qui évidemment commande celui du commutateur.

La figure 496 montre le schéma de la mise en communication de deux postes, mise en communication qui s'effectue nécessairement sur le multiple et par l'intermédiaire d'un relais.

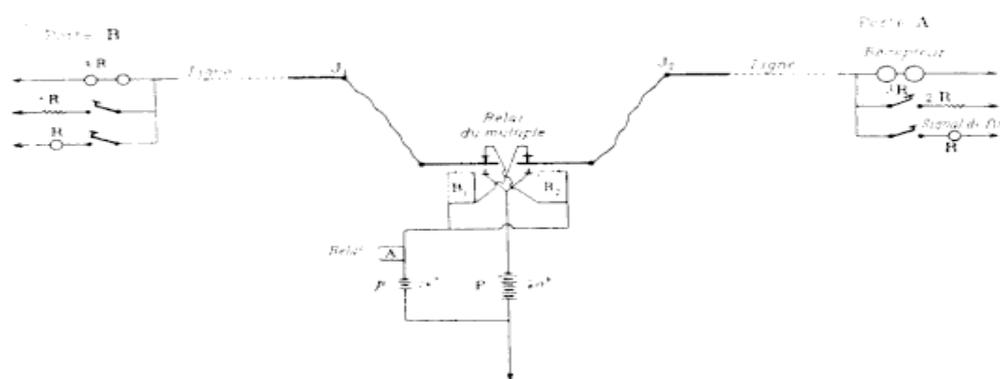


FIG. 496.

Chaque poste comprend : 1° un récepteur à très forte résistance $3R$; 2° un électro R à faible résistance servant à recevoir le signal de fin ; 3° deux manipulateurs, l'un servant à la transmission normale et mettant la ligne à la terre à travers une résistance $2R$, l'autre servant à l'envoi du signal de fin et mettant la ligne à la terre à travers une résistance R qui est précisément l'électro du signal de fin.

Une pile p de 24 volts et un relai A sont normalement en dérivation sur les fils de ligne.

Une pile P de 40 éléments dessert le relai principal B_1B_2 .

La résistance des récepteurs est choisie de telle sorte que l'intensité i du courant circulant ainsi normalement soit insuffisante pour faire fonctionner aucun des appareils intercalés sur le circuit; au contraire, si l'on abaisse le manipulateur de travail, l'intensité devient $2i$, suffisante pour faire fonctionner le relai B_1 ou B_2 , mais encore insuffisante pour faire fonctionner le relai A.

Si, enfin, l'on abaisse le manipulateur servant au signal de fin, l'intensité devient $3i$ et fait aussi fonctionner le relai A.

Toutes les lignes sont d'ailleurs ramenées à la même résistance.

Ceci posé, on voit que pour relier le poste A au poste B, il suffit en principe de faire aboutir chacune de ces lignes à un jack muni d'annonceur, d'intercaler normalement sur chaque paire des cordons l'ensemble des relais A, B_1 , B_2 , et des piles p et P. En portant les fiches d'une même paire de cordons en J_1 et J_2 , on réalisera précisément la connection représentée.

Abordons maintenant l'étude du commutateur rapide proprement dit.

Ce commutateur est un multiple en dérivation avec circuit de relèvement indépendant du cordon (*fig. 430*), présentant les particularités suivantes :

1° Les annonceurs ordinaires sont remplacés par des lampes;

2° Chaque jack est doublé par un signal visible fonctionnant dès que la ligne est occupée;

3° Le poste d'écoute de l'opérateur est remplacé par un poste télégraphique ordinaire.

Examinons successivement le montage des lignes, le système de test et le montage des cordons.

a) Montage de lignes

Le schéma théorique du montage de chaque ligne est représenté par la figure 497, entièrement semblable à celui des mul-

tiples téléphoniques correspondants (*fig. 430*). Toutefois, l'an-

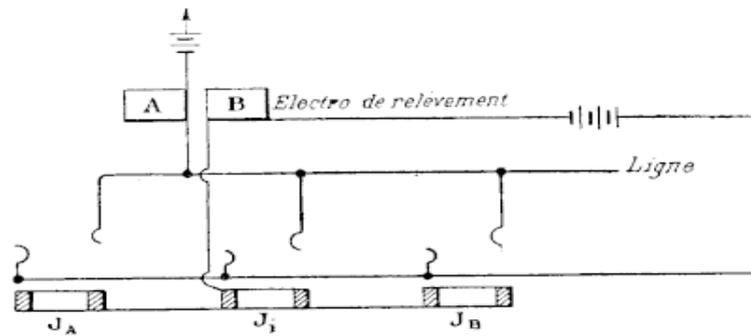


FIG. 497.

nonciateur choisi étant une lampe, l'électro A est un relai commandant la fermeture d'un circuit local sur cette lampe, et l'électro de relèvement B correspondant n'a plus à bloquer cet électro, mais à couper sa liaison avec la ligne. De plus, le système étant à batterie centrale, une pile est constamment en dérivation sur le relai A. Cette pile peut d'ailleurs être la même que celle qui alimente le circuit de rupture.

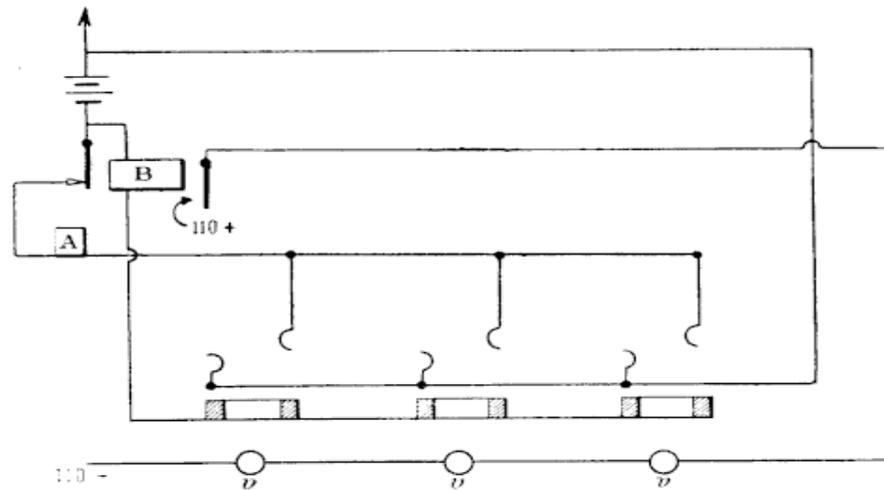


FIG. 498.

Les communications réelles en tenant compte de ces remarques deviennent alors celles représentées par la figure 498.

b) Système de test

Le test est un test permanent, chaque jack devant être doublé par un signal visible v . On se contente, pour le réaliser, de munir l'électro de relèvement B d'une seconde armature. Tant que la communication est établie, c'est-à-dire tant que l'électro B fonctionne, cette armature ferme le circuit des signaux v sur une batterie de 100 volts.

On a, de plus, cru prudent, pour le cas où ces signaux ne fonctionneraient pas, de munir chaque table d'une fiche spéciale permettant d'opérer le test à la manière ordinaire (fig. 434).

c) Montage de cordons

Ainsi qu'il a été montré plus haut (fig. 496) les cordons sont montés directement sur un groupe d'un relai de ligne B_1, B_2 , et d'un relai A destiné à recevoir le signal de fin de conversation.

Comme dans un poste de multiple téléphonique ordinaire, une clé d'écoute C est en outre intercalée sur cet ensemble de manière à permettre de substituer au relai du signal de fin le poste télégraphique de l'opérateur (fig. 499). Ce poste comprend

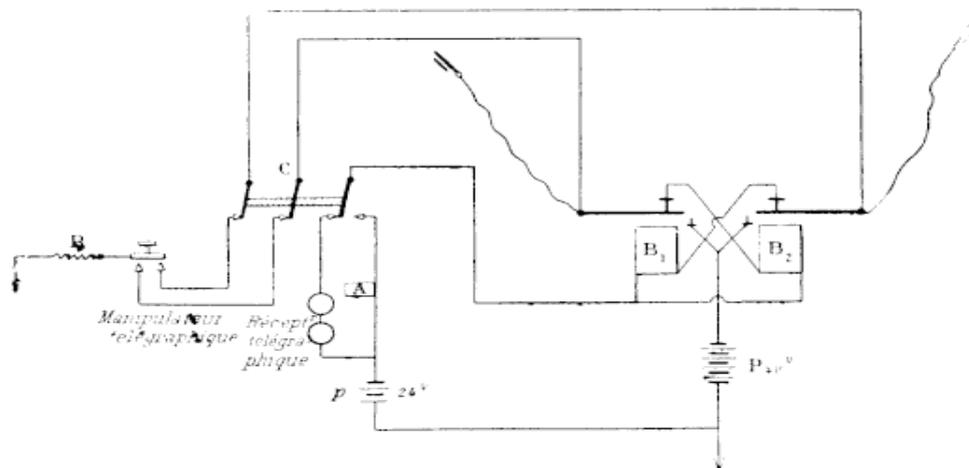


FIG. 499.

un récepteur et un manipulateur. La manipulation s'y fait

en mettant à la terre à travers une résistance R l'extrémité des deux lignes que peut desservir le cordon.

Telles sont, résumées sommairement, les dispositions adoptées actuellement au poste télégraphique central de Londres. Encore une fois le problème posé s'écartait des conditions ordinaires de la pratique; on peut penser en outre que, puisqu'il était fait usage du sounder pour un service de cet ordre, il eût été possible de substituer plus pratiquement à ces appareils des transmetteurs et récepteurs téléphoniques. Dans un cas comme dans l'autre, en effet, le télégramme ne laisse pas de trace de son envoi. Néanmoins la tentative est des plus intéressantes; elle fait grand honneur à ceux qui en ont pris l'initiative; le fait que la pratique n'y a pas donné de mécomptes est de plus un enseignement précieux qui ne doit pas être perdu.

CHAPITRE VI

INSTALLATIONS DE MESURE

Fonctions des installations de mesure. — Les installations de mesure à établir dans les bureaux télégraphiques ou téléphoniques doivent permettre :

1° Une vérification autant que possible journalière et, par suite, très rapide de tous les conducteurs ;

2° La localisation des défauts quand il en survient, soit sur les lignes, soit au poste même.

De ces deux fonctions, la plus essentielle est sans contredit la première. En surveillant d'une manière continue un conducteur déterminé, on arrive très vite, en effet, à connaître son allure, à prévenir ses défauts s'il s'en déclare, à deviner presque à coup sûr, avant même tout essai complémentaire, l'origine et le lieu de l'accident.

Cette division des mesures en deux catégories a pour conséquence immédiate de classer également en deux groupes les instruments et méthodes de mesure correspondants.

Dans le cas des vérifications journalières, les résultats peuvent être grossièrement approchés mais doivent pouvoir être obtenus très rapidement par un personnel quelconque.

Les appareils correspondants doivent donc être des appareils robustes, voltmètres ou milliampèremètres, et les mesures doivent être qualitatives (constatation d'un maximum, minimum, etc.).

Dans le cas de la localisation des défauts, il faut, au contraire, une rigueur relative dans les opérations. Tout en s'attachant à mettre les opérations à la portée de tout le personnel, on peut admettre que les opérateurs choisis possèdent une certaine habileté professionnelle. A ces opérations seront donc affectées des installations avec pont et galvanomètre ; le galvanomètre choisi sera autant que possible un galvanomètre apériodique tel que le galvanomètre d'Arsonval.

Enfin, il va de soi que les installations ou, tout au moins, le mode d'opérer ne doivent pas être rigoureusement identiques, suivant qu'il s'agit de lignes télégraphiques ou de lignes téléphoniques.

L'emploi du téléphone offre en effet, dans le second cas, des facilités immédiates dont on aurait le plus grand tort de se priver.

Ces préliminaires établis, il est nécessaire de faire son choix parmi des méthodes qui ne présentent pas toutes une égale valeur. Nous allons donc exposer celles auxquelles on devra donner la préférence. Nous les classerons en deux groupes comme les essais eux-mêmes, suivant qu'il s'agit d'une simple vérification grossière ou d'une localisation exacte du défaut. Nous rappelons, en outre, qu'il ne s'agit là que de notions pratiques et d'usage courant, nullement d'opérations de laboratoire.

A. — MÉTHODES RAPIDES DE VÉRIFICATION

§ 1. — Essais journaliers

Essai des piles. — L'essai des piles se fait soit à l'aide du voltmètre, soit à l'aide du milliampermètre. La force électromotrice et la résistance intérieure de la pile sont mesurées avec le voltmètre, le débit de la pile sur une ligne donnée à l'aide du milliampermètre ou du voltmètre.

a) Mesure de la force électromotrice

Elle s'effectue en attachant directement les pôles de la pile aux bornes d'un voltmètre. La force électromotrice E lue sur l'ap-

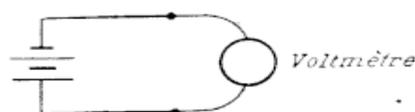


Fig. 500.

pareil est la force électromotrice cherchée de la pile à circuit ouvert (*fig. 500*).

b) Mesure de la résistance intérieure

Il suffit de brancher en dérivation sur les bornes de la pile le voltmètre et une résistance de 10 ohms (*fig. 501*).

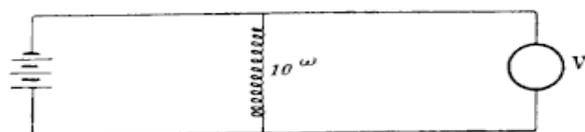


Fig. 501.

On lit au voltmètre une différence de potentiel u . La résistance intérieure cherchée ρ est donnée par la formule :

$$\rho = \frac{E - u}{u} \times 10,$$

E étant la force électromotrice lue dans la première expérience (voir ci-dessus *a*).

Soient, en effet : R , la résistance du voltmètre ; r la résistance de la bobine en dérivation ; I , l'intensité totale du courant. On a les relations :

$$\left\{ \begin{array}{l} E - u = I\rho \\ I = \frac{E}{\rho + \frac{rR}{r + R}} \end{array} \right.$$

On en tire :

$$\rho = \frac{E - u}{u} \times \frac{Rr}{R + r}.$$

ou encore :

$$\rho = \frac{E - u}{u} \times \frac{r}{1 + \frac{r}{R}}.$$

R étant généralement très grand par rapport à r , $\frac{r}{R}$ a une valeur négligeable.

La valeur de ρ cherchée est donc donnée pratiquement par la relation :

$$\rho = \frac{E - u}{u} \times r.$$

Remarque importante. — La valeur de la résistance intérieure d'une pile dépend du temps qui s'écoule entre la fermeture du circuit et la lecture. Pour avoir des valeurs comparables on devra toujours faire la lecture *immédiatement* après la fermeture du circuit. Il est utile aussi, dans les cas où l'on doute de la valeur de la pile, de suivre la baisse progressive de la chute de potentiel. Une baisse rapide dénote une pile en mauvais état.

c) Mesure du débit sur une ligne donnée.

On insère le voltmètre sur la ligne mise à la terre à ses deux extrémités (*fig. 502*).

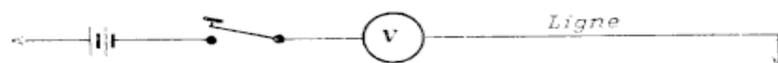


FIG. 502.

L'intensité I cherchée est donnée par la formule :

$$I = \frac{Ee}{R(E - e)}$$

dans laquelle E est la force électromotrice mesurée dans le premier essai (voir ci-dessus *a*), R la résistance connue du voltmètre, e la différence de potentiel lue à l'appareil.

Remarque. — Pour les très petits bureaux les essais relatifs aux piles se réduisent à la mesure du débit sur la ligne. Il est alors préférable de munir ces petits bureaux de milliampèremètres insérés sur le circuit; ceux-ci donnent par lecture directe l'intensité cherchée.

Lignes. — Les vérifications de lignes dans les stations d'essai sont faites avec le voltmètre. Elles doivent permettre de mesurer l'isolement et la résistance de la ligne.

a) Isolement

On isole la ligne à une de ses extrémités, on relie l'autre extrémité à la terre à travers le voltmètre et une pile de force électromotrice connue (*fig. 503*).

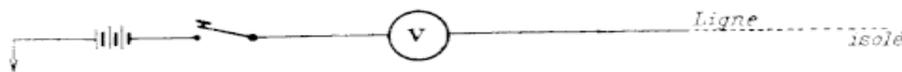


FIG. 503.

L'isolement du fil à une extrémité doit être fait par le bureau correspondant s'il s'agit d'un fil télégraphique (*fig. 503*), par le bureau effectuant la mesure s'il s'agit d'un circuit téléphonique dont on possède les deux extrémités, à condition qu'on ait fait boucler ce circuit dans le bureau correspondant (*fig. 504*).

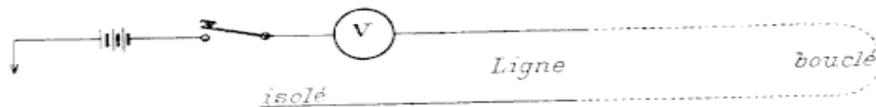


FIG. 504.

L'isolement total du fil est donné par la relation :

$$x = \frac{R(E - e)}{e}$$

dans laquelle R est la résistance connue du voltmètre, E la force électromotrice de la pile d'essai, e la différence de potentiel lue au voltmètre.

L'isolement kilométrique s'obtient en multipliant la valeur x précédente par la longueur en kilomètres de la ligne mesurée, s'il s'agit d'une ligne simple, par le double de cette longueur, s'il s'agit d'un circuit téléphonique.

D'autre part, il arrive assez fréquemment qu'il y a un réel intérêt à vérifier l'isolement d'un circuit téléphonique sur lequel des appareils en dérivation sont branchés, sans cependant qu'on puisse toucher à ces appareils.

On recourt dans ce cas à la même méthode, mais en insérant le voltmètre comme il est montré par la figure 505.

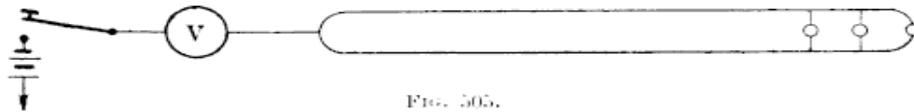


FIG. 505.

Il va de soi que les indications dans ce cas ne sont plus que qualitatives; la notion d'isolement kilométrique n'a plus de sens dans une pareille installation.

b) Résistance

On insère le voltmètre et une pile soit sur le circuit métallique complet s'il s'agit d'un circuit téléphonique (*fig. 506*),

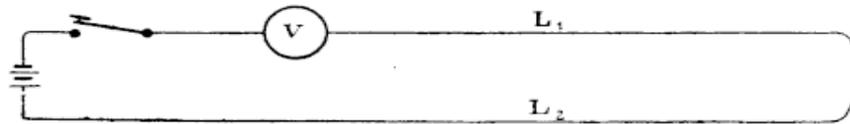


FIG. 506.

soit sur le fil mis à la terre à ses deux bouts s'il s'agit d'une ligne télégraphique (*fig. 507*).

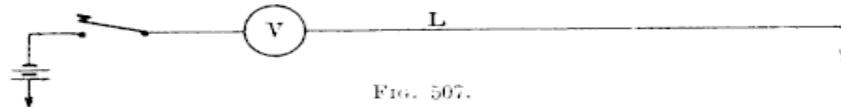


FIG. 507.

La résistance totale du circuit est donnée par la relation :

$$x = \frac{R(E - e)}{e}$$

dans laquelle R est la résistance connue du voltmètre, E la force électromotrice de la pile d'essai, e la différence de potentiel lue au voltmètre.

La résistance kilométrique s'obtient en divisant la valeur x précédente par la longueur en kilomètres de la ligne L , s'il s'agit d'un fil télégraphique, par le double de cette longueur, s'il s'agit d'un circuit téléphonique.

Remarques sur les essais de lignes. — 1° Dans tous les cas, on devra laisser passer le courant un certain temps (trente secondes environ) pour vérifier si l'aiguille de l'appareil n'a pas de soubresauts trop brusques. La constatation de ces soubresauts serait l'indice certain que la ligne a cessé d'être en bon état

2° En réalité, les essais journaliers doivent être uniquement qualitatifs : on calculera donc une fois pour toutes les valeurs e des déviations lues sur l'appareil lorsque celui-ci est placé sur une ligne donnée ayant l'isolement minimum et la résistance maximum tolérée. Cette valeur de e s'obtient par la formule suivante :

$$e = \frac{RE}{x + R}$$

où R est la résistance du voltmètre, E la force électromotrice de la pile employée pour l'essai, x la résistance ou l'isolement total choisi comme limite. Ce calcul étant fait une fois pour toutes et pour chaque ligne à mesurer, il suffit de constater simplement si la nouvelle déviation lue au cours de l'expérience est supérieure ou inférieure à la limite calculée.

Exemple. — Soit un voltmètre ayant une résistance de 600 ohms avec lequel on se propose de mesurer l'isolement d'une ligne de 100 kilomètres de longueur; soit 60 volts la force électromotrice de la pile employée pour l'essai. Soit enfin 2,5 megohms l'isolement kilométrique minimum admis par temps humide.

L'isolement minimum total de la ligne considérée sera :

$$\frac{2\ 500\ 000}{100} = 25000$$

On a, par suite,

$$\begin{aligned} R &= 600 \\ E &= 60 \\ x &= 25000. \end{aligned}$$

La déviation correspondante est obtenue par la relation :

$$e = \frac{600 \times 60}{25000 \times 100} = 1,4.$$

La ligne sera considérée comme bien isolée par temps humide toutes les fois que la déviation lue, sera inférieure à 1,4 comme en mauvais état si cette déviation est supérieure à 1,4.

3° Il importe, pour qu'une mesure d'isolement ait une valeur pratique, de savoir quels isolements minimum peuvent être tolérés sans danger pour une ligne.

On admettra, en pratique, qu'une ligne d'abonné dans un réseau devra avoir un isolement *total* de 50 000 ohms; qu'une ligne aérienne de grande longueur devra avoir un isolement *kilométrique* de 5 mégohms.

On admettra de même les appréciations suivantes pour un fil aérien et par temps sec :

Isololement kilométrique en mégohms.

Mauvais.....	0,5
Médiocre.....	0,5 à 1
Passable.....	1 à 10
Assez bon.....	10 à 20
Bon.....	20 à 40
Très bon.....	40 à 80
Excellent.....	80 et au-dessus.

En temps de pluie, ces chiffres peuvent être diminués de moitié.

4° Les essais périodiques ne peuvent avoir d'utilité réelle que si les résultats en sont enregistrés sur un registre où figurent tous les fils essayés et les dates des essais. Ce registre peut être disposé de la manière suivante :

FIL N°			FIL N°	
DATES	MESURE de résistance	MESURE d'isolement	MESURE de résistance	MESURE d'isolement

* Les chiffres portés sont les déviations lues sur le voltmètre.

Interprétation des essais journaliers. — Les mesures qui précèdent sont le plus souvent suffisantes pour permettre de classer la nature du dérangement dont on reconnaît la présence, à condition de posséder la valeur des constantes électriques qui correspondent au fil lorsqu'il est à l'état normal.

Les dérangements les plus fréquents se réduisent en effet aux suivants :

- 1° Perte à la terre ;
- 2° Mélange d'un fil d'un circuit avec un fil du même circuit ;
- 3° Mélange avec un fil voisin ;
- 4° Rupture d'un fil ;
- 5° Résistance anormale dans le poste correspondant.

a) Perte à la terre

La perte à la terre est décelée par la baisse de l'isolement.

Lorsque le circuit est à fil double, il est d'ailleurs aisé de reconnaître celui des deux fils sur lequel est la perte.

Il suffit de faire successivement deux mesures d'isolement sur le circuit (*fig.* 508 et 509) l'une en branchant l'appareil sur le fil 1, l'autre en le branchant sur le fil 2. Celui des deux fils sur lequel on obtient la déviation la plus grande est celui

sur lequel se trouve la perte. D'après la différence trouvée

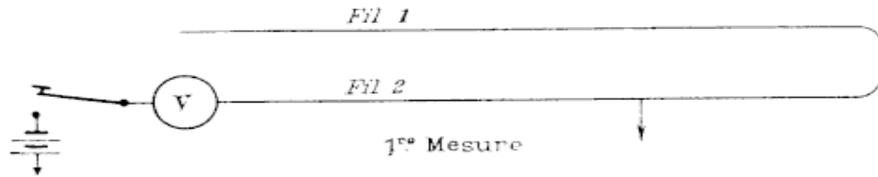


FIG. 508.

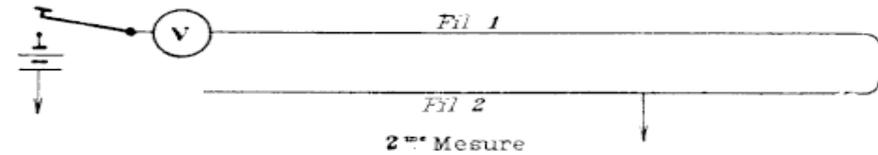


FIG. 509.

pour les deux déviations, on peut d'ailleurs induire de la proximité plus ou moins grande du défaut.

b) Mélange d'un fil d'un circuit avec un fil du même circuit

Ce mélange est décelé par le fait que, l'isolement étant excellent, la conductibilité de la ligne a brusquement augmenté. Le mélange est d'autant plus rapproché du poste d'essai que cet accroissement est lui-même plus considérable.

c) Mélange d'un fil ou d'un circuit avec un fil voisin

S'il s'agit d'un mélange avec un circuit téléphonique, on observe un bruit de friture sur le circuit bien que l'isolement soit normal.

S'il s'agit d'un mélange avec un fil télégraphique, l'appareil d'essai accuse par les mouvements de l'aiguille le passage de courants de transmission.

d) Rupture d'un fil

Si le fil fait partie d'un circuit et si l'une des extrémités du fil rompu est restée isolée, on constate sur l'un des brins une résistance infinie, sur l'autre une conductibilité trop grande.

Si les deux extrémités rompues sont à la terre, on constate sur chacune d'elles une conductibilité trop grande; de plus, en plaçant l'appareil d'essai sur l'un des fils, la pile sur l'autre, l'appareil n'est pas dévié (*fig. 510*).

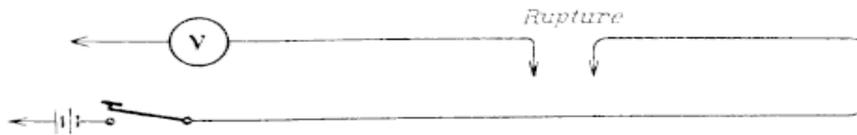


FIG. 510.

Lorsque le fil est unique, il est nécessaire de le faire boucler à son extrémité avec un autre fil de manière à constituer un circuit.

e) Résistance anormale au poste de réception

La comparaison de la conductibilité normale et de la conductibilité au moment de l'essai suffit à la déceler.

Résumé des essais précédents. — En résumé, on voit que les conditions exigées par une installation susceptible de réaliser les essais se réduisent aux suivantes :

1° Pouvoir insérer le groupement — appareil d'essai, pile, terre — à un bout quelconque du circuit, en tenant l'autre isolé;

2° Pouvoir insérer le même groupement sur le circuit bouclé.

Tous les essais se font avec un voltmètre choisi de préférence au milliampermètre car il est beaucoup plus sensible, plus apériodique et parce que la constance de ses indications est plus facile à obtenir.

Dans les seuls petits bureaux télégraphiques où il suffit de mesurer l'intensité du courant à l'arrivée, on fera toutefois encore usage de milliampermètres.

Enfin le tableau ci-dessous résume l'interprétation qui peut être faite des essais journaliers, pour déterminer sommairement la nature d'un défaut.

A. — CAS D'UN CIRCUIT A DOUBLE FIL

Baisse notable de l'isolement. } Perte à la terre sur un des fils.
 } On peut déterminer le fil affecté en inversant les attaches au cours de l'essai (fig. 514). Le fil sur lequel la déviation est la plus grande est celui qui est affecté de la perte.



FIG. 514.

Isolement excellent; Baisse notable de la résistance.	}	Les deux fils du circuit sont mélangés.
Isolement normal; Bruit de friture pendant les communications.	}	Le circuit est mélangé avec un fil voisin ¹ .
Communication téléphonique impossible; Résistance infinie.	}	Le circuit est rompu et les extrémités rompues sont isolées.
Communication téléphonique possible, mais difficile; Conductibilité trop grande sur chaque brin.	}	Le circuit est rompu et les deux extrémités rompues sont à la terre.

B. — CAS D'UN FIL SIMPLE

Baisse notable de l'isolement;	}	Perte à la terre.
Résistance infinie.	}	Rupture de fil, l'extrémité est isolée.
Conductibilité trop grande.	}	Perte, mélange ou rupture avec mise à la terre.

1. Il est intéressant de mesurer la résistance dans ce cas; mais on ne peut alors tirer de celle-ci aucune indication précise.

§ 2. — Localisation des dérangements

La localisation des dérangements suppose une mesure effectuée exactement ou à peu près exactement. Les seuls dérangements qu'on localise en pratique sont d'ailleurs les pertes et les mélanges. Il est également bon de pouvoir mesurer exactement la résistance d'un conducteur. Pour toutes ces mesures, on se servira des méthodes basées sur le pont de Wheatstone qui peuvent être appliquées à condition de disposer d'un appareil galvanométrique quelconque non gradué : on peut en particulier et à défaut d'autre appareil utiliser à cet effet un voltmètre.

Il convient, en outre, de choisir parmi ces méthodes celles qui nécessitent au minimum l'intervention du poste correspondant. Nous indiquerons les suivantes.

Mesure d'une résistance. — La méthode à employer est la méthode ordinaire du pont de Wheatstone. On fait boucler

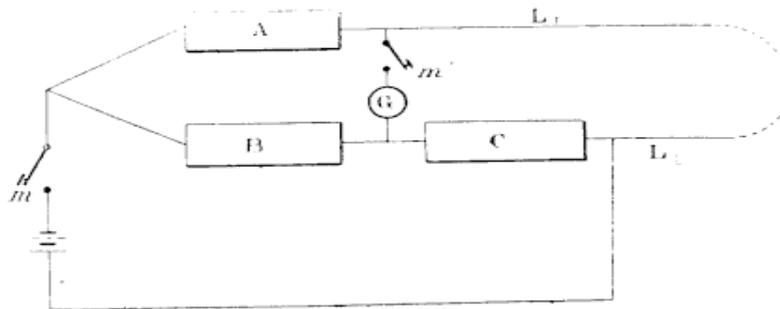


FIG. 512.

au poste correspondant les conducteurs à mesurer L_1 L_2

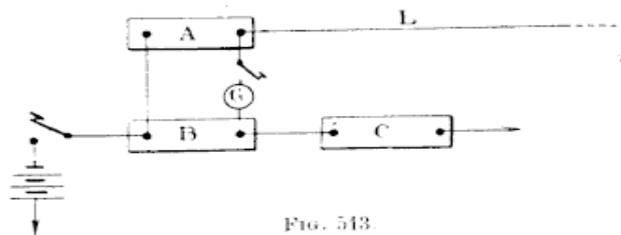


FIG. 513.

(fig. 512), ou mettre le fil L à la terre, si ce conducteur est simple (fig. 513).

a , b et c étant les valeurs des résistances en ohms dans les caisses A, B, C, au moment de l'équilibre, la résistance cherchée est donnée en ohms par la relation :

$$x = \frac{a \times c}{b}$$

Localisation des pertes. — La méthode à employer est la méthode dite de Murray. On fait boucler au poste correspondant le fil défectueux avec le second fil du même circuit s'il s'agit d'une ligne à fil double, avec un autre fil en bon état s'il s'agit d'un conducteur simple, et l'on forme un pont avec deux caisses de résistance comme il est indiqué sur la figure 514.

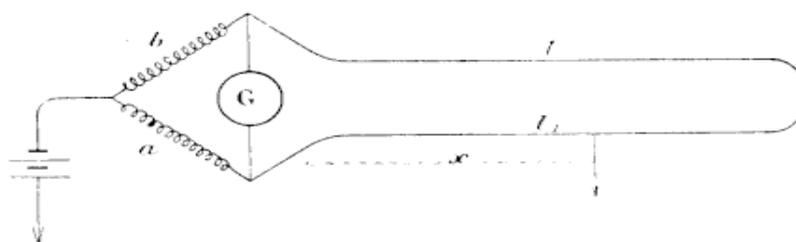


FIG. 514.

Soient l et l_1 les résistances des deux fils, x la résistance de la portion du fil l_1 comprise entre le poste d'essai et la perte, la condition d'équilibre est la suivante :

$$\frac{b}{a} = \frac{l + l_1 - x}{x}$$

d'où l'on tire :

$$x = \frac{a}{a + b} (l + l_1).$$

Localisation des mélanges. — Supposons que les fils soient mélangés en un point M, quelle que soit d'ailleurs la résistance présentée par ce mélange.

Au poste correspondant, on fait isoler l'un des fils mélangés L_2 et mettre à la terre l'autre fil L_1 .

On constitue ensuite un pont de Wheatstone, comme il est montré ci-dessous (*fig. 515*).

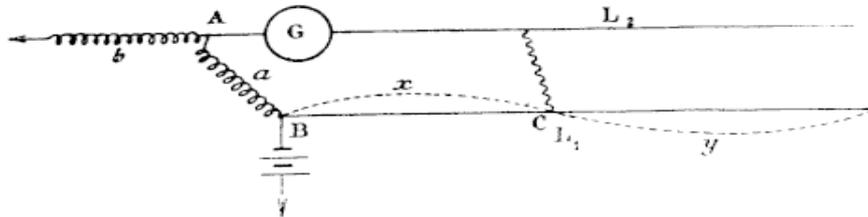


FIG. 515.

(On remarquera qu'on a bien ainsi un pont de Wheatstone dans lequel la branche du galvanomètre comprend la résistance du mélange. Il suffit, d'ailleurs, de rapprocher la figure 515 de la figure 516 suivante qui n'en est que la traduction sous la forme ordinaire.)

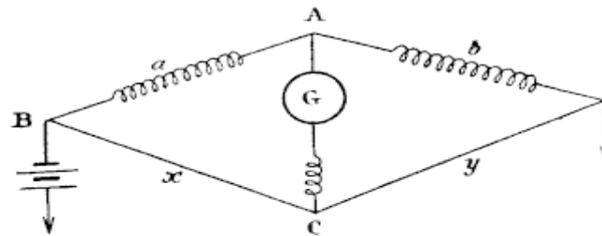


FIG. 516.

Soient x la résistance du fil L_1 comprise entre le poste d'essai et le mélange, y la résistance du même fil entre le mélange et le poste correspondant, l la résistance totale connue de ce fil L_1 .

On a, au moment de l'équilibre, les relations :

$$\begin{aligned} x + y &= l \\ \frac{x}{a} &= \frac{y}{b} \end{aligned}$$

d'où l'on tire :

$$x = \frac{a}{a + b} l$$

formule aisée à retenir et qui est de même forme que celle trouvée pour la localisation des pertes.

Remarque. — Il sera utile de recommencer l'essai en faisant mettre L_2 à la terre et isoler L_1 . On obtiendra ainsi fréquemment deux valeurs différentes pour x ; on devra choisir comme véritable la plus faible.

Interprétation des essais précédents. — La distance des défauts est toujours fournie sous forme de résistance électrique. Pour traduire cette donnée en distance réelle, il est indispensable de constituer à l'avance et une fois pour toutes un registre de référence.

Ce registre est composé comme il suit :

DISTANCE A PARTIR DU BUREAU évaluée en ohms		LONGUEUR RÉELLE de la section	NATURE des CONDUCTEURS	POINTS PRINCIPAUX Gares, etc	POINTS KILOMÉTRIQUES
A Résistance calculée	B Résistance mesurée				

Dans la colonne 1 A, figure la distance évaluée en ohms de la portion du conducteur comprise entre le bureau et tous les points principaux de la ligne. On fera figurer parmi ces points ceux où le conducteur change de spécification, les guérites et les gares.

Dans la colonne 1 B figurent les résistances réelles des diverses sections du conducteur telles qu'elles ont été obtenues au cours des essais. Elles permettent de rectifier, le cas échéant, l'interprétation des valeurs calculées.

Dans la colonne 2 figure la longueur des sections comprises entre 2 points principaux.

Dans la colonne 3 figure la spécification du conducteur dans les sections mentionnées à la colonne 2.

Dans la colonne 4 figure l'indication des gares ou guérites.
 Dans la colonne 5 figurent les points kilométriques des voies de chemin de fer ou de la route que suit le conducteur.

Exemple. — Supposons qu'il s'agisse d'un conducteur Paris-Orléans, comprenant :

1° Une section de 3122 mètres de câble souterrain à sept brins de 0^{mm},5 (résistance kilométrique : 11,6 ohms) et dont par suite la résistance totale est de :

$$11,6 \times 3,122 = 36,20.$$

2° Une section de 200 mètres de cuivre de 2^{mm},5 (résistance kilométrique 3,45) et dont, par suite, la résistance totale est de :

$$0,2 \times 3,45 = 0,69.$$

3° Une section de 1500 mètres de fil de cuivre de 5 millimètres (résistance kilométrique, 0,9) et dont, par suite, la résistance totale est de :

$$0,90 \times 1,5 = 1,35.$$

4° Une série de sections de fils de cuivre de 2^{mm},5 (résistance kilométrique 3,45 ohms).

Le tableau correspondant à ce fil pour le bureau de Paris sera le suivant :

DISTANCE A PARTIR DU BUREAU évaluée en ohms		LONGUEUR réelle DE LA SECTION	NATURE des CONDUCTEURS	POINTS PRINCIPAUX gares, etc.	POINTS KILOMÉTRIQUES
A Résistance calculée	B Résistance mesurée				
36,20		3,122	Câble à 7 brins de 0 ^{mm} ,5	»	»
36,89		» 200	2 ^{mm} ,5 cu	»	»
38,25		1,500	5 ^{mm} » cu	Guérite d'Orléans	1
35,25		5	2 ^{mm} ,5 cu	Vitry-sur- Seine	6
69,3		4	»	Choisy	10

Si l'on trouve pour x , par exemple, dans la recherche d'un défaut, la valeur $x = 60$, on en conclura, en se reportant au tableau ci-dessus que le défaut est compris entre Vitry et Choisy; on pourra d'ailleurs préciser exactement la distance y entre le défaut et Vitry à l'aide d'une simple règle de trois. On trouvera ainsi :

$$y = \frac{4(60 - 55,25)}{69,3 - 55,25}.$$

Remarque. — Les deux fils d'un circuit téléphonique devant être normalement équilibrés, leur composition et leur trajet sont identiques : il suffit donc d'en faire figurer un seul sur le registre.

Tables de lecture. — On a vu que les résistances électriques cherchées dans les deux essais précédents étaient fournies par les formules suivantes :

$$(1) \quad x = \frac{a}{a + b} (l + l_1)$$

$$(2) \quad x = \frac{a}{a + b} l.$$

De plus, quand il s'agit d'un circuit téléphonique, l est égal à l_1 et la formule (1) devient :

$$(3) \quad x = \frac{a}{a + b} \times 2l.$$

Si l'on a soin de donner toujours à l'une des résistances a la même valeur 1000, le coefficient

$$\frac{a}{a + b}$$

devient :

$$\frac{1000}{1000 + b} = K.$$

On pourra, pour simplifier les calculs, faire une table dans laquelle figureront les valeurs de K calculées de centième en centième :

$$K = 0,01, \quad K = 0,02 \dots$$

et en regard les valeurs de b correspondantes déduites des relations :

$$\frac{1000}{1000 + b} = 0,01 \qquad \frac{1000}{1000 + b} = 0,02...$$

Il suffira dès lors, l'expérience faite, de regarder la valeur de b obtenue et de se reporter à la table pour obtenir immédiatement la valeur de K correspondante. Ce procédé a l'avantage d'activer les opérations et d'éviter les chances d'erreur dans les calculs.

B. — DISPOSITIFS PRATIQUES DES INSTALLATIONS D'ESSAIS

Bureaux pourvus d'installations de mesure. — Avant de définir les installations pratiques permettant de réaliser les méthodes ci-dessus, il est nécessaire de déterminer les bureaux qui doivent être pourvus de ces installations.

Ce nombre peut être assez restreint.

Supposons en effet qu'il s'agisse d'un bureau téléphonique A relié par des lignes interurbaines à d'autres bureaux B, C, D, ... Il suffit que A soit pourvu d'une installation d'essai. Toutes les lignes interurbaines ayant été vérifiées en A, on essaiera depuis ce bureau, les lignes d'abonnés de B, C, D ... en les faisant greffer successivement sur la ligne interurbaine correspondante.

B, C, D, ... devront être munis simplement des organes utiles pour effectuer les liaisons demandées par A.

De même, on pourra faire les mesures afférentes à la localisation des dérangements depuis ce même bureau A; il suffira, lorsqu'on se servira d'une ligne intermédiaire, d'ajouter aux chiffres de la colonne 1 A du registre, une constante égale à la moitié de la résistance totale du circuit emprunté.

S'il agit d'installations télégraphiques, on remarquera de

même que la localisation des dérangements doit être faite surtout sur les grands fils et se trouve, par suite, limitée nécessairement aux grands bureaux.

Quoi qu'il en soit, un poste de mesure complet comprendra toujours nécessairement :

- 1° Une installation d'essai pour les vérifications journalières ;
- 2° Une installation pour localisation de dérangements.

En outre, chaque bureau non pourvu de poste de mesure devra posséder un jeu d'appareils permettant d'effectuer aisément les opérations diverses demandées par le bureau faisant l'essai (liaison directe, isolement, etc.).

§ 1. — Bureaux téléphoniques

Type d'installation d'essai pour vérification journalière.

— Les stations d'essai pour vérification journalière téléphonique doivent comporter un voltmètre apériodique, des prises permettant de connecter les fils sans aucune hésitation, et une pile.

Il est désirable d'employer pour le voltmètre un des types se rapprochant du galvanomètre d'Arsonval, tel que le voltmètre Chauvin-Arnoux, le voltmètre Siemens, etc...

Les prises sont constituées à l'aide de jacks du type téléphonique et de cordons.

Le groupement du voltmètre et des prises peut être fait dans une boîte facilement transportable et agencé conformément au croquis de la figure 547, où J_1, J_2, \dots, J_6 représentent, les jacks et C_1, C_2, C_3 , des clés permettant de changer la sensibilité du voltmètre employé.

La pile est composée de 50 éléments type Leclanché en tension pour les mesures d'isolement et 50 éléments dont 25 en tension accouplés par 2 en quantité pour les mesures de résistance. Il est d'ailleurs avantageux d'employer des éléments secs de petit modèle pour constituer ces batteries.

Les essais devant être effectués dans un local situé aussi près que possible de l'entrée des fils dans le bureau, il y a lieu de

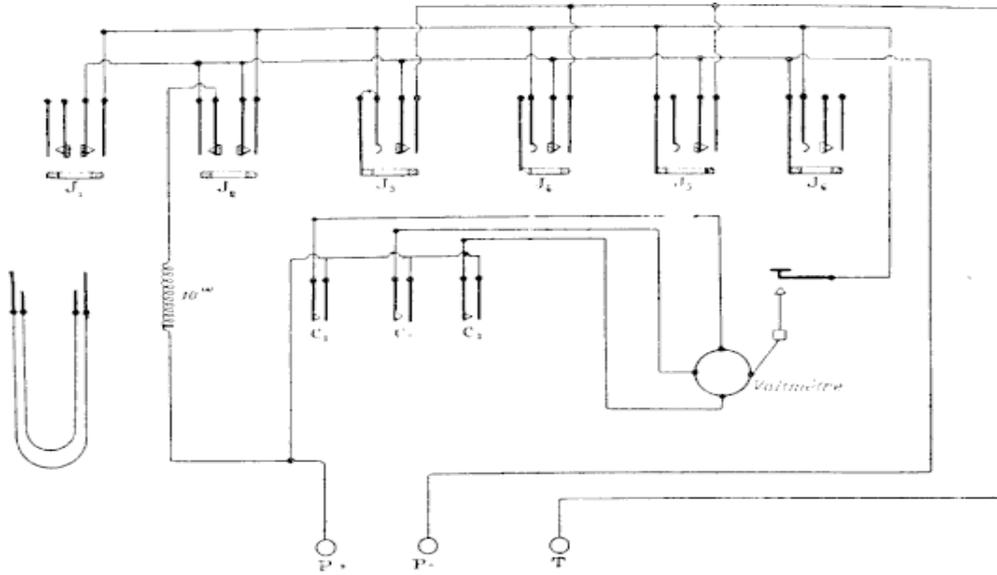


FIG. 517.

compléter l'installation de la boîte d'essai, quelle qu'en soit la composition, par une installation permettant la liaison du poste d'essai avec le bureau.

Cette installation très simple comprend (fig. 518) :

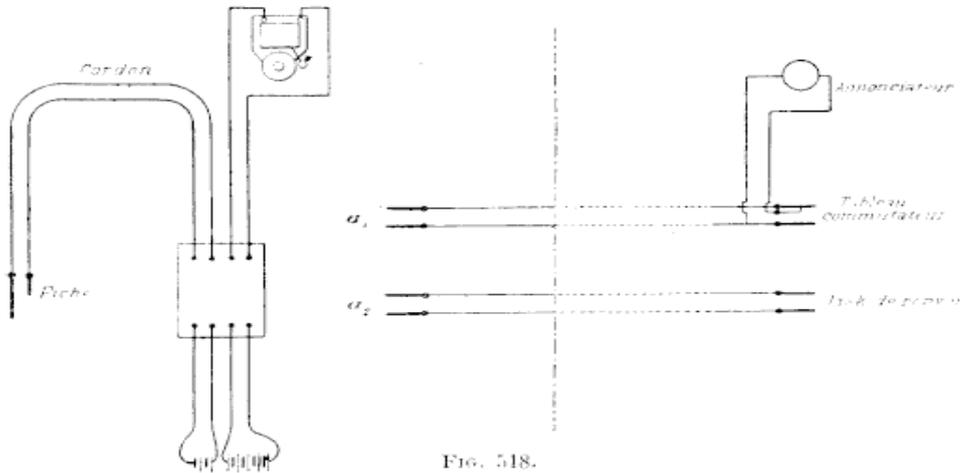


FIG. 518.

1° Un poste d'opérateur en communication avec le tableau

commutateur à l'aide d'un cordon souple et d'un jack a_1 relié à un jack de ligne du tableau;

2° Un jack a_2 en communication avec un des jacks de renvoi du tableau.

Le mode opératoire avec cet outillage est le suivant :

La clé donnant la sensibilité convenable pour le voltmètre est abaissée dans la boîte d'essai. L'opérateur donne ses ordres par l'intermédiaire de son poste téléphonique et fait renvoyer successivement toutes les lignes essayées sur le jack de renvoi; il peut, par suite, les prendre sur le jack a_2 .

Pour mesurer la force électromotrice et la résistance intérieure d'une pile, il relie la pile à essayer aux bornes P + et P - et enfonce une fiche du cordon successivement dans les jacks n° 1 et n° 2. La déviation correspondant au jack n° 1 donne E; la déviation correspondant au jack n° 2 donne u .

Pour faire une mesure d'isolement ou de conductibilité, il relie une fois pour toutes les pôles de la pile d'essai aux bornes P + et P - et enfonce, d'une part, une fiche du cordon dans le jack a_2 d'autre part, l'autre fiche du cordon dans l'un des jacks 3, 4, 5 ou 6.

La fiche n° 3 correspond à l'installation de la figure 519.

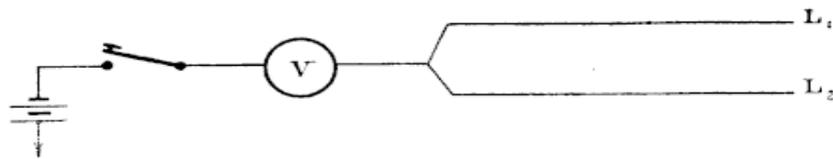


FIG. 519.

La fiche n° 4 à l'installation de la figure 520.

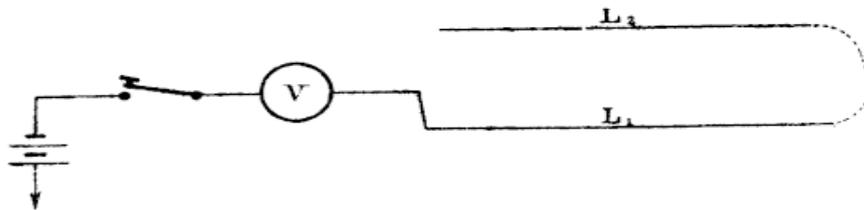


FIG. 520.

La fiche n° 5 à l'installation de la figure 521.

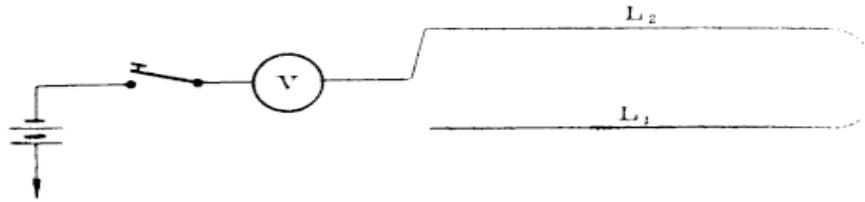


FIG. 521.

Enfin la fiche n° 6 à l'installation de la figure 522 :

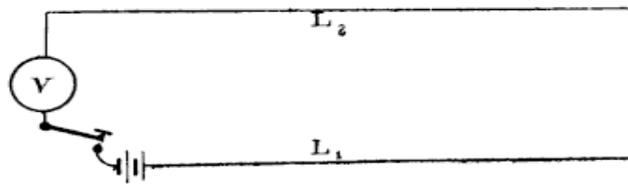


FIG. 522.

On a donc par un seul coup de fiche l'installation réalisée dans les conditions cherchées et suivant l'essai que l'on veut faire.

Autre type d'installation d'essai. — La station précédente permet de réaliser les manœuvres d'essai sans aucune

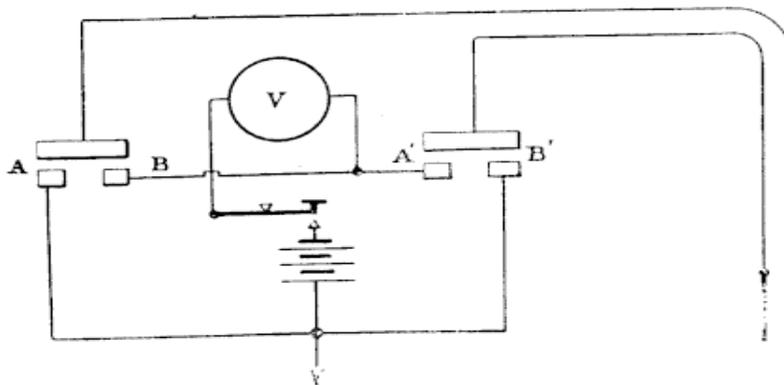


FIG. 523.

connection et d'un seul coup de fiche. On peut aussi réaliser

des installations assez simples à l'aide de commutateurs ordinaires et en renonçant à l'emploi des jacks.

Nous citerons, en particulier, la suivante très heureusement combinée par M. Petit (*fig.* 523). Elles ne permet toutefois que les mesures d'isolement. La fiche étant enfoncée dans un jack, il suffit de placer des chevilles en B ou A' pour essayer l'isolement du fil L_1 ou du fil L_2 , en B et A' pour l'essayer sur L_1 et L_2 bouclés; la conductibilité est mesurée en plaçant les fiches en A et A', ou B et B'.

Type d'installation pour localisation des dérangements

— L'installation pour la localisation de dérangements est placée à côté de l'installation pour essais périodiques et doit permettre les opérations suivantes :

- 1° Essai au téléphone;
- 2° Essai des fils soit sur Morse, soit sur parleur;
- 3° Essai des fils au pont.

Les deux premières opérations permettent de vérifier exactement la nature du dérangement, la troisième de repérer celui-ci. L'ensemble de l'installation est établie comme le montre la figure 524 (a_1 a_2 et le poste d'opérateur sont les mêmes que dans le poste d'essai).

L'essai au téléphone se fait directement à la station d'essai en enfonçant la fiche du poste d'opérateur d'abord dans le jack a_2 , puis, si la communication n'est pas possible, dans le jack a_3 , les bornes B, B', ayant été reliées préalablement au circuit sur le répartiteur (côté arrivée).

Si la communication par a_2 ou a_3 est possible, l'opérateur donne au correspondant des instructions et procède à la mesure.

Si la communication est impossible, et alors seulement, on donne au correspondant par voie télégraphique l'ordre de se porter au Morse sur l'un des deux fils du circuit et on amène ces deux fils à la table de mesure, l'un sur Morse, l'autre sur parleur. Cette opération se fait en enfonçant dans le conjoncteur du type Sieur S_2 ou S_3 , placé en dérivation sur la ligne de renvoi utilisée, un crochet c relié sur la table de au massif de deux commutateurs à quatre directions.

Une cheville en 1 ou 1' place un fil du circuit sur Morse ;
 Une cheville en 2 ou 2' place un fil du circuit sur parleur ;
 Une cheville en 3 ou 3' place un fil du circuit sur une
 borne du pont ;

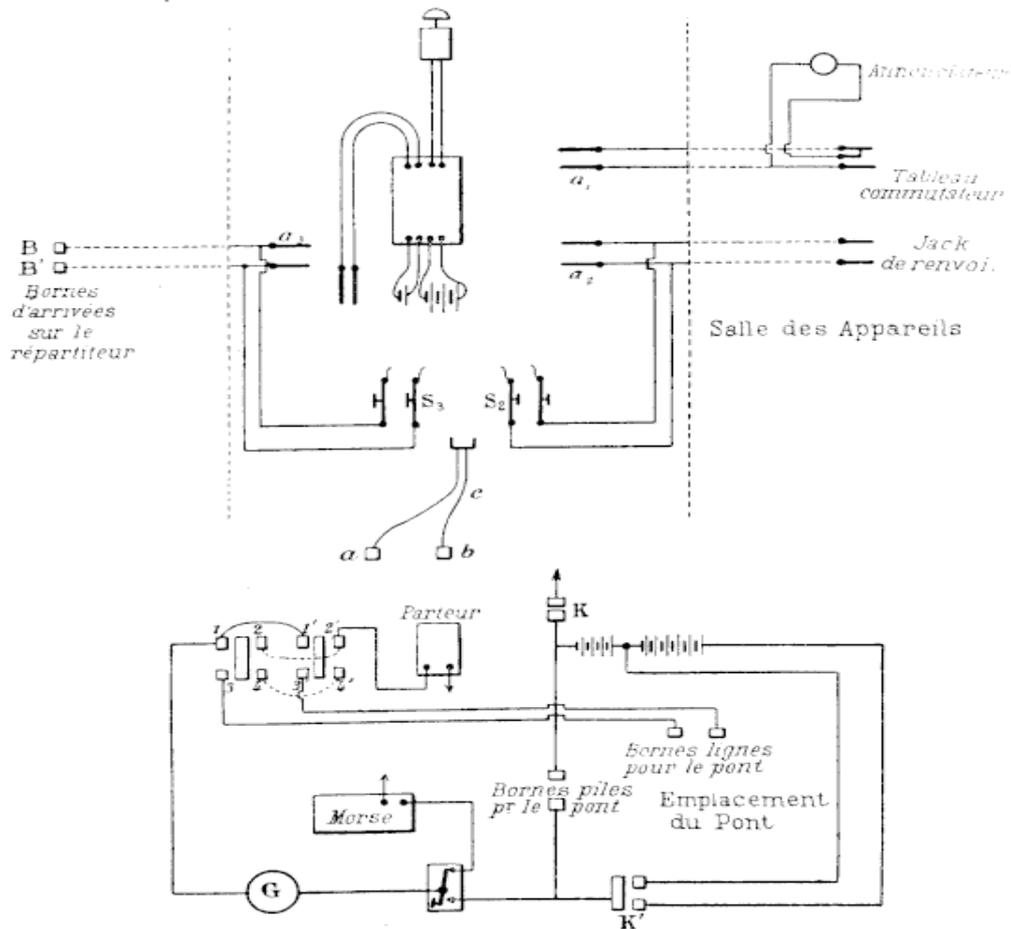


FIG. 524.

Une cheville en 4 ou 4' boucle les deux fils du circuit.
 On a donc le moyen de placer :
 1° Les deux fils du circuit, l'un sur Morse, l'autre sur parleur ;
 2° L'entente télégraphique établie, d'amener ces deux fils
 sur les bornes du pont.

Pour inverser la position des fils du circuit et recommencer
 la mesure, on retourne sur lui-même le crochet *c*.

Le commutateur K permet de mettre un des pôles de la pile à la terre.

Le commutateur K' permet de faire varier le voltage de la pile utilisée.

On a marqué sur le croquis le seul emplacement du pont ; le montage de celui-ci est en effet variable et, suivant la nature du dérangement, conforme aux règles indiquées précédemment.

En ce qui concerne la constitution du pont, il est désirable que les modifications de son montage puissent s'exécuter à l'aide de fiches, sans aucune incertitude.

On recommandera, par exemple, la combinaison suivante (fig. 525) :

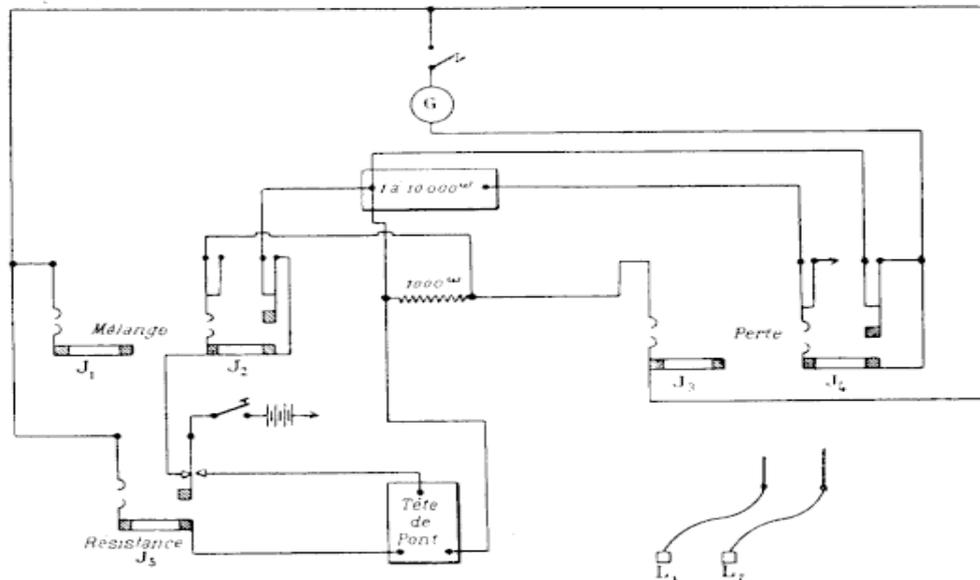


FIG. 525.

En enfonçant les fiches dans J₁ et J₂ le pont est établi pour faire une mesure de mélange ;

En enfonçant les fiches dans J₃ et J₄, le pont est établi pour faire une recherche de perte ;

En enfonçant une fiche dans J₅ le pont est établi pour faire une mesure de résistance.

Matériel des bureaux non pourvus d'appareils d'essais.

— Les bureaux non pourvus de station d'essai devront être utilement munis des appareils suivants :

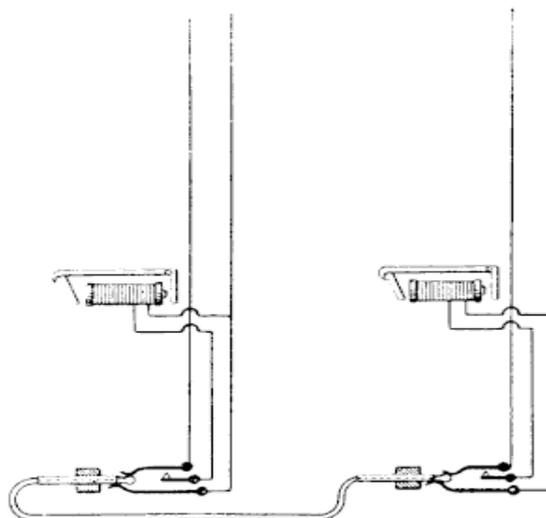


FIG. 526.

1° Un cordon à deux fiches permettant soit de mettre deux circuits en communication directe, soit, en enfonçant une seule des deux fiches dans le jack, d'isoler les extrémités du circuit aboutissant au jack (fig. 526);

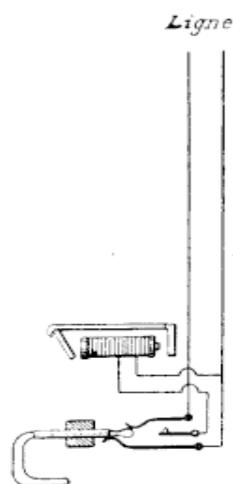


FIG. 527.

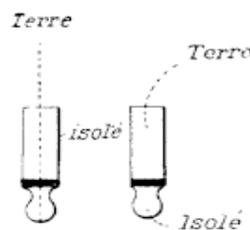


FIG. 528.

2° Une fiche permettant de boucler les deux conducteurs d'un circuit (fig. 527);

3° Deux fiches permettant de mettre un des fils du circuit à la terre et de laisser l'autre isolé (chacune de ces fiches correspondant à l'une des deux combinaisons possibles *fig. 528*).

§ 2. — Bureaux télégraphiques.

Dans les bureaux télégraphiques l'essai périodique le plus important est fait à l'aide du milliampèremètre. Nous avons vu (*fig. 487*) comment la plupart des commutateurs rapides permettent d'insérer ces appareils sur les fils : nous ne reviendrons pas sur ce sujet.

Pour la localisation des dérangements il convient d'observer les mêmes règles que celles données pour les bureaux téléphoniques. On aura soin en particulier de boucler, toutes les fois qu'on le pourra, le fil en dérangement avec un autre fil en bon état de manière à être ramené au cas d'un circuit. Toutefois l'essai au téléphone n'étant plus possible cette fois, il conviendra de se porter immédiatement au Morse.

