

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)	Rothen, Timotheus (1830-1897)
Titre	Étude sur la téléphonie
Adresse	Berne : imprimerie Rieder & Simmen, 1888
Collation	1 vol. (136 p.-[1] f. de pl.) : ill., tabl. ; 29 cm
Nombre d'images	146
Cote	CNAM-BIB 4 Sar 117
Sujet(s)	Lignes téléphoniques -- 19e siècle Téléphone -- Appareils et matériel -- 19e siècle
Thématique(s)	Technologies de l'information et de la communication
Typologie	Ouvrage
Note	Extrait du : "Journal télégraphique", années 1886 à 1888.
Langue	Français
Date de mise en ligne	21/01/2021
Date de génération du PDF	20/01/2021
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?4SAR117

ÉTUDE
SUR
LA TÉLÉPHONIE

Collection de Monsieur
André SARTIAUX

PAR

M^r le D^r **ROTHEN**,
Directeur-adjoint des télégraphes suisses.

(Extrait du *Journal télégraphique*, années 1886 à 1888.)



BERNE.

IMPRIMERIE RIEDER & SIMMEN.
1888.

Sar 117

Handwritten signature

ÉTUDE SUR LA TÉLÉPHONIE

PAR

M^r le D^r **ROTHEN**,
Directeur-adjoint des télégraphes suisses.

(Extrait du *Journal télégraphique*, années 1886 à 1888.)



BERNE.

IMPRIMERIE RIEDER & SIMMEN.
1888.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.		Pages.
<i>I. Statistique</i>	1	<i>VI. Théorie du téléphone</i>	77
<i>II. Monopole</i>	10	<i>VII. La lutte contre l'induction</i>	93
<i>III. Taxes</i>	16	<i>VIII. Les lignes</i>	111
<i>IV. Législation, décrets et ordonnances</i>	24		
<i>V. Appareils et installations</i>	28	Coup-d'œil rétrospectif	125
<i>a. Récepteurs</i>	28	1. Statistique	125
<i>b. Transmetteurs</i>	33	2. Monopole	127
<i>c. Appareils accessoires des stations téléphoniques</i>	39	3. Taxes	127
<i>d. Arrangements spéciaux des stations téléphoniques</i>	45	4. Législation, décrets et ordonnances	128
<i>e. Stations centrales</i>	47	5. Appareils et installations	129
<i>f. Plusieurs stations sur un fil</i>	60	6. Théorie	134
<i>g. Téléphonie domestique, militaire, etc.</i>	72	<i>P. S. relatif à l'organisation des stations centrales</i>	135

ÉTUDE SUR LA TÉLÉPHONIE

PAR

M^r ROTHEN

Directeur-adjoint des télégraphes suisses.

Dans les Numéros 5 à 8 du *Journal télégraphique* de l'année 1883, nous avons publié quelques articles donnant une description de l'état de la téléphonie en Suisse à cette époque.

Depuis lors la téléphonie a partout fait de grands progrès qui se sont manifestés, d'un côté par le développement rapide des réseaux téléphoniques et d'un autre côté par les perfectionnements introduits dans les appareils, la construction des lignes et l'exploitation.

Nous avons donc cru utile d'étudier sommairement ces différents perfectionnements et d'établir ainsi, en un résumé succinct, une image fidèle de l'état actuel de la téléphonie. Nous nous permettrons d'exprimer nos critiques là où les appareils ou installations nous paraîtront les justifier, et en général nous joindrons à l'exposé des faits actuels nos réflexions personnelles.

D'autre part, au lieu de nous restreindre à la téléphonie en Suisse, nous traiterons ce nouveau moyen de communication d'une manière plus générale, en l'examinant dans tous les pays où la téléphonie a trouvé accès. La Suisse occupera pourtant dans cette étude une place prépondérante non pas que, dans notre pensée, son service téléphonique prédomine d'aucune manière sur celui d'autres pays, mais parce que, le

connaissant mieux que les autres, nous pouvons fournir à cet égard des données plus complètes et plus exactes et y ajouter nos idées sur les principes qui nous paraissent devoir être adoptés pour l'exploitation des réseaux téléphoniques.

Nous nous proposons de diviser notre travail ainsi qu'il suit :

Statistique.

Monopole et législation.

Perfectionnements apportés aux appareils et aux systèmes d'installation.

Théorie du téléphone et du microphone.

Procédés divers pour combattre les effets de l'induction.

Lignes téléphoniques aériennes et souterraines.

1. Statistique.

L'établissement d'une statistique complète des communications téléphoniques serait aujourd'hui encore une œuvre impossible. Les renseignements sont trop irréguliers, présentent trop de lacunes et ne portent pas sur la même date. Parmi les nombreuses Compagnies téléphoniques, il y en a même quelques-unes qui re-

fusent d'en donner sur leurs réseaux. Le Bureau international des Administrations télégraphiques a tenté, en 1883, de dresser une statistique analogue à celle qu'il publie annuellement sur la télégraphie, mais malgré l'étendue de ses relations et la bonne volonté des Offices de l'Union il n'a pu, jusqu'à présent, mettre son projet à exécution à cause du manque de renseignements suffisants. Cependant le *Bulletin international de l'électricité* a publié récemment une « Situation des réseaux téléphoniques » qui est, autant que nous le sachions, le tableau le plus complet qui existe actuellement. C'est un travail dont nous utiliserons les données, lorsque nous ne pourrons les rectifier par des indications plus nouvelles ou plus détaillées.

Pour arriver à une statistique complète et d'une valeur véritable, il serait indispensable que toutes les données fussent arrêtées à la même date, par exemple au 31 Décembre de chaque année, que les indications sur les différents réseaux fussent établies d'après un plan uniforme et que les informations s'étendissent sur les matières suivantes qui étaient comprises dans la formule préparée par le Bureau international : longueur des lignes et fils aériens et souterrains en service et en réserve; nombre de stations centrales par réseaux; nombre des stations d'abonnés; nombre des cabines publiques; système de conducteurs (s'il est à 1 ou à 2 fils); système de permutateurs de la station centrale; système téléphonique employé chez les abonnés; personnel employé pour l'administration générale, pour le service de la station centrale, pour la construction et l'entretien des lignes et des stations des abonnés; nombre des communications de l'année entière par abonné, nombre des communications avec les cabines publiques; remise et réception de télégrammes par téléphone; communications interurbaines; taxes pour l'abonnement annuel et pour les différentes communications, cabines, service des télégrammes et conversations interurbaines; dépenses de premier établissement du réseau, dépenses résultant de l'extension du réseau et de son exploitation pendant l'année; chiffre de la population de la ville.

Nous sommes loin de pouvoir fournir une statistique aussi complète. Dans les tableaux qui suivent nous avons, à titre d'essai, cherché à rassembler tous les renseignements de quelque valeur et à les grouper convenablement; malheureusement beaucoup de réseaux nous échappent complètement, surtout dans les pays lointains. Ce n'est que dans une statistique future qu'il sera possible, nous l'espérons du moins, de se rapprocher davantage du programme que nous avons indiqué ci-dessus.

Europe.

Allemagne ¹⁾.

VILLES.	Nombre des stations.	Population.	Nombre d'habitants par station téléphonique.
Berlin ²⁾	4300 ³⁾	1 316 382	306
Hambourg ⁴⁾	1951	471 411	242
Dresde ⁵⁾	727	235 515	324
Francfort s./M.	491	153 765	315
Leipzig ⁶⁾	468	170 076	363
Cologne	387	160 926	416
Breslau	348	298 893	859
Magdebourg	311	114 052	367
Mannheim	293	54 000 ⁷⁾	184
Stettin	286	99 457	348
Crefeld	278	90 000	324
Hanovre	246	138 912	565
Brême	215	123 000	572
Mulhouse	181	68 000	376
Chemnitz	179	110 693	618
Düsseldorf	148	114 491	774
Strasbourg	137	112 091	818
Elberfeld	132	106 363	806
Dantzig	122	114 201	936
Lübeck	117	34 573	295
Königsberg	110	150 697	1370
Mayence	108	61 000	565
München-Gladbach	103	8 046	78
Halle	102	70 000	686
Brunswick	100	75 000	750
District silésien ⁸⁾	133	—	—
Munich ⁹⁾	442	206 005	466

¹⁾ Cette statistique se rapporte, dans sa généralité, au 31 Octobre 1885.

Il y a actuellement 81 réseaux avec 98 stations centrales, 14 000 stations d'abonnés et 24 000 kilomètres de fil. Les stations centrales sont desservies par 348 employés, dont chacun établit en moyenne 339 communications par jour.

Le total des communications établies en 1885 a été de 30 340 000.

Le téléphone Siemens et Halske est employé comme transmetteur et récepteur. En Bavière le transmetteur est le microphone Crossley.

Le prix d'abonnement annuel est de fr. 187,50. Dans des cas exceptionnels il peut tomber jusqu'à fr. 62,50. Les communications avec les cabines publiques se paient 62 1/2 centimes par 5 minutes; le prix pour les communications interurbaines varie, suivant la distance, entre 62 1/2 et fr. 1,25.

La téléphonie est exclusivement entre les mains de l'Administration des postes.

(Ces indications sont en partie tirées d'un discours prononcé le 20 Mars 1885 par M. le Conseiller intime Triebel, dans une séance de la Société électrotechnique de Berlin).

²⁾ Le réseau de Berlin compte 8 stations centrales, 8400 kilom. de fil. En 1885 il y a eu 17 000 000 de communications.

³⁾ Ce chiffre d'abonnés se rapporte au commencement de 1886.

⁴⁾ Hambourg a deux stations centrales.

⁵⁾ Dresde a deux stations centrales.

⁶⁾ Leipzig a trois stations centrales.

⁷⁾ La population des villes se rapporte au recensement du 1^{er} Décembre 1885, sauf pour Mannheim, Crefeld, Mulhouse, Lubeck, Mayence, M. Gladbach, Halle, Brunswick et Munich.

⁸⁾ Le district silésien comprend les localités de Beuthen, Mysłowitz, Katowitz, Königshütte, Zabrze-Gleiwitz et Tarnowitz avec 4 stations centrales au total et 1210 kilomètres de fil.

⁹⁾ Les données pour Munich se rapportent au 20 Janvier 1884. La longueur totale des fils était alors de 630 kilomètres dont 500 en activité. Munich a 2 stations centrales.

Nous manquons de renseignements suffisamment récents sur les villes de Stuttgart, Nuremberg, Altona, Barmen et Aix-la-Chapelle.

Autriche-Hongrie ¹⁾.

VILLES.	Nombre des abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par station d'abonné.	Prix de l'abonnement. Francs.	Société gérant le réseau ²⁾ .
Vienne . . .	946	1 200 000	1268	375 ³⁾	a
Budapest . .	672	375 000	558	450	b
Prague . . .	370	200 000	541	225 ⁴⁾	c
Trieste . . .	284	100 000	352	225 ⁴⁾	c
Brünn . . .	201	73 000	363	225	a
Gratz . . .	170	100 000	588	225 ⁴⁾	c
Lemberg . .	97	100 000	1031	225 ⁴⁾	c
Bielitz-Biala	90	23 000	256	200 ⁴⁾	c
Cernowitz . .	80	35 000	437	200 ⁴⁾	c
Reichenberg	74	27 000	365	200 ⁴⁾	c
Linz . . .	60	41 687	695	—	—
Pilsen . . .	48	35 000	729	200 ⁴⁾	c

¹⁾ Les chiffres se rapportent à la date du 5 Décembre 1885.

²⁾ Les Compagnies auxquelles appartiennent les réseaux sont les suivantes:

a. Wiener Privat Telegraphen-Gesellschaft.

b. Budapesti Telefon Halozat (appartient maintenant à l'Etat).

c. Consolidated Telephone Construction and Maintenance Co of London.

³⁾ Au delà d'une distance de 2 kilomètres à partir de la station centrale, chaque kilomètre en plus paie fr. 75 par an.

⁴⁾ Au delà d'une distance de 2 kilomètres à partir de la station centrale, chaque kilomètre en plus paie fr. 100 par an.

Belgique ¹⁾.

VILLES.	Nombre des abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par station d'abonné.	Prix de l'abonnement. Francs.	Société gérant le réseau ²⁾ .
Anvers . . .	1020	260 981	256	250 ³⁾	a
Bruxelles . .	803	379 238	472	250 ³⁾	a
Liège . . .	391	119 942	307	200 ⁴⁾	b
Gand . . .	378	134 599	356	200 ³⁾	a
Verviers . .	358	41 256	115	200 ³⁾	a
Mons . . .	214	27 175	127	150 ⁵⁾	c
Charleroi . .	201	16 255	81	160 ³⁾	a
Louvain . . .	119	32 562	274	—	—

¹⁾ Les données se rapportent à la date du 30 Septembre 1885.

La transmission et réception des télégrammes par téléphone est gratuite. Pendant l'exercice 1885, le nombre des télégrammes expédiés et reçus par téléphone a atteint le chiffre de 282 903.

Le service des cabines publiques est gratuit pour les abonnés; les non abonnés paient 25 centimes par 5 minutes.

Les communications interurbaines se paient le jour fr. 1 pour 5 minutes et fr. 1,50 pour 10 minutes; pendant la nuit fr. 2 et respectivement fr. 3.

²⁾ Les Compagnies sont les suivantes:

a. Compagnie belge du téléphone Bell.

b. Compagnie liégeoise du téléphone Bell.

c. Compagnie du réseau téléphonique de Mons.

³⁾ Ce prix est perçu dans un rayon de 3 kilomètres, au delà de ce rayon chaque kilomètre en sus paie fr. 50 en plus.

⁴⁾ Ce prix s'applique à un rayon de 1500 m.; dans un rayon de 3 kilom. il est perçu fr. 250, et au delà du rayon de 3 kilomètres il est perçu fr. 50 par kilomètre en plus.

⁵⁾ Ce prix est perçu dans un rayon de 3 kilomètres; au delà de ce rayon on ajoute fr. 35 par kilomètre en plus.

Danemark ¹⁾.

VILLES.	Nombre d'abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par abonné.
Copenhague . .	1336	274 000	205
Elseneur . . .	34	8 900	262

¹⁾ Les données se rapportent à la date du 5 Décembre 1885.

Les deux réseaux appartiennent à la Kjøbenhavn telefon Selskab. Les prix d'abonnement par an sont, dans les villes, de fr. 208, dans les faubourgs de fr. 246 et dans les environs de fr. 277 à 416.

Espagne ¹⁾.

VILLES.	Nombre d'abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par station d'abonné.	Prix de l'abonnement. Francs.
Barcelone . . .	300	730 500	2435	374
Madrid . . .	277	477 500	1720	374
Valence . . .	24	150 000	6250	280

¹⁾ Les données se rapportent à la date du 9 Novembre 1885.

Les réseaux téléphoniques en Espagne sont gérés par l'Administration des télégraphes.

France ¹⁾.

VILLES.	Nombre des abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par station d'abonné.	Prix de l'abonnement. Francs.	Géré par ²⁾ .
Paris	4054	2 799 329	691	600 ³⁾	a
Lyon	652	376 613	578	400 ⁴⁾	a
Marseille . . .	406	362 983	894	400 ⁴⁾	a
Bordeaux . . .	355	221 305	623	400 ⁴⁾	a
Roubaix-Turcoing	295	143 652	487	200 ⁵⁾	b
Reims	256	93 823	366	200 ⁵⁾	b
Le Havre . . .	201	105 867	527	400 ⁴⁾	a
Lille	158	178 144	1127	200 ⁵⁾	b
Troyes	133	46 067	346	200 ⁵⁾	b
Rouen	112	105 906	945	400 ⁴⁾	a
St-Pierre-Calais	108	46 819	433	400 ⁴⁾	a
Nantes	92	124 319	1351	400 ⁴⁾	a
Dunkerque . .	84	37 328	444	200 ⁵⁾	b
St-Quentin . .	62	45 838	739	200 ⁵⁾	b
Oran	59	54 347	921	400 ⁴⁾	a
Elbœuf	52	22 152	426	200 ⁵⁾	b
St-Etienne . .	38	123 813	3258	400 ⁴⁾	a
Alger	36	65 227	1812	400 ⁴⁾	a
Armentières . .	12	25 089	2091	200 ⁵⁾	b
Halluin	10	14 020	1402	200 ⁵⁾	b

¹⁾ Ces données se rapportent à la date du 10 Décembre 1885. Les communications interurbaines se paient fr. 1 les 5 minutes.

²⁾ a. Société générale des téléphones.

b. L'Etat. Les stations centrales ne sont desservies que pendant le jour.

³⁾ Deux postes du même abonné coûtent fr. 1100, trois postes fr. 1500. La Société générale demande dans tous ses réseaux pour la transmission des télégrammes une surtaxe de fr. 50 par an, pour l'usage des cabines publiques, dont il y en a 74 à Paris, une surtaxe de fr. 40 par an; les non-abonnés paient dans les réseaux de la Société générale comme dans ceux de l'Etat, 50 centimes par 5 minutes de conversation.

Le réseau de Paris possédait à la fin de 1885 6970 kilomètres de fils souterrains et 56 kil. de lignes aériennes.

⁴⁾ Deux postes du même abonné coûtent fr. 750, trois postes fr. 1050.

⁵⁾ Le prix de fr. 200 se rapporte à la limite de l'octroi; au delà de cette limite chaque 1/5 de kilomètre paie fr. 5 en plus. L'abonné supporte en outre les frais de première installation de la ligne et de ses appareils.

Grande-Bretagne ¹⁾.

VILLES.	Nombre des abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par station d'abonné.	Prix de l'abonnement. Francs.	Société gérant le réseau ²⁾ .
Londres . . .	4193	4 764 312	1134	500 ³⁾	a
Manchester . .	1171	569 909	487	500 ⁴⁾	b
Liverpool ⁵⁾ . .	1169	552 425	473	500 ⁴⁾	b
Dundee et Forfar	1071	140 230	131	250	c
Glasgow . . .	1041	511 445	491	500	c
Dublin	665	273 282	411	300 ⁶⁾	d
Aberdeen . . .	492	87 409	178	250	c
Bradford . . .	478	183 030	383	375	c

VILLES.	Nombre des abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par station d'abonné.	Prix de l'abonne- ment. Francs.	Société gérant le réseau ²⁾ .
Leeds	391	309 126	791	375	c.
Birmingham . . .	388	400 757	1034	375	c
Belfast	375	207 671	554	375	c
Bristol	339	206 503	609	375 ⁷⁾	e
Edimbourg	331	228 380	690	375	c
Nottingham	258	186 656	758	375	c
Brighton	230	128 440	558	300 ⁸⁾	f
Sheffield	226	300 563	1330	250	c
Preston	207	96 532	466	200 ⁹⁾	b
Sunderland	191	116 542	610	350	g
Blackburn	189	104 112	551	300 ¹⁰⁾	b
Perth	128	29 724	232	250	c
Birkenhead	113	83 324	737	500	b
Greenock	109	64 700	593	350	c
Dewsbury	105	29 617	282	375	c
Huddersfield	78	81 825	1049	375	c
Southport	77	32 191	418	300	b
Inverness	73	17 366	238	250	c
Plymouth	63	73 794	1171	300	e
Halifax	53	73 633	1389	250	c
Cambridge	52	35 663	686	250	f
Wolverhampton . . .	51	75 738	1485	300	c
Norwich	50	87 842	1757	250	f
Burnley	49	63 502	1296	300 ⁸⁾	b
Wednesbury	49	24 564	501	300	c
Bolton	48	105 422	2196	300	b
Kirkcaldy	47	15 000	319	250	c
Northampton	46	51 881	1128	250	f
Dumharton	45	11 527	256	375	c
Hanley	44	48 361	1099	300	c
Paisley	42	17 466	416	375	c
Hastings	41	42 258	1031	250	f
Portsmouth	40	127 953	3199	300	e
Wyan	35	48 196	1377	300	b
Oldham	32	152 511	4766	300	b
Barrow	30	47 111	1570	375	b
Carlisle	30	35 866	1195	250	c
Lancaster	29	20 724	715	250	b
Warrington	28	45 300	1618	300	b
Acrington	27	31 435	1164	300	b
Kidderminster	25	24 270	971	250	c
South Shields	25	56 875	2275	300	g
Reading	24	42 054	1752	250	f
Whitehaven	24	19 321	805	250	c
New Castle	23	145 359	6320	300	g
Scarborough	22	30 484	1386	300	c
Ipswich	21	50 546	2407	250	f
Darwen	18	33 557	1864	300	b
Chatham	17	46 788	2752	250	f
Chester	17	40 342	2373	300	b
Coatbridge	15	15 802	1063	375	c
Blackpool	14	12 600	900	300	b
Eastbourne	14	21 595	1542	250	f
Rochdale	14	68 865	4919	300	b
Stockport	14	59 544	4253	300	b
Torquay	14	24 765	1769	300	e
Wakefield	14	30 573	2184	375	c
Widnes and Runcorn .	14	44 202	3157	300	b
St-Helens	13	57 234	4403	300	b

VILLES.	Nombre des abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par station d'abonné.	Prix de l'abonne- ment. Francs.	Société gérant le réseau ²⁾ .
Workington	12	14 361	1197	250	c
Arbroath	9	21 785	2421	250	c
Ashton under Lyne .	9	43 389	4821	300	b
Bury	9	51 582	5731	300	b
Hamilton	6	11 580	1930	375	c
Bangor	5	6 738	1348	—	b
Littleborough . . .	5	10 405	2081	300	b
Altrincham Bowdon .	4	17 000	4250	—	b
Chorley	4	22 792	5698	300	b
Fleetwood	4	6 513	1628	300	b
Newton	4	9 826	2456	—	b
Todmorden	4	23 861	5965	300	b
Windermere	4	12 746	3186	—	b
Carnarvon	3	5 126	1709	—	b
Flint	3	7 090	2363	—	b
Holyhead	3	10 928	3643	—	b
Maryport	3	7 439	2479	—	c
Welshpool	3	8 543	2848	—	b
Wrexham	3	2 000	667	—	c
Bryerley Hill	2	11 603	5801	—	c
Staley-Bridge	2	39 671	19835	300	b
Ulverstone	2	12 237	6118	375	b
Radcliffe	1	15 856	15856	300	b

¹⁾ En Angleterre les Compagnies dominent, mais le Département des postes a aussi établi des réseaux dans certaines villes, par exemple à Hull.

La statistique se rapporte au 31 Décembre 1885, mais certains renseignements sont tirés de l'«Electrician» du 31 Octobre 1885.

²⁾ Les Compagnies sont les suivantes :

- a. United telephone C^e.
- b. Lancashire and Cheshire telephone Exchange C^e.
- c. National telephone C^e.
- d. Telephone C^e of Ireland.
- e. Western counties and South Wales telephone C^e.
- f. South of England telephone C^e.
- g. Northern district telephone C^e.

³⁾ Les stations d'embranchement ne paient que fr. 300.

Parmi les 4193 abonnés, il y a 356 agents de change qui ont un réseau spécial entre eux et qui ne paient que fr. 62,50 par année.

Les télégrammes peuvent être expédiés et reçus gratuitement par téléphone.

⁴⁾ Les stations d'embranchement ne paient que fr. 300.

Les télégrammes peuvent être expédiés et reçus gratuitement par téléphone.

⁵⁾ Le réseau de Liverpool comprend encore ceux de Bootle, Garston, Gateacre, Old Swan, Waterloo et Wavertree.

⁶⁾ Dans un rayon de 1609^m.

⁷⁾ Le second abonnement se paie fr. 250.

⁸⁾ C'est l'abonnement que paient les commerçants, les particuliers paient 250 francs.

⁹⁾ Pour commerçants; les particuliers paient fr. 150.

¹⁰⁾ Pour commerçants; les particuliers ne paient que fr. 200.

Italie¹⁾.

VILLES.	Nombre des abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par station d'abonné.	Prix de l'abonne- ment. Francs.	Société gérant le réseau ²⁾ .
Rome	2054	300 000	146	174 ³⁾	a
Milan	925	419 787	454	184 ⁴⁾	b
Gènes	915	180 000	197	160 ⁵⁾	e
Naples	840	500 000	595	200 ⁶⁾	c
Turin	758	252 832	334	186 ⁴⁾	f
Florence	686	163 112	238	140 ⁴⁾	g
Palerme	440	234 000	532	200 ⁶⁾	c
Bologne	400	123 274	308	130 ⁴⁾	g
Livourne	346	97 096	281	160 ⁴⁾	g

VILLES.	Nombre des bureaux.	Population.	Nombre d'habitants par station d'abonné.	Prix de l'abonnement. Francs.	Société gérant le réseau ²⁾ .
Catane . . .	213	100 000	469	200 ⁶⁾	c
Venise . . .	200	132 000	660	200	d
Padoue . . .	160	66 107	413	150	h
Messine . . .	138	125 000	906	200 ⁶⁾	c
Pise . . .	105	50 341	479	120 ⁷⁾	l
Brescia . . .	100	40 499	405	—	i
Sampierdarena ⁸⁾	60	—	—	150 ³⁾	e

¹⁾ Les données se rapportent à la date du 31 Décembre 1885.

Le nombre des cabines publiques dans tous les réseaux se monte à 29.

²⁾ Les Sociétés gérant les différents réseaux sont les suivantes :

a. Società Romana di telefoni.

b. Società Lombarda telefonica.

c. Società meridionale di telefoni e di elettricità.

d. Società generale italiana di telefoni ed applicazioni elettriche.

e. Società telefonica Ligure.

f. Società telefonica piemontese.

g. Società telefonica per l'Italia centrale.

h. Società Padovana per il telefono ed altre applicazioni della elettricità.

i. Municipalità di Brescia.

l. Impresa dei telefoni.

³⁾ Dans la banlieue le prix s'élève à fr. 300.

⁴⁾ Dans la banlieue le prix augmente de fr. 100.

⁵⁾ Le réseau est divisé en zones, la première paie 160, la seconde fr. 200.

⁶⁾ En dehors de l'enceinte de l'octroi le prix est de fr. 300. Un abonné de plusieurs stations jouit d'un rabais de 20 %.

Pour le Gouvernement, les communes et les établissements de bienfaisance on accorde un rabais de 50 %.

Cette dernière faveur est aussi accordée dans les réseaux de Gênes et Sampierdarena.

⁷⁾ En dehors de l'enceinte et jusqu'à 1 kilom. de distance fr. 150; chaque kilomètre en dessus paie fr. 50 en plus.

⁸⁾ Gênes et Sampierdarena sont reliés par un fil interurbain. Les abonnés de Gênes qui veulent profiter de cette communication paient fr. 30 par an, ceux de Sampierdarena fr. 20.

Luxembourg.

VILLE.	Nombre d'abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par abonné.
Luxembourg . . .	120	16 679	139

Pays-Bas ¹⁾.

VILLES.	Nombre des abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par station d'abonné.	Prix de l'abonnement. Francs.
Amsterdam . . .	1195	335 000	280	248
Rotterdam . . .	623	157 500	253	252
La Haye . . .	206	117 000	568	252
Arnhem . . .	133	41 500	312	252
Utrecht . . .	112	70 000	625	252
Dordrecht . . .	87	27 500	316	252
Groningen . . .	73	47 000	644	252
Haarlem . . .	64	38 000	594	252

¹⁾ Les données se rapportent à la date du 14 Octobre 1885.

Tous les réseaux appartiennent à la Nederlandsche Bell telephoon Maatschappij.

Portugal ¹⁾.

VILLES.	Nombre d'abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par abonné.
Lisbonne . . .	497	223 000	449
Oporto . . .	329	110 000	334

¹⁾ Les données se rapportent au 31 Décembre 1885.

Les deux réseaux appartiennent à la Gower Bell telephone Co of Europe. Pour les maisons de commerce le prix d'abonnement est de fr. 250; pour les particuliers il est de fr. 187,50.

Russie ¹⁾.

VILLES.	Nombre des abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par station d'abonné.	Prix de l'abonnement. Francs.	Société gérant le réseau ²⁾ .
St-Petersbourg . . .	1100	850 000	773	575	a
Moscou . . .	650	800 000	1231	575	a
Varsovie . . .	600	350 000	683	575	a
Helsingfors . . .	575	46 000	80	200	b
Odessa . . .	500	220 000	440	345	a
Riga . . .	400	135 000	337	345	a
Åbo . . .	250	27 000	108	150	b
Lodz . . .	200	180 000	900	345	a
Wasa . . .	150	7 000	47	150	b
Wiborg . . .	150	18 500	123	150	b
Uleåborg . . .	140	10 000	71	150	b
Tammerfors . . .	120	16 000	133	150	b
Bjorneborg . . .	105	9 000	86	150	b
Kuopio . . .	100	8 500	85	150	b
Tavastehus . . .	90	8 500	94	150	b
Borga . . .	60	4 000	67	150	b
Kotka . . .	30	3 000	100	150	b
Jyväskylä . . .	20	2 500	125	150	b
Kristinestad . . .	20	2 500	125	150	b
Lavisa . . .	20	2 500	125	150	b

¹⁾ Les données se rapportent à la date du 16 Octobre 1885.

²⁾ Les réseaux appartiennent aux Compagnies suivantes :

a. International Bell telephone Co of New-York.

Cette Compagnie a des cabines publiques dans lesquelles 5 minutes de conversation coûtent fr. 1.

b. Compagnie D. J. Waden.

Suède ¹⁾.

VILLES.	Nombre des abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par station d'abonné.	Prix de l'abonnement. Francs.	Société gérant le réseau ²⁾ .
Stockholm . . .	3825	173 433	45	173,50	³⁾
Göteborg . . .	738	76 761	104	167	⁴⁾
Malmö . . .	355	33 528	94	173,50	a
Norköping ⁵⁾ . . .	199	27 300	132	140	—
Sundsvall . . .	180	7 000	39	167	b
Helsingborg . . .	90	10 261	114	173,50	a
Hernösand . . .	80	4 900	61	111	a
Lund . . .	76	12 900	170	173,50	a
Söderhamn . . .	73	6 200	85	174	b
Landskrona . . .	72	—	—	173,50	a
Jönköping . . .	55	13 877	252	173,50	c
Umeå . . .	50	2 600	52	111	a
Uddevalla . . .	42	6 600	157	111	a
Trelleborg . . .	31	—	—	173,50	a
Eslof . . .	29	—	—	173,50	a
Nyland . . .	9	—	—	111	a

¹⁾ Les données se rapportent à la date du 15 Novembre 1885.

Il existe encore d'autres réseaux exploités par des Sociétés coopératives.

²⁾ Les réseaux appartiennent à :

a. L'Administration des télégraphes.

b. Stockholm Bell telefon Aktiebolag.

c. Société Hakou Brunino.

³⁾ A Stockholm la Stockholms Almannas telefonbolag a 2326 abonnés, la Stockholms Bell telefon Aktiebolag 1450 et l'Administration des télégraphes 49; cette dernière fait payer à ses abonnés fr. 278 pour la première installation.

⁴⁾ Le réseau de Göteborg appartient à deux Sociétés. La Göteborgs Bell telefon Aktiebolag a 468 abonnés, la Göteborgs Almannas telefonbolag 270. Cette dernière fait payer fr. 69,50 par an et fr. 250 pour la première installation.

⁵⁾ Les fils aériens du réseau de Norköping ont une longueur totale de 118 kilomètres.

VILLES.	Nombre de stations.	Longueur des lignes en kilom.	Longueur des fils en kilom.	Popu- lation ¹⁾ .	Nombre d'habitants par station.	Cabines publiques.	Personnel du service ²⁾ .	HEURES DE SERVICE ³⁾ .	
								Jours ouvrables.	Dimanches et jours fériés.
Genève	1043	221,424	1294,340	68 320	65	1	3 + 10	permanent.	
Genthod-Bellevue	15			338	23	—	*	7/8 m-12, 2-6, 8-8 ¹ / ₂ s	7/8 m-9, 1-3, 7-8 s
Vandœuvres	8			584	73	—	*	7/8 m-12, 2-6, 8-8 ¹ / ₂ s	7/8 m-9, 1-3, 7-8 s
Zurich	971			75 956	78	12	3 + 16	permanent.	
Bâle	635	139,736	712,387	61 399	97	9	1 + 10	permanent.	
Lausanne	354	80,968	356,773	30 179	85	3	1 + 4	permanent.	
Berne	342	103,770	323,775	44 087	129	11	1 + 4	permanent.	
Muri	6			1 178	196	—	**	—	
St-Gall	215			21 438	100	1	1 + 3	7/8 m-9 s	7/8 m-9 s
Hérisau	70			11 082	158	5	* 1	7/8 m-9 s	7/8 m-9 s
Speicher	6	134,615	483,349	3 201	533	—	**	—	
Teufen	2			4 740	2370	—	***	—	
Chaux-de-Fonds	172	72,915	147,195	22 456	131	2	1 + 2	7/8 m-9 s	7/8 m-9 s
Lucerne	134	34,313	125,392	17 850	133	3	1 + 2	7/8 m-9/10 s	7/8 m-9/10 s
Vevey	134	33,718	131,530	7 820	58	—	1 + 3	permanent.	
Montreux	118	38,055	163,573	1 921	16	—	* 2	permanent.	
Winterthur	117	61,946	175,389	13 595	116	—	1 + 2	permanent.	
Bienne	111	34,075	121,070	11 623	105	1	*	7/8 m-9 s	7/8 m-9 s
Neuchâtel	111	42,050	125,735	15 612	141	1	1 + 2	7/8 m-9 s	7/8 m-9 s
St-Blaise	5			1 351	270	—	*	7/8 m-12, 2-6, 8-8 ¹ / ₂ s	7/8 m-12, 2-6, 8-8 ¹ / ₂ s
Soleure	69			7 668	111	—	*	7/8 m-9 s	7/8 m-9 s
Schaffhouse	61			17 539	11 795	193	—	permanent.	
Loeche	37	10,850	31,333	10 464	283	—	*	7/8 m-9 s	7/8 m-9 s
Aigle	27	7,643	34,746	3 371	125	—	1	7/8 m-12, 1-6, 7-9 s	7/8 m-12, 1-6, 7-9 s
Thalweil	25	11,125	38,955	3 311	132	—	*	7/8 m-12, 1-6, 7-9 s	7/8 m-4 s
Horgen	23	11,545	31,390	5 268	229	—	*	7/8 m-12, 1-6, 7-9 s	7/8 m-12, 1-6, 7-9 s
Thoune	22	12,222	47,765	5 124	233	—	*	7/8 m-9 s	7/8 m-9 s
Baden	21	9,905	28,250	3 692	176	—	*	7/8 m-9 s	7/8 m-9 s
Morges	21	8,720	21,530	3 952	188	—	*	7/8 m-9 s	7/8 m-9 s
Nyon	21	11,234	35,900	3 637	174	—	*	7/8 m-9 s	7/8 m-9 s
St-Imier	21	4,843	13,344	7 114	339	—	*	7/8 m-9 s	7/8 m-12, 1-6, 7-9 s
Bex	20	16,956	28,106	3 958	198	—	1	7/8 m-12, 1-6, 7-9 s	7/8 m-12, 1-6, 7-9 s
Wädenswil	17	8,030	19,335	6 206	365	—	*	7/8 m-12, 1-6, 7-9 s	7/8 m-12 s
Rorschach	16	7,605	21,490	4 368	273	—	*	7/8 m-9 s	7/8 m-9 s
Porrentruy	14	4,575	8,878	5 676	405	—	*	permanent.	
Liestal	13	17,995	26,385	4 679	360	—	1	7/8 m-9 s	7/8 m-9 s
Richterswil	13	5,090	10,880	3 826	294	—	*	7/8 m-12, 1-6, 7-9 s	7/8 m-12 s
Affoltern	12	39,580	83,175	2 201	183	1	*	7/8 m-12, 2-6 s	7/8 m-9, 1-3, 7-8 s
Amriswil	11	8,730	12,235	2 774	252	—	*	7/8 m-12, 1-8 ¹ / ₂ s	7/8 m-12, 2-6, 8-8 ¹ / ₂ s
Cernier	9	1,260	8,289	1 122	125	1	1	7/8 m-9 s	7/8 m-9, 1-3, 7-9 s
Adliswil	6	2,735	21,010	2 179	363	—	*	7/8 m-12, 2-6 s	7/8 m-11, 1-3 s
Arbon	6	1,380	4,630	2 475	412	—	*	7/8 m-12, 1-6, 7-8 ¹ / ₂ s	7/8 m-9, 1-3, 7-8 s
Coire	5	3,800	3,800	8 889	1778	—	*	7/8 m-9/10 s	7/8 m-9/10 s
Langenthal	5	11,700	16,500	3 846	769	—	***	—	
Fribourg	3			11 546	3849	—	***	—	
Interlaken	2			2 121	1061	—	***	—	
St-Aubin	2			681	340	—	***	—	
Ballaigues	3	10,600	17,400	638	213	—	***	—	
Grandson	3			1 742	581	—	*	7/8 m-12, 2-6, 8-8 ¹ / ₂ s	7/8 m-9, 1-3, 7-8 s
Rolle	3			1 688	563	—	*	7/8 m-12, 1-6, 7-9 s	7/8 m-12, 1-6, 7-9 s
Ste-Croix	2			5 186	2593	—	*	7/8-12, 1/2-6, 7-8 ¹ / ₂ /9 s	7/8 m-9, 1-3, 7-8 s
Yverdon	2	15,600	22,000	5 968	2984	—	***	—	
Aarau	3			5 944	1981	—	*	7/8 m-9 s	7/8 m-9 s
Kölliken	2			1 976	988	—	***	—	
Lenzbourg	2			2 731	1365	—	***	—	
Safenwyl	2	3,000	3,000	1 222	611	—	***	—	
Stansstad	2			763	381	—	***	—	
Zofingue	2			4 465	2233	—	***	—	
Bellinzzone	2			2 436	1218	—	***	—	
Lugano	2	—	—	6 129	3065	—	*	7/8 m-9 s	7/8 m-9 s
Uster	—			—	—	—	*	—	
Wetzikon	—			—	—	—	*	—	

Le tableau ci-dessus indique la situation des réseaux téléphoniques de la Suisse à la date du 1^{er} Janvier 1886. La Suisse possède en outre 68 bureaux télégraphiques où le service se fait par téléphone.

Tous les réseaux sans exception sont gérés par l'Administration des télégraphes. Il est perçu une taxe uniforme de fr. 150 par abonnement, jusqu'à une distance de 2 kilom. de la station centrale. Pour les distances plus grandes, voir *Journal télégraphique*, vol. VII, page 162, où l'on trouve d'ailleurs des renseignements plus détaillés sur les taxes qui sont encore aujourd'hui en vigueur.

On accorde des abonnements à fr. 100 au Gouvernement, aux communes et aux institutions de bienfaisance.

Dans des réseaux d'au moins 30 stations on accorde même au Gouvernement et à la commune une station gratuite. Neuchâtel par exemple a ainsi 4 stations gratuites.

Le service des cabines se paie, pour une période de 5 minutes, à raison de 5 centimes pour les abonnés et 10 centimes pour les non abonnés.

Partout où il y a une station centrale on peut transmettre ou recevoir les télégrammes par téléphone, moyennant une surtaxe de 10 centimes par télégramme.

Les conversations interurbaines se paient, à partir d'une station d'abonné 20 centimes, à partir d'une cabine publique 25 ou 30 centimes pour 5 minutes, quelle que soit la distance.

Les notes qui suivent se rapportent aux chiffres correspondants du tableau ci-contre.

¹⁾ La population est indiquée d'après le recensement du 1^{er} Décembre 1880.

²⁾ Lorsque sous la rubrique „personnel du service“ deux chiffres sont réunis par le signe +, le premier chiffre indique le chef de la station centrale et du réseau et le second les téléphonistes féminins. Genève et Zurich sont administrés par un chef et 2 aides.

Les réseaux marqués d'un astérisque ont leur station centrale dans le bureau télégraphique de la localité et le personnel du télégraphe dessert en même temps le téléphone. On a à cet effet dû augmenter le personnel d'une télégraphiste à Hérissau et de deux à Montreux. Partout ailleurs le personnel télégraphique suffit pour les deux services.

Dans les réseaux marqués par deux astérisques, le service de la station centrale est fait par un des abonnés.

Les réseaux marqués de trois astérisques n'ont pas de station centrale proprement dite.

³⁾ Quand les heures de service sont indiquées par une fraction l'un des chiffres se rapporte à l'été, l'autre à l'hiver. 7/8" indique par exemple commencement du service en hiver à 8 heures, en été à 7 heures; 9/10 fin du service en hiver à 9 heures du soir, en été à 10 heures.

⁴⁾ Le 1^{er} Janvier 1886, le réseau de Zurich est devenu propriété de la Confédération. L'ancienne Société n'a pas pu indiquer la longueur des lignes et fils. C'est en outre le seul réseau qui a plus d'une station centrale (2).

⁵⁾ Au 1^{er} Janvier les stations centrales de Uster et Wetzikon étaient en communication avec Zurich, mais les stations des abonnés n'étaient pas encore reliées. Ces communications ont été établies depuis lors.

Amérique.

Etats-Unis. ¹⁾

VILLES.	Nombre d'abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par abonné.	Prix d'abonnement. Francs.
New-York . . .	9000	1 206 209	134	315—976
Chicago . . .	3630	503 185	139	525—787,50
Buffalo . . .	3200	155 134	48	²⁾
Philadelphie ³⁾	3000	847 170	282	630
Cincinnati . . .	2700	255 130	94	262,50—787,50

VILLES.	Nombre d'abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par abonné.	Prix d'abonnement. Francs.
Brooklin . . .	2354	566 663	241	500
Providence . . .	2250	104 857	47	220,50—315
Boston . . .	2100	362 535	173	378—761,25
Détroit . . .	2025	116 340	57	378
San-Francisco . .	2017	233 956	116	315
Pittsburg . . .	1700	247 765	146	550
Baltimore . . .	1981	332 313	168	500
Cleveland . . .	1685	160 146	95	360
St-Louis . . .	1528	350 518	229	500
Milwaukee . . .	1380	138 523	100	—
Kansas City . . .	1250	55 813	45	—
Washington . . .	1234	147 307	119	—
New-Orleans . . .	1000	216 140	216	—
Albany . . .	1200	155 044	129	—
Indianapolis . . .	1025	75 074	73	—
Evansville . . .	600	25 835	43	—
Atlanta . . .	550	10 445	19	—
Erie . . .	317	27 000	85	—

¹⁾ Aux Etats-Unis le nombre des réseaux est de 752, le nombre des stations de 300 000, la longueur des fils de 138 207 kilomètres, le nombre d'employés 5700. Un capital de 500 millions de francs est engagé. En 1884 les recettes brutes atteignaient fr. 47 500 000, les dépenses fr. 30 250 000. Notre statistique est bien incomplète et se restreint à quelques-uns des réseaux les plus importants.

²⁾ A Buffalo le système de taxe proposé par nous (*Journal télégraphique*, Vol. VII, page 193) est adopté dans son principe, chaque conversation coûtant 20, 25 ou 30 centimes suivant le nombre de conversations annuelles. „Le public affectionne cette combinaison“ (voir Proce dans le *Journal télégraphique*, Vol. IX, page 36).

³⁾ Le réseau de Philadelphie est en communication avec 42 autres bureaux centraux.

Etat des réseaux téléphoniques des Etats-Unis de l'Amérique du Nord au 31 Décembre 1882/1885.

	1882.	1883.	1884.	1885.
Nombre des stations centrales	725	906	764	752
Kilomètres de fil sur poteaux	—	—	142 366	161 914
Kilomètres de fil sur les toits	—	—	19 125	16 169
Kilomètres de fil souterrain	—	—	1 971	5 516
Kilomètres de fil sous-marin	—	—	—	425
Longueur totale des fils en kilomètres	110 331	138 207	163 462	184 024
Nombre d'abonnés	97 728	123 625	134 601	137 570

Antilles.

VILLES.	Nombre d'abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par abonné.
Havanna . . .	356	230 000	646
Port of Spain . .	190	—	—
Bridgetown . . .	175	36 000	206
Kingston . . .	76	35 000	461

Mexique. ¹⁾

VILLES.	Nombre d'abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par abonné.
Mexico . . .	643	241 110	375
Guadalajara . .	171	91 685	536

¹⁾ A en tout 17 réseaux avec un total de 3200 abonnés.

Venezuela.

VILLES.	Nombre d'abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par abonné.
La Guayra . . .	800	—	—
Caracas . . .	475	48 897	103
Valencia . . .	150	29 000	193
Porto-Cabello . .	125	8 000	64

Brésil.

VILLES.	Nombre d'abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par abonné.
Rio de Janeiro .	1675	310 000	184
Pernambuco . .	275	116 671	424
Bahia	245	128 929	526
Campanas . . .	145	—	—
Santos	135	7 100	53

République Argentine.¹⁾

VILLE.	Nombre d'abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par abonné.	Prix de l'abonnement. Francs.
Buenos-Ayres . .	1544	340 000	220	450

¹⁾ Les données se rapportent au 18 Octobre 1885.
Le réseau est exploité par la River Plate telephone and electric light C^e.

Uruguay.¹⁾

VILLE.	Nombre d'abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par abonné.	Prix de l'abonnement. Francs.
Montevideo . . .	389	111 500	287	240

¹⁾ Les données se rapportent au 18 Octobre 1885.
Le réseau est exploité par la River Plate telephone and electric light C^e.

Iles Sandwich¹⁾.

VILLES.	Nombre d'abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par abonné.
Honolulu	425	14 114	33
Autres villes des îles .	600	—	—

¹⁾ Les réseaux sont exploités par la Havaian telephone C^e.

Asie.

Indes et Ceylan.¹⁾

VILLES.	Nombre des abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par abonné.	Prix de l'abonnement. Francs.	Compagnie gérant le réseau ²⁾ .
Calcutta	336	794 645	2365	710	a
Bombay	281	645 000	2295	710	b
Rangoon	109	97 000	906	710	c
Maurice	76	64 000	842	—	c
Singapore	65	97 000	1492	600	c
Colombo	63	100 000	1587	—	c
Madras	43	397 500	9244	710	c
Moulmein	15	54 568	3638	—	c
Kurrachee	14	48 000	3429	—	b

¹⁾ Les données se rapportent au 13 Octobre 1885.

²⁾ Les Compagnies exploitant les différents réseaux sont les suivantes:

- a. Bengal telephone C^e.
- b. Bombay telephone C^e.
- c. Oriental telephone C^e.

Chine.¹⁾

VILLE.	Nombre d'abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par abonné.	Prix de l'abonnement. Francs.
Shanghai	139	300 000	2158	208

¹⁾ Les données se rapportent à la date du 13 Octobre 1885.
Le réseau est exploité par la China and Japan telephone C^e.

Afrique.

Egypte.¹⁾

VILLES.	Nombre d'abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par abonné.
Alexandrie . . .	434	166 000	382
Le Caire	218	498 000	2284

¹⁾ Les données se rapportent à la date du 13 Octobre 1885.
Les réseaux sont exploités par la telephone C^e of Egypt.

Australie.

Queensland.

VILLES.	Nombre d'abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par abonné.
Brisbane	287	28 000	98
Maryborough . .	57	8 608	151
Townsville . . .	51	3 000	59
Rockhampton . .	45	7 431	165

Australie méridionale.¹⁾

VILLES.	Nombre de stations.	Population.	Nombre d'abonnés par station.
Adelaïde ²⁾ . . .	529	27 300	52
Port-Adelaïde . .	46	2 481	54

¹⁾ Les données se rapportent au mois de Mai 1884. Voir pour les provinces de l'Australie le *Journal télégraphique* vol. VIII, page 193.

Les réseaux téléphoniques sont exploités par le Gouvernement.

La longueur totale des fils des deux réseaux est de 1372 kilomètres.

Le prix d'abonnement est de fr. 300 pour une distance maximum de 800", les distances supplémentaires se paient fr. 32,50 les 400".

Pour le droit de converser entre Adelaïde et Port-Adelaïde les abonnés paient une surtaxe annuelle de fr. 250.

La transmission et réception des télégrammes se fait contre une surtaxe de 30 centimes par dépêche.

²⁾ Service permanent.

Nouvelle Galles du Sud.¹⁾

VILLE.	Nombre d'abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par abonné.
Sidney	260	224 211	862

¹⁾ Les données se rapportent au mois de Mai 1884.

Le réseau appartient au Gouvernement. L'abonné paie sa ligne et ses appareils et en outre un abonnement annuel de fr. 125 pour une distance de 1600". Chaque 400" en plus paie un supplément de fr. 32,50.

Victoria.¹⁾

VILLES.	Nombre d'abonnés.	Population.	Nombre d'habitants par abonné.
Melbourne . . .	716	282 947	395
Ballarat	81	35 586	439
Sandhurst . . .	37	28 167	761

¹⁾ Les données se rapportent au mois de Mai 1884.

Les réseaux sont exploités par la Melbourne telephone exchange and Colonial telephone exchange C^e, mais le Gouvernement établit aussi des communications privées.

Nouvelle Zélande.¹⁾

VILLES.	Nombre d'abonnés.	Nombre d'appels quotidiens par abonné.	Population.	Nombre d'habitants par abonné.
Dunedin	343	8,1	43 846	128
Auckland	320	5,6	34 088	106
Wellington	204	9,25	22 825	112
Christchurch	184	10,2	32 915	179
Invercargill	41	4,4	9 350	228
Nelson	39	4,0	7 287	187
Oamaru	33	2,5	6 587	200

¹⁾ Les données se rapportent à la date du 30 Avril 1885; voir en outre le Report of the Postmaster General to the electric telegraph commissioner for the year 1884 et le *Journal télégraphique* vol. IX, page 296. Tous les réseaux sont entre les mains du Gouvernement.

Le prix d'abonnement varie de fr. 200 à 250. Il est de fr. 225 pour les premiers 100 abonnés d'un nouveau réseau et pour la première année, pour les années suivantes fr. 200.

Le maximum de distance est, pour les maisons de commerce, de 800^m, pour les particuliers, de 1600^m; pour chaque 400^m de distance supplémentaire on paie dans la première année fr. 25, dans les années suivantes fr. 19.

Les abonnés qui s'inscrivent après l'ouverture d'un réseau paient dans la première année fr. 250, dans les années suivantes fr. 200.

Une seconde communication paie fr. 175.

Il y a dans tous les réseaux en total 22 cabines publiques.

Jusqu'au 31 Décembre 1884 les dépenses totales pour la construction des réseaux montaient à fr. 660 895; les dépenses en 1884 pour l'exploitation, l'entretien et la réparation montaient à fr. 141 170 et les recettes à fr. 241 100.

Il y a, outre les réseaux mentionnés, 110 bureaux télégraphiques munis d'appareils téléphoniques.

Communications interurbaines.

On peut regarder l'établissement de communications interurbaines comme la seconde période de la téléphonie. Ce système de communications fonctionne sur une grande échelle dans les Etats-Unis, l'Angleterre, l'Allemagne et la Suisse. Dans quelques autres pays on commence à en établir, mais la plupart ne sont pas encore entrés dans cette seconde période.

Allemagne.

Berlin-Magdebourg	178 km.
Berlin-Lubeck.	
Berlin-Potsdam	28 km.
Berlin-Ludwigsfelde	40 km.
Berlin-Charlottenburg.	
Crefeld-Bonn	26 km.
Crefeld-Lobberich	26 km.
Düsseldorf-Crefeld-Münchengladbach.	
Elberfeld-Barmen-Langenberg.	
Neuss-Cologne-Bonn.	
Hambourg-Bremerhaven.	
Francfort-s./M.-Mannheim	86 km.
Francfort-s./M.-Mayence.	
Hambourg-Lübeck	67 km.
Brême-Bremerhaven	69 km.
Cologne-Deutz.	
Barmen-Elberfeld.	
Hambourg-Altona.	
Cologne-Bonn	26 km.
Mannheim-Heidelberg	22 km.
Dresde-Pirna	20 km.
Mulhouse-Thann	21 km.
Mulhouse-Guebwiller	22 km.

La longueur totale des fils interurbains atteint déjà 2223 km.

Autriche-Hongrie.

Gleichenberg-Gablonz 20 km.

Actuellement on fait des essais avec le système Van Rysselberge entre Vienne et Brünn.

Belgique.

Bruxelles-Anvers.

Bruxelles-Gand.

Bruxelles-Louvain.

Bruxelles-Liège.

Bruxelles-Charleroi.

Toutes ces communications sont établies au moyen de fils télégraphiques par le système Van Rysselberge.

France.

Lille-Roubaix-Tourcoing.

Elbœuf-Louviers.

Paris-Reims 178 km *).

Rouen-le Havre *).

*) Entre Paris et Reims et Rouen et le Havre on utilise les fils télégraphiques d'après le système Van Rysselberge.

Grande-Bretagne.

London-Brighton, 96 km.

Accrington-Ashton-Blackburn-Blackpool-Bolton-Burnley-Bury-Derby-Heywood-Liverpool.

Manchester-Salford.

Middleton-Oldham-Preston-Radcliffe-Rochdale-Runcorn-Widnes-Saint Helens-Southport-Staleybridge-Stockport-Warrington-Wigan.

Sunderland-Southshields-Newcastle-Northshields.

Dundee et Forfar-Perth-Arbroath.

Pynedock-Yarrow-Newcastle.

Glasgow-Edinburgh-Greenock-Paisley-Coatbridge-Dumbar-ton-Hamilton.

Bradford-Leeds-Huddersfield-Halifax-Dewsbury-Wakefield-Sheffield.

Birmingham-Wolverhampton-Wednesbury.

Nottingham-Loughborough-Long Eaton-Basford-Ilkeston.

Whitehaven-Workington-Maryport.

Wingate Colliery-Hartlepool 19 km.

Sunderland-Hartlepool.

Cardiff-Newport.

Kneigley-Bradford.

Belfast-Augusta.

Suède.

Stockholm-Rotebro-Upsala-Södertelji-Moubo-Trosa-Dalarö-Vaxholm.

(La plus grande distance 80 km entre Stockholm et Trosa).

Suisse.

1 ^{er} groupe.	Berne-Bienne	31,0 km.
	Berne-Thoune	29,0 "
	Berne-Muri	5,0 "
2 ^e groupe.	Chaux-de-Fonds-Cernier	13,9 "
	Cernier-Neuchâtel	13,3 "
	Neuchâtel-St-Blaise	5,5 "
	Chaux-de-Fonds-Loecle	6,7 "
	Chaux-de-Fonds-St-Imier	18,3 "

3 ^e groupe.	Genève-Bellevue	6,5 km.
	Genève-Lausanne *	61,6 "
	Genève-Nyon *	23,0 "
	Genève-Vandœuvres	5,3 "
	Lausanne-Morges *	13,5 "
	Morges-Nyon *	25,1 "
	Lausanne-Vevey	17,5 "
	Vevey-Montreux	6,2 "
4 ^e groupe.	Montreux-Aigle	13,0 "
	Aigle-Bex	9,1 "
	St-Gall-Amrisweil	17,1 "
	St-Gall-Arbon	12,6 "
	St-Gall-Hérisau	9,1 "
	St-Gall-Rorschach	11,5 "
5 ^e groupe.	St-Gall-Speicher	5,4 "
	St-Gall-Teufen	4,0 "
	Zurich-Adliswyl	4,6 "
	Zurich-Affoltern	16,0 "
	Affoltern-Lucerne	31,5 "
	Zurich-Baden	24,0 "
	Zurich-Horgen	14,4 "
	Horgen-Richtersweil	7,3 "
	Zurich-Thalweil	9,7 "
	Thalweil-Wädensweil	10,2 "
	Zurich-Uster	16,0 "
	Uster-Wetzikon	7,0 "
	Zurich-Winterthour	19,8 "
	Winterthour-Schaffhouse . . .	27,0 "
	Zurich-Stäfa *	24,2 "
	Bâle-Liestal	16,0 "

Tous les réseaux de chaque groupe peuvent converser entre eux.

Sauf entre Genève et Lausanne et entre St-Gall et Hérisau où deux fils sont disponibles pour la téléphonie, il n'y a partout qu'un seul fil.

Les communications marquées d'une astérisque sont établies au moyen du système Van Rysselberghe.

Etats-Unis de l'Amérique du Nord.

Kansas City-St-Louis	515 km.
Milwaukee-Oskosh	282 "
Boston-Portland	187 "
Worcester-Springfield	160 "
Madison-Milwaukee	140 "
Chicago-Elgin	100 "
Tremont-Columbus	79 "
Boston-Worcester	72 "

Outre ces communications, il y en a encore un grand nombre d'autres sur lesquelles nous n'avons pas pu obtenir de renseignements précis.

Communications interurbaines au 31 Décembre 1882/85.

	1882.	1883.	1884.	1885.
Nombre des lignes	397	962	1 329	1 498
Longueur kilométrique des lignes	9 902	32 133	41 457	50 515
Longueur kilométrique des fils	21 972	47 239	57 330	68 329

Mexique.

Mexico-Chilpancingo.

Vénézuela.

Caracas-La Guayra.

Valencia-Porto Cabello.

Brésil.

Santos-Sao Paulo.

Australie.

Adelaïde-Port-Adelaïde, 11 km.

2. Monopole.

En parcourant la statistique des réseaux téléphoniques on s'aperçoit que dans les divers pays on a suivi deux courants diamétralement opposés: l'exploitation par l'Etat et l'exploitation par des Compagnies privées. On envisage généralement la téléphonie comme une branche de la télégraphie et le grand procès soutenu par le Gouvernement anglais contre les Compagnies téléphoniques a confirmé cette manière de voir ¹⁾. La conséquence en est que presque partout où le télégraphe est géré par l'Etat, la téléphonie aussi est déclarée domaine de l'Etat.

Malgré cette appréciation générale, la plupart des Etats ne font pas usage de leur droit en ce sens qu'ils n'exploitent pas eux-mêmes les réseaux téléphoniques et qu'ils se contentent de prélever sur les Compagnies privées un droit de concession plus ou moins élevé.

Les seuls Etats dans lesquels la téléphonie n'est pas seulement déclarée une prérogative de l'Etat, mais où elle est exclusivement exploitée par l'Administration gouvernementale sont: l'Allemagne, l'Espagne, la Suisse, la Nouvelle Zélande, l'Australie méridionale, la Nouvelle Galles du Sud et Queensland.

Quelques Etats ont donné des concessions pour certaines villes; d'autres enfin, comme l'Angleterre et la France, font concurrence aux Compagnies privées en établissant des réseaux gouvernementaux.

Cette concurrence est quelquefois très vive, surtout en Angleterre. A Portsmouth par exemple, où l'Etat possède un réseau, une Compagnie privée pose les appareils gratuitement chez tous les abonnés qui consentent à prendre, après l'expiration de leur contrat avec l'Etat, un engagement de trois ans.

En présence de deux systèmes d'exploitation si différents on doit se demander lequel est le meilleur, lequel doit finalement avoir raison et absorber les réseaux de

¹⁾ Voir le Jugement final rendu à l'occasion de ce procès dans le livre intéressant du Prof. Meili: *Das Telephonrecht*.

l'autre système. Les opinions sont très partagées suivant qu'elles proviennent d'un côté ou de l'autre. D'après les uns, l'Etat serait tout simplement incapable de conduire une pareille entreprise à bonne fin. Nous lisons par exemple dans le *Bulletin international de l'électricité*, année 1886, page 21: „Si l'on tient compte des habitudes de notre pays (la France), on arrive facilement à se convaincre que l'exploitation par l'Etat est de toutes les solutions la plus mauvaise une exploitation de réseaux téléphoniques est une affaire commerciale, dont le fonctionnarisme, cette plaie du jour, compromet le développement Les réclamations et observations sont de nul effet, le public est à la merci des bureaux.“

Les attaques sont surtout dirigées contre le monopole entre les mains de l'Etat. Dans la publication citée plus haut il est dit à ce sujet: „Nous n'insistons pas sur l'anomalie que présenterait, sous un régime de liberté, la création d'un monopole des téléphones au profit de l'Etat.“

Cette manière de traiter l'exploitation par l'Etat comme monopole vis-à-vis de l'exploitation par des Compagnies privées qu'on regarde comme libre et à laquelle tout le monde peut concourir, est presque généralement adoptée. D'un côté l'on aurait le monopole avec toutes ses faiblesses, sa raideur, son immobilité, de l'autre côté le libre développement de toutes les forces d'une nation, un véritable steeple-chase de concurrence et un développement illimité des applications pratiques des recherches scientifiques.

Il nous semble que cette manière de poser la question est bien discutable; nous sommes au contraire de l'avis que l'exploitation de la téléphonie par des Compagnies privées constitue aussi un monopole et qu'on a affaire à deux monopoles, l'un entre les mains de l'Etat, l'autre entre celles des Compagnies privées. Les grandes entreprises d'un intérêt général deviennent presque toujours des monopoles, quelle que soit la Société qui les exploite. C'est par exemple le cas pour les Compagnies de gaz. Quand pour une ville de moyenne grandeur une Compagnie a obtenu la concession de fabriquer le gaz, il est plus tard, pour une Société concurrente, presque impossible d'établir une seconde entreprise de même nature. Le monopole est encore plus prononcé pour les Compagnies de chemins de fer, et il arrive souvent que la plus puissante des Compagnies absorbe les autres et aggrave ainsi les conséquences du monopole. L'exemple le plus frappant que l'on puisse citer à cet égard est celui de la Compagnie Western Union. Cette colossale entreprise télégraphique des Etats-Unis d'Amérique se compose actuellement d'une soixantaine de différentes Compagnies de télégraphie

qui, l'une après l'autre, ont été absorbées par la Western Union dont le réseau a maintenant une importance à peu près égale à celle du réseau télégraphique de l'Europe entière. Cela ne forme-t-il pas effectivement un monopole dans le sens absolu du mot?

Le même procédé se dessine déjà maintenant à l'horizon pour les Compagnies téléphoniques. Il y en a de puissantes et de faibles; quelques-unes ont des réseaux dans un certain nombre de villes, d'autres sont restreintes à une seule ville. Aussi longtemps qu'il y aura encore de nouveaux réseaux à créer, chaque Compagnie cherchera à accaparer autant qu'elle le pourra et cela suffit pour le moment à leur activité, mais lorsque toutes les localités dans lesquelles un réseau téléphonique peut être établi en seront pourvues et qu'il n'y aura plus de nouvelles concessions à obtenir, alors les Compagnies les plus puissantes se jetteront sur les plus faibles et les absorberont. Il suffira pour cela que les premières abaissent leurs taxes au dessous du niveau nécessaire pour permettre aux petites Compagnies d'exister. Ces dernières seront ainsi amenées à fusionner leurs intérêts avec ceux de leurs puissantes rivales. Aussitôt cette fusion accomplie, les taxes seront relevées à leur chiffre normal et le public n'aura joui que pendant un temps très limité du bon marché relatif résultant de la lutte entre les Compagnies. Ce procédé a été fréquemment employé par les Compagnies télégraphiques américaines et par celles des câbles transatlantiques.

Mais il n'est même pas besoin d'aller si loin! Toutes les Compagnies téléphoniques jouissent déjà maintenant de l'avantage d'un véritable monopole, chacune dans les réseaux dont elle a obtenu la concession. Un auteur bien versé dans ces questions dit: „Dans beaucoup de cas le monopole n'est pas concédé, il s'établit de lui-même par la force des choses lorsque le champ d'exploitation ne renferme pas assez de ressources pour alimenter deux entreprises parallèles; quand il s'agit d'un service public, il arrive qu'on ne pourrait l'obtenir dans les conditions indispensables de permanence et de régularité qu'en assurant un monopole à l'entrepreneur.“¹⁾ Quoique cette opinion ait été exprimée en vue des chemins de fer, elle s'applique aussi bien aux entreprises téléphoniques.

Le lecteur se souvient qu'il y a quelques années différentes Compagnies avaient obtenu simultanément la concession de réseaux téléphoniques dans une même ville; nous mentionnerons seulement Paris et Milan. Dans chacune de ces deux villes trois différents réseaux avaient été concédés. Quoique il y ait encore aujourd'hui un petit nombre de villes où plusieurs Sociétés

¹⁾ *Moniteur industriel*, tome XII, page 353.

co-existent, on peut regarder ce système comme absolument condamné.

A Paris, les trois Sociétés ont dû fusionner leurs intérêts avant d'avoir même pu donner à leurs projets un commencement sérieux d'exécution. Le réseau parisien n'a été véritablement constitué que lorsque les trois concessions ont été concentrées dans les mêmes mains.

Dans une lettre du syndic de Milan, datée du 11 Février 1883, nous trouvons entre autres les lignes suivantes: „L'expérience de presque deux années a „fourni trop de preuves que les difficultés inhérentes „au fonctionnement simultané de différentes Sociétés, „loin de diminuer graduellement, sont allées en augmentant et se compliquent de jour en jour au point „que les justes plaintes des citoyens ont trouvé leur „écho dans la salle du Conseil municipal Con- „sidérant que la majeure partie de ces inconvénients „résultent exclusivement de la co-existence de plusieurs „Sociétés et que tout fait supposer qu'une grande „partie de ces difficultés que nous éprouvons aujourd'hui dans le bon fonctionnement d'un pareil service „disparaîtraient s'il n'y avait qu'une Société, le Conseil „juge comme son devoir d'inviter les trois Sociétés à „trouver les moyens de se fondre dans une seule; „c'est, à son avis, l'unique voie possible, pour atteindre „l'uniformité désirée dans le service et éviter les multiples inconvénients dont on se plaint aujourd'hui.“

Les conseils municipaux d'autres villes, par exemple de Turin et de Christiania, s'expriment dans le même sens. Celui de Christiania a publié sous la date du 9 Août 1884 l'ordonnance suivante: ¹⁾

„Considérant que jusqu'ici les deux Compagnies „n'ont rien fait que se combattre continuellement, et „n'ont pas pu parvenir à un accord à l'amiable, désiré „cependant par tout le monde, le magistrat, afin de „venir à bout de cette opposition acharnée et préjudiciable à tous les intérêts engagés dans cette exploitation, qui est devenue une nécessité de la vie journalière, décide de notifier aux deux Compagnies qu'à „l'expiration de quinze jours après le reçu de la notification, elles ne seront plus autorisées à placer de „nouvelles lignes dans les rues et sur les places de „la ville, tout en les sommant de se fusionner en une „seule Compagnie, qui serait investie du monopole selon „la Convention.“

En Angleterre, au Danemark, en Suède et ailleurs, la co-existence de plusieurs Compagnies dans une ville a amené les mêmes inconvénients et a obligé les autorités administratives à imposer d'une manière ou d'une autre la fusion; aux Etats-Unis „les pouvoirs publics

„usent de toute leur autorité pour amener l'unification „des exploitations téléphoniques.“ ¹⁾

Ce qui prouve de la manière la plus concluante que la téléphonie, entre les mains d'une Société privée, est un monopole, ce sont les arguments avancés par M. le Ministre Vandenpeereboom devant la Chambre belge dans son discours du 7 Juillet 1885 ²⁾. La loi belge sur la téléphonie donne à l'Etat le droit d'accorder dans une ville des concessions téléphoniques à différentes Sociétés indépendantes. M. de Locht-Labye s'est basé là-dessus pour demander dans la ville de Liège une seconde concession téléphonique, la première étant exploitée par la Compagnie Liégeoise. M. Vandenpeereboom, en combattant cette demande, a soutenu que, malgré la loi qui le permettait, il serait impossible d'accorder pour une ville deux concessions téléphoniques. „A Bruxelles le service téléphonique était „fréquemment interrompu, souvent désorganisé par le „fait de la co-existence de trois Sociétés. La confusion „des lignes était telle que lorsqu'un dérangement ou „interruption se présentait dans les communications — „et il y en avait parfois jusqu'à 150 par jour — le „personnel des trois Compagnies se présentait à la fois; „on ne savait à qui appartenait la ligne et les propriétaires des immeubles sur les toits desquels étaient „placés les fils ne savaient à qui attribuer la responsabilité des dommages causés aux toitures.“ Par la co-existence de deux Sociétés, le public pourrait peut-être gagner une réduction momentanée du prix d'abonnement. A ce sujet, M. Vandenpeereboom dit: „Le „prix, je le reconnais, doit entrer en ligne de compte; „mais l'organisation, les conditions d'existence du service, la régularité des correspondances téléphoniques „ne sont-elles pas des éléments bien plus importants

¹⁾ Voir aussi Myrbach: „Der gemeinwirtschaftliche Betrieb „elektrischer Anstalten.“ Tübingen, 1886, page 112.

„Mais ce genre d'entreprise n'admet aucune concurrence „active. La nature essentielle des systèmes téléphoniques exige „déjà qu'ils soient rigoureusement centralisés, du moins dans „un certain rayon, car sans cette centralisation ils perdraient „entièrement leur valeur. Il est vrai que les dispositions réglementaires de quelques Etats ont prévu le cas où une localité „serait desservie par plusieurs entreprises téléphoniques et elles „prescrivent à cet égard, aux différents systèmes, l'obligation „de se relier les uns aux autres et de faire leur service sur „la base d'une règle uniforme. Mais est-il possible d'attendre „un résultat favorable d'une entente imposée à des entreprises „concurrentes? C'est ce que personne ne pourrait sérieusement „admettre. Bien que les dispositions qui régissent leur service „soient en apparence rigoureusement observées par ces entreprises, elles ont tous les moyens possibles à leur disposition „pour se vexer réciproquement, et chacune s'efforcera de se débarrasser de sa concurrente; dans de pareils cas, le résultat „final est ordinairement une fusion et un monopole.“

²⁾ Bulletin international des téléphones, année 1885, p. 110.

¹⁾ Bulletin international des téléphones, année 1885, p. 110.

„que la question du prix?“ En 1882, M. de Bruyn s'exprimait déjà dans le même sens en disant: „L'unification du service téléphonique est une nécessité, les Compagnies s'en sont aperçu bien vite et le Gouvernement le reconnaît dans le projet des concessions.“

Nous croyons que ces preuves sont suffisamment convaincantes et qu'on admettra avec nous que *la téléphonie est toujours un monopole, qu'elle soit exploitée par des Sociétés privées ou par les autorités gouvernementales*. Or, arrivé à ce point de vue, il s'agit d'examiner quelle est celle des deux solutions qui satisfait le plus aux intérêts du public: le monopole de l'Etat ou celui de Compagnies financières.

Les deux systèmes ont leurs avantages et leurs inconvénients. L'administration par l'Etat affecte une certaine raideur; les ordres passent par une filière de différentes instances avant d'arriver à leur exécution. L'autorité ne peut pas assez facilement se plier aux exigences si multiples et si diverses du public, et en général les Administrations gouvernementales ne sont pas accoutumées à entrer en contact aussi intime avec la population que le demanderait l'exploitation d'un réseau téléphonique. Le développement du réseau peut être entravé par des considérations budgétaires. Les reproches qu'on fait à l'administration du téléphone exercée par le Gouvernement sont souvent encore beaucoup plus violents; il suffit de rappeler la citation que nous avons faite plus haut du *Bulletin international de l'électricité* pour établir quelle est à cet égard l'opinion des Compagnies privées.

Ces accusations très sévères ne sont pas isolées; on trouve de temps en temps des assauts analogues contre le monopole entre les mains de l'Etat. Il y a par contre aussi des voix indépendantes qui expriment une opinion contraire¹⁾. Le Gouvernement de Victoria

¹⁾ Myrbach, loc. cit., pages 72, 73 et 106.

„Le public a, croyons-nous, renoncé en grande partie aux préventions qu'il avait généralement entretenues contre les exploitations par l'Etat, d'entreprises réservées jusqu'ici à l'industrie privée. Il faudrait seulement que l'Etat se défasse de toutes les routines administratives et qu'il se voue à sa tâche avec un esprit indépendant et commercial. En s'occupant dans une large mesure de questions d'un ordre purement économique, les fonctionnaires étendront incontestablement le cercle de leurs idées; leurs opinions se modifieront, et je ne crois pas me tromper en affirmant que la gestion de grandes institutions économiques exercera une influence féconde et stimulante sur les autres administrations publiques.“

„L'argument que l'Etat travaille d'une manière financièrement moins avantageuse que les Sociétés privées est tout-à-fait injustifiable, car on méconnaît totalement la tâche des entreprises de l'Etat si on en apprécie les résultats seulement d'après les bénéfices pécuniaires. Ces institutions publiques ne sont pas, comme les entreprises privées, créées seulement dans un but

écrit par exemple: „Les communications téléphoniques devraient être exclusivement exploitées par l'Administration de l'Etat; il est incontestable, à nos yeux, que le système actuel est sujet à critique, qu'il est même contraire à l'intérêt public dans quelques-unes de ses parties essentielles“¹⁾.

D'après le Gouvernement belge „le monopole du télégraphe entraîne celui du téléphone, car il serait illogique de réserver à l'Etat un privilège qui serait battu en brèche par une concurrence de jour en jour plus redoutable si les communications téléphoniques se concentraient sur le territoire d'une même localité, il n'y aurait pas impossibilité de les placer sous la tutelle de l'autorité communale mais les réseaux téléphoniques tendent à franchir les limites de la commune pour pénétrer chez le voisin, à transporter la parole d'un bout du territoire à l'autre, à passer nos frontières et à prendre un caractère international. Comment obtenir dès-lors le concours de toutes les Administrations en cause, comment arriver à l'unité de l'exploitation?“ En Suède, la Chambre des communes a invité le Directeur général des postes et des télégraphes à prendre en considération la reprise de l'exploitation des réseaux téléphoniques. Dans la „Yorkshire Post“ nous lisons: „Je crois qu'il nous reste un seul espoir, c'est que le Gouvernement reprenne le téléphone comme en Allemagne et qu'il l'exploite d'après les mêmes principes libéraux qui font règle dans la télégraphie.“²⁾ M. le Professeur Meili s'exprime très positivement à cet égard dans son ouvrage cité plus haut: „Das Telephonrecht“³⁾, dont

de spéculation, mais l'Etat doit, au contraire, les consacrer principalement aux intérêts généraux de la nation, et la manière dont ces intérêts sont servis, doit seule donner la mesure de l'utilité qu'elles présentent.

„Nous ne pouvons donc qu'exprimer le vœu que tous les Gouvernements suivent l'exemple de l'Allemagne et de la Suisse et qu'ils ne se bornent pas seulement à statuer en principe le droit régalien du téléphone pour en concéder l'exploitation à des particuliers au profit exclusif de l'Etat, mais qu'ils prennent sans hésiter entre leurs mains l'exploitation de ce moyen de communication si important et si plein d'avenir et qu'ils l'administrent avec la seule pensée de servir les intérêts de la nation“ (voir en outre page 97 du même auteur).

¹⁾ *Journal télégraphique*, Vol. VIII, page 197.

²⁾ *The Electrician*, vol. XV, page 466.

³⁾ „C'est déjà la connexion intime entre la téléphonie et la poste et les télégraphes qui sont presque partout du ressort exclusif de l'Etat, qui milite en faveur de son exploitation exclusive par l'Etat.“

„Si on veut fournir la preuve expérimentale que l'activité industrielle de l'Etat ne peut être considérée a priori comme une chose irrationnelle, où pourrait-on la trouver plus facilement que dans le domaine de la poste et de la télégraphie.“

„Les brillants résultats des services postaux et télégraphiques de l'Etat sont des faits plus puissants et plus éloquents

nous reproduisons quelques passages des pages 72, 73, 75 et 77. M. le Professeur Vögelin s'exprime d'une manière analogue dans un discours sur le monopole qu'il a prononcé le 7 Avril 1886 et où il disait entre autres : „Téléphone et télégraphe sont une espèce de service postal. Il est par conséquent surprenant que les autorités fédérales suisses aient hésité pendant un certain temps à appliquer la régle à l'exploitation de la téléphonie et ne se soient décidées que plus tard pour le rachat du téléphone et à un prix relativement élevé.“¹⁾

Nous pourrions citer plusieurs autres personnes très compétentes pour juger cette question délicate qui revendiquent pour l'Etat non seulement le droit mais même l'obligation de prendre la téléphonie en mains et de la gérer comme une branche des institutions de communication dont les autres branches principales sont les chemins de fer, les postes et les télégraphes.

En effet, les plaintes du public contre l'administration des Compagnies privées sont très nombreuses. Nous ne nions pas que ces Compagnies se trouvent quelquefois dans une position difficile. Quelques Gouvernements n'accordent la concession que pour 3 à 5 ans. Dans ces conditions les Compagnies ne sont pas stimulées à employer, pour les réseaux, le meilleur matériel et à construire d'après des principes sagement éprouvés. Les avantages d'une construction solide et durable augmentent avec le nombre d'années; pourquoi donc les Compagnies feraient-elles des sacrifices dont elles ne seraient pas sûres de pouvoir profiter? L'introduction d'améliorations dans le service, entraînant toujours des sacrifices pécuniaires, est aussi entravée par cette incertitude de l'avenir. Un réseau a peut-être un

que tous les plaidoyers théoriques pour ou contre le monopole de ces institutions. Qui est-ce qui pourrait sérieusement prétendre que toutes les créations unitaires et internationales qui ont été faites dans ce domaine se seraient développées aussi rapidement si la poste et la télégraphie avaient été abandonnées à l'entreprise privée? Personne ne songera à émettre une pareille opinion.“

„La garantie par le droit public de la possession actuelle amènera et doit nécessairement amener la plupart des Etats à faire valoir la téléphonie par le moyen du monopole.“

„En outre la téléphonie est liée si intimement avec la télégraphie que ce serait pour ainsi dire absurde de l'abandonner à l'entreprise privée.“

„En présence de ce fait (transmission des télégrammes par le téléphone) il est évident qu'il se produirait constamment des conflits et des collisions, si les services télégraphique et téléphonique n'étaient pas dans une seule et même main. Nous dirons même qu'une scission de ces deux services rendrait un contrôle sérieux et efficace du droit de monopole de la télégraphie, et ce monopole deviendrait illusoire.“

¹⁾ Voir le „*Bund*“, N° 99, du 10 Avril 1886.

système de commutateur central suranné ou des stations qui font un service défectueux mais dont le remplacement occasionnerait des frais considérables; pourquoi changerait-on les appareils si dans quelques années tout doit être remis en question? Une autre réflexion encore joue souvent un rôle important chez les Compagnies et empêche des améliorations radicales, c'est la probabilité d'une rétrocession à l'Etat. On veut vendre à l'Etat, vendre à haut prix, mais dépenser le moins possible; de là cet état négligé des réseaux qui, à l'occasion d'un orage d'hiver, tombent des maisons comme des toiles d'araignées.

Mais ces circonstances atténuantes n'existent pas pour beaucoup de Compagnies. En Belgique, elles ont des concessions de 25 ans; dans les Etats-Unis, elles n'ont pas beaucoup à craindre non plus et pourtant les plaintes sont nombreuses.

On se plaint surtout de la cherté des abonnements et du mauvais service. Le Conseil municipal de Paris a fait des démarches pour que le prix d'abonnement soit abaissé et que le service s'améliore avec les progrès de la science. Les abonnés se plaignent en outre d'indiscrétions et du manque d'égards de la part de la Compagnie. Jusqu'à présent, les efforts pour améliorer cet état de choses sont restés sans résultat, et maintenant on essaie d'obtenir les améliorations par la concurrence. Mais alors surgit la difficulté qui résulte nécessairement de la co-existence de plusieurs Sociétés, difficulté, ou pour mieux dire, impossibilité que nous avons signalée plus haut; on tombe ainsi de Charybde en Scylla.

Les législatures de New-York, de Massachussets, de l'Indiana et de l'Illinois ont fait des démarches pour réduire le prix d'abonnement à fr. 15 par mois (fr. 180 par an), et la taxe des correspondances interurbaines à 75 centimes par 5 minutes de durée. Dans l'Etat d'Indiana, on a adopté une loi réglant les taxes d'après ces principes, mais les Compagnies font tous les efforts pour l'éluder. Là où cela est impossible, les Compagnies déclarent ne plus pouvoir continuer le service téléphonique, car cela les entraînerait à des pertes continuelles. Dans ces derniers temps, la Chambre de commerce d'Edimbourg a adopté une proposition tendant à se mettre en communication avec les autres Chambres de commerce de la Grande-Bretagne dans le but de défendre en commun les intérêts du public contre les Compagnies téléphoniques. Dans un meeting de la Chambre de commerce de Leeds, tenu en Octobre 1885, on a de même traité des plaintes des abonnés contre la Compagnie. Un mécontentement considérable existe; on se plaint surtout de la taxe élevée de fr. 375 par an et des charges qui sont imposées pour la

transmission et la réception des télégrammes par téléphone. Quant à ce dernier reproche, il faut bien dire qu'il était plutôt dirigé contre les autorités postales que contre la Compagnie, car le Postmaster General demandait à la Compagnie une annuité de fr. 2272 pour ce service. A ce taux élevé, la Compagnie ne peut faire que des pertes; cela a été prouvé par le réseau de Glasgow où la Compagnie avait à payer à la poste, de ce chef, fr. 2525 par an et touchait pendant une période de 3 mois une somme totale de fr. 37,50. Etendu proportionnellement à toute l'année, cela indiquerait une perte nette de fr. 2375 par an.

La Chambre de commerce de Liverpool se plaint de même des taxes élevées de fr. 500 par an. Tandis que le Post-Office est prêt à faire le même service pour fr. 350, les plaintes de cette Chambre ne sont d'ailleurs pas seulement dirigées contre les prix mais aussi contre le service en général. Ce service est insuffisant, les abonnés reliés sont souvent interrompus au milieu de leur conversation ou mis en communication avec des personnes qu'ils ne demandaient pas. On semble croire que dans la station centrale il y a manque de surveillance effective. On se plaint aussi du manque de convenance de la part des employés; en outre on observe toujours sur les lignes des bruits étrangers qui rendent les conversations difficiles. La communication interurbaine avec Manchester et Ashton paraît si défectueuse qu'on préfère le télégraphe¹⁾.

Une plainte sévère contre la United Telephone Company se trouve dans le *Financial News*. Un abonné écrit à ce journal: „La Compagnie paraît être complètement bouleversée par le mauvais temps. On entend de tous les côtés des plaintes des abonnés qui ne peuvent pas parler entre eux; on les met en communication avec de faux numéros, de sorte que les appareils deviennent une importunité au lieu d'une commodité.“²⁾

Un autre abonné de la „United telephone Company“ écrit: ³⁾ „Je crois que les abonnés de la „United telephone Company“ sont les gens les plus faciles à satisfaire du monde. Il est vrai que nous avons été si bien accoutumés à la réponse: „dérangé“ venant de la station centrale quand nous demandions à parler à d'autres abonnés que nous n'y faisons plus aucune attention. Il m'est arrivé un jour que cinq ou six numéros demandés, situés dans différents quartiers de Londres, étaient *dérangés*. Mais ce n'est pas encore la pire des vexations. Nous demandons un numéro; la réponse vient promptement: *dérangé*. Alors nous

„dépendons un shelling pour un télégramme ou un „messenger, et quand il est parti nos amis parviennent à nous sonner et nous informent, à notre surprise, que leur ligne n'était pas du tout dérangée. C'est un fait que les employés de la station centrale deviennent peu à peu aussi insouciant des intérêts des abonnés que leurs directeurs, et s'il y a une difficulté quelconque, la station centrale nous répond: „dérangé.“

En raison du prix élevé que demandent beaucoup de Compagnies on devrait supposer qu'elles font de très bonnes affaires, mais contre toute attente ce n'est que rarement le cas. Les actions de la Société générale des téléphones à Paris sont tombées de fr. 500 à fr. 350. Plusieurs Compagnies anglaises se trouvent dans le même état; elles paient peu ou point de dividende. La *Lumière électrique*, vol. XVII, page 288, écrit à ce sujet: „Les Sociétés de téléphones sont tellement grevées par leur capital que leur développement est impossible. Quelques-unes des Sociétés ne donnent aucun intérêt et les autres ne paient qu'un dividende absolument insignifiant.“ L'exercice pour l'année 1885 donne pour les Sociétés italiennes les résultats suivants: La Société Ligurienne a pu payer 3 % de dividende, la Société de l'Italie centrale 2,4 %. Pour les Sociétés romaine, lombarde et méridionale le dividende a été zéro. La Société piémontaise a fait une perte de fr. 23 252,42 ou environ 3 % du capital versé¹⁾.

Il y a certainement aussi des Compagnies comme la „United telephone Company“ de Londres qui se trouvent dans une situation plus florissante. Les causes de l'état peu satisfaisant de plusieurs Compagnies sont multiples. Souvent des sommes considérables ont été englouties par la création de la Société. Un exemple entre autres peut démontrer ce fait. Le téléphone de Plymouth a été ouvert en Août 1881. La première Compagnie fut bientôt obligée de se retirer n'ayant pas de concession régulière. La „United telephone Company“ ouvrit une nouvelle station centrale le 18 Décembre 1884. En Avril 1885, le réseau fut acheté par la „Western Counties and South Wales Company.“ De pareilles alternatives dans l'histoire d'un réseau ne peuvent manquer d'augmenter considérablement les frais de premier établissement. Dans les villes où deux ou trois Compagnies se sont fusionnées en une seule, les lignes ont fait double et triple emploi; il a fallu reconstruire à grands frais la majeure partie des réseaux, et de pareils procédés ont absorbé des capitaux importants²⁾.

¹⁾ *The Electrician*, vol. XVI, page 144.

²⁾ *The telegraphic Journal*, vol. XVIII, page 79.

³⁾ *The Electrician*, vol. XVI, page 232.

¹⁾ *Bulletin international des téléphones*, année 1886, page 83.

²⁾ Un électricien estimé, M. Jülich, a prouvé par des chiffres dans un discours qu'il tenait le 31 Mars 1884 dans la Société

Une autre raison qui influe sur la prospérité des Compagnies, ce sont les impôts qu'elles ont à payer à l'Etat. La Société générale des téléphones à Paris a eu, en 1885, à payer à l'Administration des postes et télégraphes une somme de fr. 250 000. En Angleterre, les Compagnies ont à payer à l'Etat 10 % de la recette brute. Il va de soi que ces dépenses extraordinaires ne peuvent pas être invoquées contre les Compagnies, qui subissent naturellement les conséquences de ce fait que l'exploitation de la téléphonie est déclarée domaine de l'Etat, bien qu'elle soit confiée temporairement à des Sociétés privées. Cependant on serait dans l'erreur la plus complète si l'on prétendait qu'en Amérique la téléphonie soit libre et que cette liberté soit la cause de son développement rapide. Au contraire, les entraves que l'exploitation des téléphones rencontre en Europe ne sont rien en comparaison de celles que l'on trouve en Amérique. M. Preece, qui, à plusieurs reprises, a visité les Etats-Unis, écrit à ce sujet: „En Europe, on se plaint souvent que la téléphonie soit entravée par les restrictions apportées par l'Etat à son fonctionnement, mais ces difficultés ne sont pas comparables à celles contre lesquelles doivent se débattre les Compagnies téléphoniques des Etats-Unis. Les villes leur imposent des charges pour chaque poteau à planter, pour chaque fil qui traverse la rue, chaque Etat extorque des taxes. Une certaine Compagnie a été imposée à 75 % des recettes avant de pouvoir distribuer un dividende. En Angleterre, on demande tout au plus 10 %. Or à côté de 75 % ce taux de 10 % fait humble figure.“¹⁾

La différence dans l'administration des réseaux téléphoniques par l'Etat ou par des Compagnies privées ne consiste pas principalement dans le prix plus ou moins élevé des abonnements ou dans la qualité des installations et du service, ou pour mieux dire ces différences sont plutôt la conséquence de la différence fondamentale des deux systèmes d'exploitation. Les Compagnies se composent généralement de gens d'affaires qui cherchent à gagner de l'argent et non à créer des œuvres de bienfaisance, de philanthropie ou de progrès purement scientifique. L'expérience démontre que les frais d'exploitation n'augmentent pas simplement en raison de l'augmentation du nombre des stations d'un réseau. Si ce dernier se double, les dépenses vont plus que doubler. L'idéal pour les Compagnies serait donc un nombre de plus en plus restreint d'abonnés à des prix d'abonnement toujours croissants. En effet, à en juger par

électro-technique de Vienne, que l'exploitation des réseaux téléphoniques par l'Etat ne coûte en moyenne que la moitié de celle des Compagnies privées.

¹⁾ *Journal télégraphique*, vol. IX, page 35.

les procédés de quelques Compagnies, on pourrait croire qu'elles suivent la devise: „peu d'abonnés mais un haut prix.“¹⁾ De pareilles conditions d'industrie ne sauraient pas convenir au public. Il ne s'inquiète pas de savoir si les réseaux téléphoniques gagnent ou non à voir augmenter le nombre de leurs abonnés; il demande que le téléphone soit mis à la portée de tout le monde et que les taxes tombent à un minimum suffisant pour assurer la gestion des réseaux sans perte. L'Etat seul peut se contenter d'une pareille situation. C'est sa tâche d'augmenter le bien-être et la prospérité du peuple par tous les moyens, et la vulgarisation des téléphones est un de ces moyens. Cette différence capitale entre les deux systèmes est décisive, et nous croyons que la justesse de cette appréciation sera reconnue de plus en plus.

3. Taxes.

Les taxes téléphoniques sont très-diverses, ainsi que le prouve la statistique qui forme le premier chapitre de cette étude. L'on peut distinguer principalement trois systèmes. D'après l'un, les intéressés d'une ville qui désirent posséder un réseau téléphonique se constituent en Société coopérative, construisent, entretiennent et exploitent le réseau à leurs frais. On trouve des réseaux ainsi gérés dans certaines petites villes de la Suède. Les frais qui en résultent pour chaque abonné sont, pour le moment, relativement faibles, mais la répartition des dépenses, entre les divers intéressés, présente probablement quelques difficultés, surtout quand de nouveaux abonnés viennent s'ajouter à un réseau déjà existant.

Un second système employé par certaines Administrations télégraphiques consiste à faire payer à l'abonné les frais de première installation de sa ligne et de son appareil et à lui demander une contribution annuelle pour l'entretien et pour le service de la station centrale. Ce système est avantageux pour l'Administration, mais il retarde probablement un peu l'extension des réseaux, car il y a beaucoup de personnes qui seraient disposées à s'engager pour un ou deux ans, mais qui reculeraient devant une dépense considérable à faire dès le commencement, parce que cette dépense première serait pour ainsi dire complètement perdue si, pour une cause ou une autre, on était obligé d'abandonner le téléphone peu de temps après l'avoir fait installer. Nous croyons, par conséquent, que ce système de taxation, est peu en faveur auprès des abonnés.

Le troisième système est le plus répandu de tous; c'est l'abonnement pur et simple. L'abonné n'a rien à

¹⁾ Voir aussi Frank Gerald dans la *Lumière électrique*, vol. XV, page 159.

payer ni pour la ligne ni pour les appareils et ses prestations pour l'installation, l'entretien et le service de la station centrale se composent uniquement d'une somme annuelle. Ce système est probablement appelé à remplacer les autres, car il est le plus simple; il facilite l'admission au réseau en n'imposant que des paiements périodiques relativement faibles et permet d'en sortir sans inconvénient. Il favorise l'extension des réseaux et augmente ainsi les services que peut rendre le téléphone. Nous laisserons donc de côté les deux autres systèmes et ne discuterons que ce dernier.

Les taxes annuelles que prélèvent les Compagnies ou Administrations diffèrent entre elles dans des limites assez étendues. L'abonnement téléphonique est plus cher dans certaines villes que dans certaines autres; mais il ne faut pas oublier que la valeur de l'argent diffère aussi d'une localité à une autre et que par conséquent la différence réelle dans la cherté n'est pas si grande que la différence apparente.

Il est cependant évident qu'il existe une certaine hésitation au sujet de la fixation du taux de l'abonnement annuel. On reconnaît partout une tendance aux taxes élevées, car on ne connaît pas encore la durée des réseaux téléphoniques qui, en général, sont construits dans des conditions peu favorables si on les compare aux réseaux télégraphiques. Les fils sont exposés à l'influence de la fumée non seulement des maisons d'habitation mais aussi des usines, et la rouille fait quelquefois des progrès très rapides. A Bâle il a fallu remplacer une artère d'un développement d'environ 20 km. de fil après un service de 5 ans seulement. Le fil qui avait au commencement 2^{mm} de diamètre et était galvanisé a été réduit, à quelques endroits, jusqu'à 0^{mm},7 de diamètre.

Les appareils qui sont placés chez les abonnés sont aussi exposés à une destruction rapide et ne peuvent être comparés avec les appareils télégraphiques. Ces derniers sont sous la surveillance de fonctionnaires responsables des instruments qui leur sont confiés. Les téléphones, au contraire, se trouvent entre les mains de personnes indépendantes auxquelles on ne peut donner que des conseils, mais qui souvent s'intéressent fort peu à la conservation de ces appareils. L'installation des stations centrales elles-mêmes est exposée à une usure très rapide. A toutes ces circonstances qui sont de nature à abrégier la durée des réseaux téléphoniques, s'ajoute encore un autre facteur intimement lié à la jeunesse de cette nouvelle institution, ce sont les modifications continuelles apportées aux appareils. Les téléphones ne sont pas encore arrivés à l'état de types à peu près invariables, comme c'est le cas pour les appareils télégraphiques; on cherche encore les formes

normales aussi bien pour les stations des abonnés que pour la station centrale. Les nouvelles inventions se poursuivent l'une l'autre et quand on croit avoir choisi le système le plus perfectionné, de nouveaux progrès s'annoncent et ne laissent aux Administrations téléphoniques aucun repos.

Toutes ces circonstances doivent être prises en considération dans l'examen des taxes actuelles. Nous sommes de l'avis que ces taxes sont effectivement, en moyenne, trop élevées, mais il serait extrêmement difficile de les abaisser dès maintenant à un chiffre normal. Admettons que les réseaux téléphoniques aient une durée moyenne de 15 ans et qu'on base là dessus une taxe nouvelle. A quel mécompte ne s'exposerait-on pas si les expériences futures prouvent que cette durée n'est que de 10 ans? Il faudrait alors relever les taxes, mais c'est une chose extrêmement difficile surtout pour des Administrations gouvernementales. Il convient donc de patienter pour le moment et d'attendre d'un avenir plus ou moins rapproché l'abaissement des taxes à un niveau normal.

Une autre difficulté concernant les taxes se présente dans la grande *diversité* des combinaisons que le public demande. Enumérons d'abord les appareils accessoires; les uns se contentent d'une station simple se composant d'un mécanisme d'appel (machine magnéto-électrique ou rappel à pile), d'un transmetteur et d'un récepteur; d'autres demandent deux récepteurs ou une ou plusieurs sonneries, petites ou grandes, ou un signal visible de l'appel arrivant pendant l'absence de l'abonné, etc.

Une autre diversité résulte du nombre des stations auxquelles s'abonne une personne. En Suisse les stations impaires paient fr. 150, les stations paires fr. 100. Si un abonné a trois communications il paie donc fr. 400. Peut-être vaudrait-il mieux taxer chaque station qui vient après la première à fr. 125. Mais aussitôt que l'on charge les stations multiples moins cher que la station unique, on a des difficultés avec le public sur la définition des mots: „la même personne.“ Où cesse la même personne. En Suisse on entend sous cette dénomination la même famille, la même raison sociale industrielle ou commerciale ou toute autre entreprise (étude d'avocat, etc.). Il est très difficile de tracer une limite, on est toujours entraîné de plus en plus loin, et l'Administration est exploitée par le public qui exige des abonnements multiples dans des cas où le droit à une réduction justifiée par ce motif est plus que douteux.

Une autre diversité résulte des abonnements combinés. Un abonné relié par une station à la station centrale désire une ou plusieurs stations de bifurcation.

Ces stations peuvent se trouver dans la même maison ou sur la même propriété où est installée la première station ou ailleurs, appartenir au même abonné ou à des personnes différentes, tout cela entraîne à des combinaisons multiples. Les taxes suisses pour ces différents cas sont les suivantes :

La première station d'embranchement si elle est dans le même bâtiment ou sur le même territoire que la station principale ¹⁾, et si elle appartient à la même personne, paie par an fr. 50

Si elle appartient à une personne autre que celle à laquelle appartient la station principale, elle paie par an „ 80

La première station d'embranchement, si elle ne se trouve pas sur le même territoire mais appartient à la même personne, paie par an „ 70

Si elle appartient à une autre personne „ 100

La seconde station d'embranchement, si elle se trouve sur le même territoire, paie par an „ 80 indifféremment si c'est la même ou une autre personne qui s'abonne.

Si elle ne se trouve pas sur le même territoire elle paie, quelle que soit la personne qui s'abonne „ 100

En analysant ces différentes taxes, on reconnaît que le système présente une inconséquence. On ne peut pas deviner pourquoi aucune distinction n'est faite pour la personne qui prend le second embranchement, tandis qu'elle est faite pour celle qui prend le premier. Outre cela il se présente quelquefois qu'un embranchement coûte plus cher à l'Administration que deux communications à la station centrale, tandis que le prix d'abonnement est moindre. Cela se produit par exemple, si la station principale d'un abonné se trouve d'un côté de la station centrale et le poste d'embranchement de l'autre côté. Cet abonnement combiné demande alors effectivement trois fils partant de la station centrale, ce qui présente des inconvénients d'autant plus graves que les environs des stations centrales sont presque toujours trop encombrés de fils. Il est donc irrationnel, dans ces cas d'embranchements, d'employer 3 fils tandis que 2 pourraient faire le même service.

Les demandes des abonnés sont multiples aussi dans d'autres directions. L'un d'eux demande l'abonnement seulement pour une partie de l'année, l'hiver par exemple, étant en voyage pendant l'été; l'autre désire sa station en hiver en ville, en été à la campagne; dans un autre cas deux ou trois différentes personnes, familles ou maisons de commerce veulent participer à

une station téléphonique et le système de taxation se complique toujours davantage. En Suisse, on compte l'usage du téléphone pendant une partie de l'année comme un abonnement annuel complet. Un abonnement mobile, une partie de l'année ici, une autre partie à un autre endroit se paie comme abonnement simple, plus les frais du déplacement de la station, pourvu que la longueur totale des deux fils ne dépasse pas 2 km. Si plusieurs, par exemple n personnes s'abonnent à une station commune, l'abonnement coûte $(150 + [n - 1] 30 \text{ frs})$. C'est-à-dire que chaque personne au delà de la première paie une augmentation de fr. 30 qui s'ajoute au prix ordinaire de fr. 150.

On s'est souvent préoccupé de savoir s'il faut établir les mêmes taxes pour les grands réseaux et les petits. Les avantages que présente l'abonnement aux téléphones sont d'autant plus grands que le nombre des abonnés en communication avec la station centrale est considérable. D'un autre côté, les frais de l'Administration s'élèvent rapidement avec le nombre des abonnés. Etablir et administrer un réseau de 100 abonnés est chose des plus faciles, mais pour 1000 abonnés les difficultés sont plus que décuplées. Les obstacles qui s'opposent au passage des artères augmentent avec le nombre des fils partant de la station centrale; il faut construire des chevalets de formes et dimensions spéciales pour éviter les cheminées ou autres obstacles qui se présentent sur les toitures. Autour du chevalet central le réseau des fils devient si dense, le chevalet central si chargé qu'il n'est plus guère possible d'y arriver. Les mélanges des fils entre eux augmentent considérablement. Supposons deux artères de même longueur, une de 10, l'autre de 100 fils, alors les chances de mélange dans un cas et dans l'autre sont dans la proportion de 13 à 180. Souvent les fils aériens ne suffisent plus et il faut avoir recours aux constructions souterraines qui renchérissent énormément l'établissement d'un grand réseau. Des difficultés analogues surgissent dans la station centrale; les commutateurs simples ne suffisent plus, parce qu'il se produit des erreurs continuelles lorsqu'il s'agit d'établir simultanément, ainsi que cela a eu lieu parfois, de 20 à 30 communications d'un commutateur à l'autre; ces erreurs mécontentent, avec raison, les abonnés, et provoquent de nombreuses réclamations, plus ou moins fondées, mais auxquelles on ne peut pas fermer l'oreille. Ces grandes stations centrales nécessitent aussi l'emploi de beaucoup d'appareils accessoires qui sont coûteux (machines d'induction mues par des moteurs, tables d'expérience, etc.). Or ces appareils sont complètement inconnus dans les stations centrales de moindre importance.

¹⁾ Jusqu'à 500^m de distance.

Les frais du service sont d'ailleurs proportionnés à ces dépenses d'installation et d'entretien d'un grand réseau. Il est un fait constaté par la pratique et qui peut aussi se déduire par simple raisonnement, c'est que le nombre d'appels par abonné et par jour augmente avec le nombre d'abonnés. Supposons que dans un réseau de 100 abonnés ce nombre soit de 3, et dans un réseau de 1000 abonnés de 6; le travail aux stations centrales sera donc dans la proportion de 1 à 20; comme en outre ce travail est devenu beaucoup plus difficile, il se peut que le personnel ait dû être augmenté dans la proportion de 1 à 25.

Ces deux motifs, c'est-à-dire l'extension des avantages procurés aux abonnés et l'augmentation des frais d'exploitation pour les grands réseaux militent en faveur d'une taxe plus élevée pour ces derniers.

Les Compagnies privées peuvent facilement appliquer des taxes différentes aux petits et aux grands réseaux, mais cette manière de procéder présenterait sans doute de grandes difficultés pour les Administrations gouvernementales. La rigidité des règlements administratifs de l'Etat intervient dans cette circonstance et dévoile en même temps sa faiblesse et sa force. L'Etat veut niveler, il veut atténuer les différences entre villes et campagnes, entre grandes et petites villes. Dans l'Administration des postes et dans celle des télégraphes on couvre avec les bénéfices faits dans les grands centres de population les pertes que l'on subit dans les campagnes et dans les villages. Des 1244 bureaux télégraphiques que la Suisse possède actuellement, 500 sont administrés à perte et le déficit est couvert par les bénéfices réalisés sur les 744 autres bureaux.

On veut ainsi procurer aux localités les moins importantes tous les avantages dont jouissent les autres localités qui se trouvent dans une situation plus favorable. Malheureusement en ce qui concerne les téléphones, cette tendance au nivellement produit précisément des résultats contraires: les campagnes, les villages et les petites villes souffrent de la taxe relativement élevée qu'on est obligé de demander dans les grands réseaux pour éviter des pertes.

Ce qui précède démontre assez clairement que les systèmes actuels de taxation sont entachés de deux grands défauts: ils sont trop chers et trop compliqués. Comment peut-on y remédier?

Le seul moyen pour abaisser les taxes téléphoniques nous paraît être une graduation de ces taxes suivant la valeur que le téléphone représente pour l'abonné. Par ce moyen les revenus actuels peuvent être maintenus malgré un abaissement considérable pour les petits abonnés.

On a essayé différentes méthodes de graduation des taxes. Nous en mentionnons deux surtout qui se basent naturellement sur le principe consistant à fixer l'abonnement suivant l'usage qu'en fait l'abonné. D'après l'un des deux systèmes on établit de 2 à 4 différentes taxes, par exemple de fr. 100, 150, 200 et 250 et on comprend arbitrairement les abonnés dans l'une ou l'autre de ces catégories; d'après l'autre système on taxe chaque conversation. Le premier de ces systèmes ne peut guère être appliqué par les Administrations de l'Etat. Le caractère de ces Administrations ne leur permet pas de marchander avec le public sur la catégorie dans laquelle les abonnés doivent être inscrits et, en effet, ce système n'est pratiqué que par certaines Compagnies privées.

Le second système a, croyons-nous, été proposé par nous pour la première fois dans le *Journal télégraphique*, année 1883, page 193, nous croyons encore aujourd'hui qu'il est le meilleur de tous et nous nous permettons de revenir une fois de plus à la charge et d'en développer les avantages. Quant aux détails de ce système nous avons un peu modifié nos idées depuis 1883; nous sommes maintenant de l'avis que la totalité de l'abonnement doit se composer 1° d'une taxe fondamentale fixe (par exemple de 50 francs par an) et 2° d'une taxe pour chaque conversation (par exemple de 5 centimes) à prélever sur celui des abonnés qui demande la communication. De cette façon le système se réduirait à une formule aussi simple que possible.

On ne niera pas que ce système est juste pour tous. Les appareils s'usent avec l'usage que l'abonné en fait, le travail de la station centrale, et par suite les dépenses de personnel, sont proportionnés au nombre des appels, les avantages que chaque abonné tirera de sa station téléphonique seront également en rapport direct avec le nombre de communications qu'il demandera et avec les sommes qu'il aura à payer; il existera donc entre tous les facteurs qui sont à considérer une proportionnalité parfaite. Aucun abonné ne pourra se plaindre d'être injustement chargé et par suite de la faible taxe fondamentale, le téléphone deviendra accessible même à ceux qui en feront un usage très limité. Il s'introduira dans des cercles qui resteraient toujours fermés à la taxe unique; on le trouvera partout, chez le petit marchand ou industriel comme dans toute famille aisée et c'est alors seulement qu'il rendra tous les services dont il est susceptible.

Actuellement le téléphone entraîne souvent des abus; beaucoup d'abonnés surtout dans les hôtels, cafés, magasins de tabac, etc., sont assaillis par leurs voisins pour obtenir des communications téléphoniques et les stations centrales font ainsi un travail considé-

nable pour lequel elles ne sont nullement rémunérées. En France on a voulu restreindre ces abus en permettant aux cafés, restaurants, hôtels de concéder l'usage du téléphone à leur clientèle moyennant le paiement d'un abonnement double ¹⁾. Mais tous ces abus cesseront instantanément avec l'introduction de notre système de taxation.

Les complications de taxation que nous avons énumérées plus haut disparaîtront aussi. Pour chaque station téléphonique, y compris un fil d'une longueur maximum de 2 km., la taxe fondamentale sera de fr. 50 par an quelle que soit d'ailleurs la nature ou la destination de cette station; que l'abonné en ait une seule ou plusieurs, qu'elle doive être utilisée par une seule et même personne ou par une multitude de personnes, qu'elle fonctionne pendant toute l'année ou seulement pendant une saison, qu'elle soit reliée directement à la station centrale ou qu'elle forme seulement un embranchement d'une autre station, la taxe fondamentale sera toujours de fr. 50 par an. On pourra, à cause de ce minimum de taxe, négliger toutes les considérations relatives au nombre des stations par abonné ou par raison sociale, etc., qu'on a cru devoir introduire avec la taxe actuelle. La station d'embranchement par exemple ne paiera effectivement que fr. 50 par an, si elle ne communique qu'avec la station d'abonné sur laquelle elle s'embranché, parce que ces conversations ne peuvent pas être contrôlées par la station centrale et n'exigent point de travail de la part de cette dernière. Les abus du téléphone cesseront complètement parce qu'il est parfaitement indifférent de savoir quelle est la personne qui se sert d'une station téléphonique.

Des cabines publiques pourront sans crainte être installées partout où le public le désirera, pourvu qu'elles paient une taxe fondamentale de fr. 50 et que pour chaque conversation il soit prélevé une taxe de 5 cts.

Notre système de taxation a été introduit à Buffalo et Milwaukee; la taxe fondamentale est de fr. 250. A ce prix l'abonné peut avoir 500 communications libres par année, chaque centaine ou fraction de centaines au-delà des 500 communications paie fr. 30. Le même système, bien entendu avec d'autres chiffres, a été repris de différents autres côtés. MM. de Locht-Labye et Kervyn le proposent pour le nouveau réseau d'Iseghem ²⁾ avec les modifications suivantes: Taxe fondamentale fr. 50, taxe pour chaque conversation 15 cts., maximum de dépense annuelle par abonné fr. 200. Une proposition analogue a été faite par M. Sharples à

Preston ³⁾. Il propose 1 penny pour chaque conversation aussi bien pour l'appelant que pour l'appelé, mais aucune taxe fondamentale. Par contre il ne veut accorder ce système de taxation qu'à des personnes qui font un usage fréquent du téléphone.

On reproche à notre système qu'il est trop compliqué, qu'il donne occasion à une masse de réclamations et qu'il entrave l'usage libre du téléphone. Il faut que nous examinions un peu ces objections qui ne sont pas sans fondement.

Une complication du service de la station centrale est presque inévitable. Les employés de la station centrale sont obligés d'inscrire chaque conversation et à des intervalles déterminés, par exemple à la fin de chaque mois, il faut établir les comptes de tous les abonnés et encaisser les taxes des communications. Tout cela présente un surcroît de travail qui doit être compensé par un personnel plus nombreux; il y a donc une augmentation des frais d'exploitation. Pourtant des recherches ont déjà été faites pour obtenir un enregistrement automatique des conversations. Un pareil compteur automatique a été inventé par M. Gerosa, Directeur du réseau téléphonique de Milan. Le petit instrument est pourvu de cadrans comme un compteur à gaz et l'abonné peut constater lui-même combien de communications il a demandé. Une invention analogue de date plus récente provient de M. Preiswerk, mécanicien à Bâle. Ce dernier compteur se distingue de celui de M. Gerosa par une combinaison qui évite l'enregistrement des appels non réussis. Il existe même une invention américaine qui encaisse la taxe automatiquement. La boîte d'appel possède un trou longitudinal dans lequel il faut introduire une pièce de 2 cents (10 cts.) pour pouvoir appeler la station centrale. Quand l'appel est infructueux la pièce de monnaie introduite peut servir à permettre un autre appel, de sorte que les appels réussis sont seuls rémunérés.

Avec de pareils arrangements automatiques les réclamations des abonnés doivent disparaître complètement ou se réduire au moins à un chiffre insignifiant, mais même dans le cas où le contrôle est exercé par les employés de la station centrale nous espérons que les réclamations diminueront avec le temps. En cas de différend sur le nombre des communications établies il faut maintenir l'axiome: „La station centrale a raison.“ Cela sonne un peu autocratiquement, mais c'est le seul moyen de se tirer d'embarras et de couper court à des explications sans fin. Le public le comprendra d'ailleurs, comme il comprend l'axiome de la télégraphie: „L'Administration n'accepte aucune res-

¹⁾ *Lumière électrique*, Vol. XVII, page 287.

²⁾ Bulletin de la Société des Electriciens belges, Vol. III, page 21.

³⁾ *Telegraphic Journal*, Vol. XVII, page 458.

ponsabilité à raison du service de la correspondance par la voie télégraphique."

Nous en venons au dernier reproche que l'on peut faire à notre système: le libre usage du téléphone est entravé. Hélas! cela est vrai. Mais pour affaiblir la mauvaise impression que le système pourrait produire sous ce rapport nous voudrions voir réduite à une somme insignifiante, la taxe pour les conversations, par exemple à 5 cts. Nous espérons que cette taxe minime ne sera pas considérée comme une entrave et que toutes les conversations utiles se feront après comme avant; certaines plaisanteries qui s'échangent aujourd'hui par téléphone disparaîtront certainement, mais cela ne sera pas un mal.

Nous désirons vivement que ce système de taxation soit examiné par les hommes compétents, car, nous le répétons encore une fois, c'est, à notre avis, le seul système qui permette d'abaisser les taxes téléphoniques à leur limite inférieure.

Un facteur qu'il ne faut pas négliger dans cet examen des taxes téléphoniques ce sont les *cabines publiques*. On y fait payer chaque conversation à des taux différents suivant les pays ou les réseaux. A Manchester on paye 30 cts. pour une conversation de 3 minutes. Partout ailleurs on a généralement adopté 5 minutes comme unité de temps à laquelle s'applique la taxe et il n'est pas sans intérêt de rappeler ici que la Conférence télégraphique qui s'est tenue à Berlin en 1885, en introduisant les téléphones dans le Règlement de service international, a également adopté la limite de 5 minutes par conversation.

A Paris la taxe est de 50 cts, en Suisse elle est de 5 cts. pour les abonnés et de 10 cts. pour les non-abonnés. Le gérant de la station publique touche 5 cts. pour chaque conversation, de sorte que l'Administration ne fait aucun bénéfice sur les conversations des abonnés et qu'il ne lui reste que 5 cts. sur celles des personnes qui ne sont pas abonnés.

Les stations téléphoniques publiques ne nous semblent pas présenter de grands avantages pour le public et pour les Administrations; on peut admettre qu'une personne placée dans une cabine téléphonique publique demande à s'entretenir avec un abonné quelconque, mais il nous paraît difficile de faire inviter une personne non-abonnée à se rendre dans une cabine pour répondre à un abonné ou à une autre station publique; cela nous semble même constituer un abus que nous ne serions pas disposé à tolérer, en ce qui nous concerne. On pourrait régler cette question en adoptant les dispositions suivantes: Les cabines publiques peuvent appeler un abonné quelconque, mais

les abonnés ne peuvent pas appeler les cabines publiques.

Quant à la taxe à réclamer il faudrait la mettre en harmonie avec le prix d'abonnement. Soit un abonné qui paie annuellement fr. 150 d'abonnement et qui utilise son téléphone en moyenne 1000 fois par an. Chaque conversation lui coûte donc 15 cts. On ne peut certainement pas faire payer la conversation moins cher à une personne non-abonnée qu'à l'abonné. Il faut en effet se conformer à la règle commerciale bien connue qui consiste à favoriser l'acheteur qui fait les plus grands achats. Or un abonné garantit mille conversations par an, la personne non-abonnée peut n'en demander qu'une seule. Dans le cas que nous venons de citer la taxe par conversation, dans les cabines publiques, devrait donc être d'au moins 25 cts. Lorsque les prix d'abonnement dépassent fr. 150 les taxes des cabines devraient aussi être élevées proportionnellement.

Quant au *rayon gratuit* qui entoure la station centrale nous avons vu, dans la statistique, qu'il est très variable dans les différents réseaux téléphoniques. En effet il s'étend quelquefois jusqu'à 3 kilomètres; sur d'autres points, il est limité à 400 mètres. Quand on examine les prix d'abonnement il faut naturellement aussi tenir compte de ce facteur qui n'est pas sans importance. Un rayon gratuit de 2 km., comme il est adopté en Suisse, nous paraît être la distance la plus convenable. Partout les abonnés qui demeurent en dehors du rayon gratuit ont à payer un supplément qui se règle d'après la distance, de fr. 30 à 50 par kilomètre. Ce taux, même celui de fr. 50, ne nous paraît pas trop élevé, surtout si l'on subdivise la distance supplémentaire en fractions de 100, de sorte que par exemple 1100 mètres ne paient qu'une surtaxe de fr. 33 à 55. En tout cas si l'on veut maintenir la taxe minimum de fr. 30, c'est-à-dire de fr. 3 par distance supplémentaire de 100 mètres, il faudrait l'appliquer uniformément dans tous les cas, aussi bien pour un fil qui se pose sur une ligne déjà existante que pour une ligne à un fil. Le système suisse de graduer la surtaxe suivant le nombre des fils est trop compliqué et sujet à des modifications continuelles à cause du développement des réseaux; il occasionne en outre des pertes à l'Administration, car pour un abonnement bien éloigné de la station centrale il ne faut pas seulement prendre en considération les frais de la construction et de l'entretien de la ligne mais aussi les dépenses plus grandes de l'entretien de la station d'abonné. Si un abonné est à une distance de 5 ou 10 kilomètres de la station centrale il faut, pour le même travail (réglage d'un microphone, remplacement d'un cordon double, renouvellement d'une pile, etc.), toute une

journée pour ces réparations, tandis que, dans la ville même, la besogne est faite en 30 minutes ou une heure.

Il nous reste à discuter les taxes pour les *communications interurbaines*. On peut se demander si les communications interurbaines ont une raison d'être ou plutôt jusqu'à quelle distance leur utilité est justifiée. Laissons ici de côté la question technique et supposons qu'il soit possible de téléphoner à toute distance. Plus les distances augmentent, plus s'accroissent les avantages du télégraphe sur ceux du téléphone. La grande masse du public possède, sous ce rapport, une conception erronée du téléphone et des services qu'il peut rendre. Il veut, au moins en Suisse, remplacer partout le télégraphe par le téléphone. Les grandes villes veulent être mises en communication entre elles et les petites villes et villages demandent la même faveur. Or la grande différence entre le téléphone et le télégraphe consiste en ce que ce dernier peut correspondre même indirectement, par l'intermédiaire de stations de réexpédition, tandis que le téléphone ne permet que des communications directes et personnelles. Cette différence entre les deux systèmes de correspondance est beaucoup plus importante dans ses conséquences qu'on ne le croit généralement. Aucun télégraphiste ne pensera à donner une dépêche télégraphique directement par exemple de Bordeaux à St-Gall. Cette dépêche sera reçue par Paris et réexpédiée à Berne qui, à son tour la réexpédiera à St-Gall. Le nombre de ces réexpéditions augmente encore lorsqu'il s'agit de petites localités. Ce mode de transmission est impossible pour la téléphonie, au moins actuellement et pour aussi longtemps qu'on n'arrivera pas à recevoir et à réexpédier des phonogrammes par un phonographe. Mais même si on parvenait à résoudre ce problème la téléphonie perdrait le caractère spécial qui la distingue surtout de la télégraphie, c'est-à-dire son instantanéité et la possibilité du dialogue à la place du monologue.

Donc pour la téléphonie entre deux lieux il faut toujours un fil direct, sans intermédiaire quelconque. On peut y arriver de deux manières différentes. La première méthode consiste à réunir plusieurs fils directs et à passer par différentes stations centrales. Supposons que l'abonné A à Wädensweil veuille parler avec l'abonné B à Schaffhouse. A appelle la station centrale de Wädensweil et demande B à Schaffhouse. La station centrale de Wädensweil appelle celle de Zurich et quand celle-ci se présente A répète sa demande: „B à Schaffhouse.“ La station centrale de Zurich appelle celle de Winterthour, à laquelle A exprime également son désir, et la station de Winterthour appelle

celle de Schaffhouse qui sur la demande de l'abonné de Wädensweil, reproduite pour la quatrième fois, établit enfin la communication avec l'abonné B à Schaffhouse. Ce système de communication interurbaine qui est maintenant principalement en usage en Suisse présente plusieurs inconvénients sérieux. D'abord les différents fils directs ne sont pas libres à la fois. A parvient peut-être jusqu'à Zurich ou Winterthour; mais au-delà, les fils sont pris, il faut donc recommencer la tentative une seconde, 3^e, 6^e fois; cela dure quelquefois plusieurs heures jusqu'à ce qu'un abonné puisse arriver à l'interlocuteur avec lequel il désire s'entretenir. Même dans le cas où tous les fils directs sont libres à la fois, où les stations centrales répondent sans retard, où aucun obstacle imprévu ne barre la route, où aucun malentendu ne jette la confusion parmi les fils, les préliminaires de la conversation occupent toujours un temps trop long et trop précieux. Avec le nombre des stations centrales le travail et les dépenses de l'Administration augmentent considérablement. Les communications interurbaines sont toujours plus difficiles et demandent plus de temps que les communications locales. On peut donc, sans exagérer, affirmer que dans l'exemple donné plus haut le travail total des stations centrales représente huit fois celui que demande une communication locale, et les frais du personnel augmentent dans la même proportion. Encore ne comptons-nous pas les communications manquées!

Le second système de communications interurbaines consiste à établir partout des fils directs. Pour n centres téléphoniques il faudrait $\frac{n(n-1)}{2}$ fils directs. Pour 30 centres téléphoniques à combiner entre eux, il faudrait 435 fils directs. Par ce système on parvient bientôt à l'absurde, à l'impossible.

Nous croyons que pour la téléphonie interurbaine il faut choisir un système mixte, composé des deux systèmes sus-mentionnés. Il faut distinguer entre grands et petits centres téléphoniques, réunir les premiers par des fils directs, c'est-à-dire d'après le second système, et desservir les petits centres par le premier système. Prenons de nouveau la Suisse comme exemple, d'abord parce que les conditions de ce pays nous sont plus familières que celles d'autres pays, ensuite parce que la Suisse est petite et que sa population est dense (abstraction faite des hautes montagnes); les communications interurbaines y ont donc encore une certaine raison d'être, les distances n'étant pas grandes et les centres téléphoniques étant bien rapprochés les uns des autres. Prenons comme grands centres téléphoniques Genève, Zurich, Bâle, Lausanne, Berne, St-Gall, Chaux-de-Fonds, Lucerne, Vevey, il faudrait donc 36 fils directs si chaque

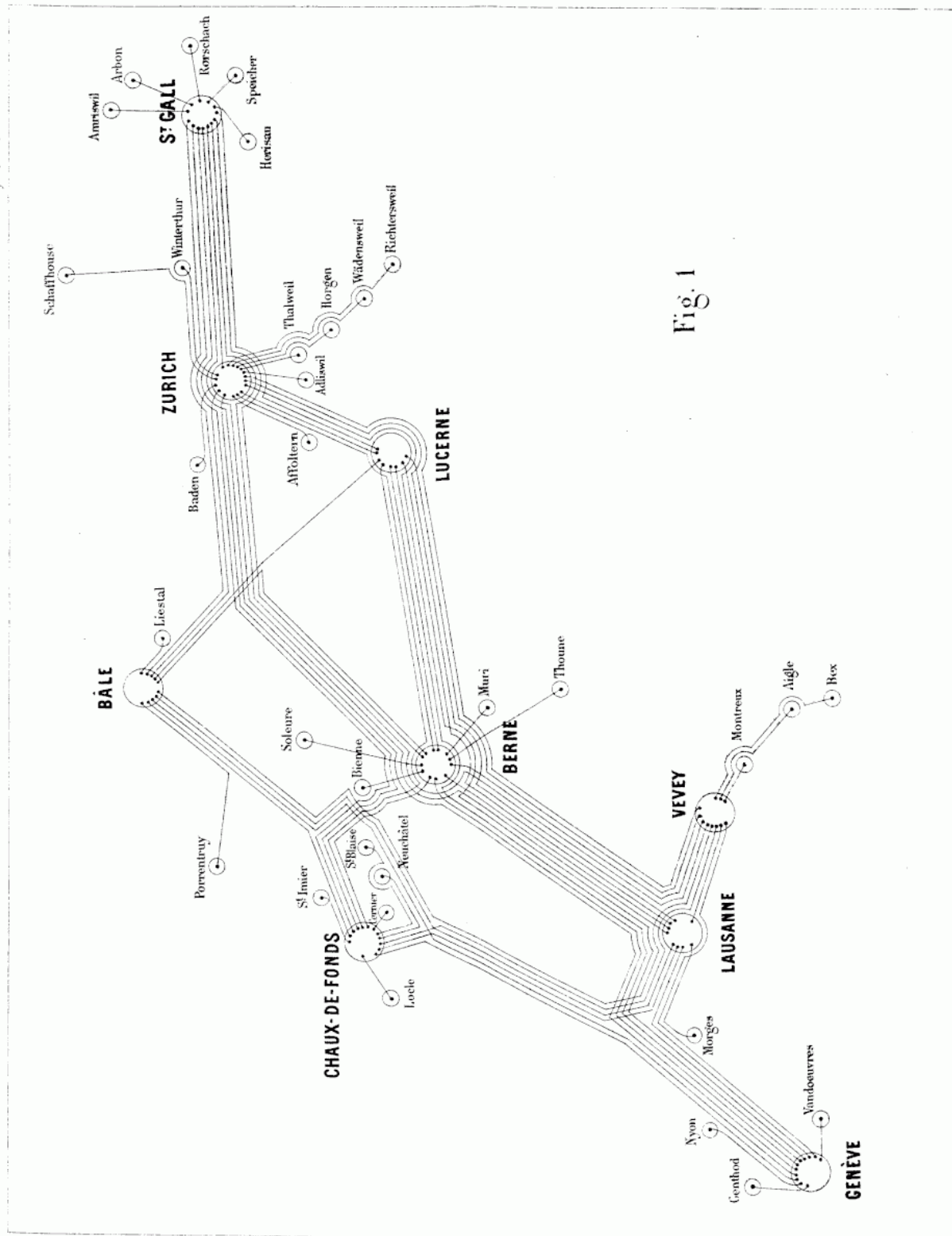


Fig. 1

Impr. Ambrose, Bern.

Lith. v. Haren, Bern.

réseau principal était à relier par un seul fil à chaque autre réseau principal. Mais un seul fil ne suffit pas toujours, différents réseaux demanderont certainement deux et même trois intercommunications, ce qui porterait encore le nombre des grandes intercommunications au delà de 36; admettons qu'il faille au total 40 fils directs de premier ordre.

Les petits réseaux seraient à relier directement au grand réseau le plus rapproché par des fils directs de second ordre; il faudrait par exemple un fil de Montreux à Vevey, un d'Aigle à Vevey, un de Bex à Vevey et un de St-Maurice à Vevey. Ces fils directs de second ordre seraient en général plus courts que les fils directs de premier ordre, et le nombre qui serait nécessaire actuellement peut être évalué à 35. Considérons en outre que toutes les communications, sauf une, placées sur les mêmes poteaux, doivent être établies en fils doubles à cause de l'induction dont nous parlerons dans un des chapitres suivants et qu'il faut employer du fil de bronze, nous arriverons au total suivant de lignes interurbaines:

260 km. de lignes à	1 fil	coûtent fr.	117 000
20 " " " "	3 fils	" "	15 000
12 " " " "	5 " "	" "	13 320
10 " " " "	7 " "	" "	14 400
200 " " " "	9 " "	" "	354 000
100 " " " "	11 " "	" "	210 000
140 " " " "	13 " "	" "	340 000
20 " " " "	15 " "	" "	55 000
220 " " " "	17 " "	" "	679 800
90 " " " "	19 " "	" "	307 800
7 " " " "	21 " "	" "	26 250
95 " " " "	23 " "	" "	387 600
Total			fr. 2 520 170

Par la figure 1, nous avons représenté ce réseau interurbain suisse en faisant abstraction des tout petits réseaux. Les communications directes de premier et de second ordre qui effectivement devraient se composer de deux fils, ne sont indiquées que par un seul trait. Partout où les lignes ont plus d'un fil, il faut s'imaginer que le nombre est le double sauf un. Ainsi entre Berne et Lausanne la figure indique 12 communications de premier ordre, le nombre des fils serait donc de 23.

Si l'on compte 5 % comme intérêt du capital employé dans la construction de ce réseau interurbain, 5 % pour l'entretien et 5 % pour l'amortissement, il faut que les communications interurbaines produisent une recette annuelle de fr. 380 000 pour couvrir les

frais provenant des lignes; mais il faut aussi tenir compte du surcroît de travail des stations centrales qui résulte des communications interurbaines et dont nous avons parlé plus haut. Admettons que sur chacun des 75 fils directs s'échangent 20 conversations par jour ouvrable et que chaque communication occupe en moyenne deux fils; nous aurons alors par année 224 000 communications interurbaines qui exigent des stations centrales un travail égal à 1 792 000 communications ordinaires. 1500 de ces communications coûtent à l'Administration environ fr. 30, les frais du personnel pour les communications interurbaines atteignent donc fr. 34 000 et le total des frais fr. 414 000. Ces frais sont contrebalancés par les recettes résultant des 224 000 communications interurbaines, chacune de ces communications doit donc produire fr. 1,85 pour que l'Administration puisse justement couvrir ses propres frais.

Ce calcul, se basant sur les réseaux téléphoniques existants d'un petit pays démontre quelles dimensions importantes doit acquérir un réseau interurbain pour répondre d'une manière à peu près satisfaisante à la demande de relier les abonnés des différents réseaux et à quel chiffre élevé il faut pousser le taux des conversations interurbaines rien que pour couvrir les frais de l'installation et de l'exploitation. Et pourtant, même avec le système développé plus haut, il arrivera encore souvent qu'un abonné ait à passer 4 stations centrales avant d'arriver à son interlocuteur. Le seul avantage dans ce cas est que des trois fils occupés simultanément un seul est fil direct de premier ordre. Il est donc à supposer que dans la plupart des cas on trouvera le chemin libre. L'importance des réseaux dans des pays plus étendus n'augmenterait pas seulement dans la proportion des grandeurs mais dans le carré de cette proportion, et les taxes deviendraient déraisonnables.

Quant à la taxation des communications interurbaines plusieurs Administrations, par exemple celle de l'Allemagne, avaient d'abord eu l'idée de charger l'abonnement annuel d'un supplément qui donnerait à l'abonné, payant ce supplément annuel, le droit à l'usage libre de la communication interurbaine. Il résulte de pourparlers que nous avons eus avec de hauts fonctionnaires d'autres Administrations, que ce système est encore aujourd'hui en faveur dans certains endroits. Et pourtant il nous semble qu'il présente des inconvénients si sérieux que son maintien est peu probable; en effet l'Allemagne l'a laissé tomber.

Les inconvénients qui incombent à ce système sont les suivants. Ce ne seront que les abonnés ayant des rapports interurbains très-suivis qui se décideront à payer le supplément annuel qui naturellement doit être

assez important. Parmi ces abonnés les plus forts occuperont la ligne presque continuellement, ils seront „le loup dans la bergerie“ ; les autres ne parviendront que très-rarement à avoir la ligne. Il s'établira alors des fraudes, comme dans la téléphonie urbaine ; on ira chez son voisin qui aura payé le supplément et il y aura ainsi des conversations interurbaines clandestines en masse. L'abonné qui n'a pas droit à la conversation interurbaine sera presque obligé de se servir de cet expédient, car pour les quelques conversations par année qu'il aura il ne vaudra pas la peine de payer un supplément. Et comment les choses se passeront-elles quand un réseau aura plusieurs lignes interurbaines dans différentes directions ? Les uns voudront parler avec la ville A, les autres avec la ville B, d'autres encore avec la ville C. Le supplément restera-t-il le même indépendamment du nombre des villes avec lesquelles on aura le droit de parler ou faudra-t-il faire différentes catégories de suppléments. Qu'on s'imagine le contrôle presque impossible des stations centrales pour garantir à chaque abonné son droit acquis et d'un autre côté pour ne pas laisser passer des conversations clandestines. Nous lisons dans le „Centralblatt für Elektrotechnik“ ¹⁾ qu'il s'agissait, il y a quelques mois, de réunir les réseaux de Mayence, Francfort s./M. et Wiesbaden par des lignes interurbaines et que parmi les abonnés de Wiesbaden 33 s'étaient décidés pour Francfort, 21 pour Mayence et 20 pour Francfort et Mayence. Ce seul fait démontre suffisamment à quelle confusion on arriverait avec l'abonnement supplémentaire annuel.

Le système de taxation que nous avons proposé plus haut pour les conversations urbaines devient urgent, inévitable pour les conversations interurbaines, et en effet il est adopté presque partout comme la seule solution pratique du problème. En Belgique, cette taxe par conversation interurbaine est de fr. 1 pour 5 et de fr. 1,50 pour 10 minutes pendant le jour et de fr. 2, respectivement fr. 3 pendant la nuit ; en France fr. 1 pour 5 minutes ; en Allemagne de 62½ centimes à fr. 1,25 suivant les distances, par 5 minutes ; aux Etats-Unis de fr. 1,25 centimes à fr. 2,50 par 5 minutes ; en Suisse de 20 centimes par 5 minutes. Cette dernière taxe est certainement insuffisante, comme nous l'avons prouvé plus haut. S'il était admis que, pour la Suisse, une taxe unique, indépendante des distances, soit la meilleure solution, cette taxe devrait osciller entre 56 et 63 centimes par conversation de 5 minutes, en tout cas elle ne pourrait pas descendre au dessous de 50 centimes sans exposer l'Administration à des pertes certaines.

¹⁾ Vol. VIII, page 73.

La question se présente autrement pour les grands pays. Peut-on y maintenir la taxe unique ou faut-il l'échelonner suivant les distances à parcourir ? Le précédent de l'Allemagne, de l'Angleterre et des Etats-Unis laisse supposer qu'on se décidera, au moins pour une certaine période, en faveur des taxes échelonnées.

4. Législation, décrets et ordonnances.

La législation téléphonique est peu développée. Dans plusieurs pays on ne sait pas encore quelle position il convient de prendre vis-à-vis de la téléphonie et on ne veut pas se lier les mains par une loi prématurée ; dans d'autres le Gouvernement a pris son parti, mais la situation n'est pas encore sanctionnée par des lois. En attendant ces dernières, on y a, dans plusieurs cas, suppléé par des décrets ou des arrêtés ministériels.

Pendant quelques années la Belgique a été le seul pays qui possédât une loi complète sur la téléphonie ; cette loi date du 11 Juin 1883 ¹⁾. Dans les autres pays on s'est contenté d'ordonnances ou de décrets provisoires ; mais toutes les prescriptions qu'elles aient été données sous forme de lois ou sous toute autre forme partent de la même base, c'est que la téléphonie est une régalie de l'Etat ; elles portent par conséquent un double caractère. D'un côté elles réservent à l'Etat ses prérogatives, de l'autre elles cherchent à garantir le public contre une exploitation exagérée de la part des Compagnies.

La première catégorie comprend les prescriptions suivantes :

Impôt à l'Etat : D'après une proposition du postmaster général à la Chambre des communes d'Angleterre, datant du 8 Août 1884 ²⁾, les Compagnies téléphoniques ont à payer à l'Etat 10 % des recettes brutes. En Italie, le décret royal de 1883 ³⁾ fixe des minima annuels de fr. 15 pour chaque appareil placé chez les particuliers, de fr. 7 pour chaque appareil placé dans les bureaux de l'Etat, des municipalités et des œuvres de bienfaisance et de fr. 100 pour chaque appareil des bureaux téléphoniques ouverts à l'usage du public. En Belgique, les Compagnies ont à payer par an fr. 5 pour chaque abonné et fr. 50 pour chaque station publique. Le nouveau décret espagnol du 13 Juin 1886 prélève, comme dans la Grande-Bretagne, 10 % des recettes brutes.

Durée des concessions. Elle est fixée en Italie à 3 ans, en France à 5 ans et en Belgique à 25 ans.

Suspension, révocation, rétrocession et rachat. En Italie, les concessions peuvent être suspendues dans le

¹⁾ Voir *Journal télégraphique*, Vol. VII, page 174.

²⁾ Voir *Journal télégraphique*, Vol. VIII, page 162.

³⁾ Voir *Journal télégraphique*, Vol. VII, page 217.

cas où la correspondance télégraphique privée viendrait à être suspendue et dans toute circonstance où le Gouvernement le jugerait convenable, pour raison d'ordre public. Les concessions peuvent être révoquées en cas de faillite du concessionnaire, si le concessionnaire ou un abonné cherche à surprendre le secret télégraphique et dans tous les cas de non accomplissement des conditions établies. Le Gouvernement peut, à toute époque, acquérir, s'il le juge convenable, le matériel appartenant aux concessionnaires moyennant remboursement de leur juste valeur qui sera fixée d'un commun accord, ou, à défaut de celui-ci, par une expertise arbitrale.

En Belgique le Gouvernement peut opérer le rachat d'un réseau au bout de la dixième année de concession. Comme prix du rachat le concessionnaire reçoit, jusqu'à l'expiration de la durée de sa concession, une rente annuelle équivalant à la moyenne du produit net de l'exploitation pendant les trois dernières années, augmentée de 15 % à titre de prime. En cas de non observation des conditions de concession la déchéance peut être prononcée par arrêté royal. Les 25 ans de la concession écoulés les lignes du réseau deviennent propriété de l'État.

Protection de la télégraphie. L'intention de protéger la télégraphie contre les empiètements de la téléphonie se manifeste par différentes mesures. D'abord les concessions sont données pour un rayon limité. Ce rayon est en Belgique de 10 kilomètres autour de la station centrale. En Angleterre on a abandonné toute limitation du rayon, mais il est défendu de faire des communications écrites par téléphone, c'est-à-dire qu'on ne peut pas faire porter des correspondances par des tiers, à des stations téléphoniques, ni recevoir des communications par écrit. En Italie aussi la téléphonie est limitée à des communications orales. Outre cela les lignes téléphoniques ne doivent pas entraver les lignes télégraphiques. En Italie, il est interdit de croiser les fils de l'État, ni de placer les fils téléphoniques de telle façon que l'on puisse surprendre les signaux télégraphiques. Là où des croisements sont inévitables, des précautions spéciales sont à prendre pour éviter un contact accidentel entre les deux systèmes de fils. Les lignes téléphoniques déjà existantes doivent faire place aux lignes télégraphiques en voie de construction, si elles gênent ces dernières. Pour tout établissement de lignes concédées, il faut l'accord préalable des fonctionnaires de l'Administration des télégraphes.

En ce qui concerne la protection de la télégraphie contre l'invasion du téléphone, nous croyons que les Administrations gouvernementales, par la position fautive

qu'elles occupent vis-à-vis des entreprises téléphoniques privées, sont amenées à prendre des mesures qui seront en fin de compte inexécutables. Il est hors de doute que la téléphonie peut rendre certains services de la télégraphie d'une manière plus convenable que cette dernière, par exemple l'envoi de messages à de très courtes distances. Sous ce rapport, on peut donc regarder la téléphonie comme un perfectionnement de la télégraphie. Or, si une nouvelle institution est plus perfectionnée qu'une ancienne qu'elle remplace en partie, il est illogique d'entraver le développement de la première, parce qu'elle cause des pertes à la seconde. Supposons qu'une ville, possédant une installation d'éclairage à gaz veuille introduire la lumière électrique. Serait-il logique de porter le coût de l'installation à gaz sur le compte de l'exploitation de la lumière électrique? Serait-il logique de faire payer par un nouveau chemin de fer toutes les voitures et chevaux qu'il a dépossédés? Pourquoi donc la téléphonie serait-elle obligée d'indemniser la télégraphie des pertes qu'elle lui occasionne? La téléphonie n'a nullement à s'occuper de la situation de la télégraphie; elle doit supporter ses propres frais mais non ceux d'autres institutions; il serait injuste de la charger d'un fardeau qui lui est complètement étranger.

Les dispositions légales dans l'intérêt du public concernent surtout les *taxes*. En Italie, le tarif des prix d'abonnement est arrêté par le concessionnaire, mais ne peut excéder le maximum fixé par le Gouvernement. En France, c'est le Gouvernement qui fixe les taxes. En Belgique, le maximum des taxes est fixé par les adjudications des réseaux. Dans certaines régions des Etats-Unis de l'Amérique du Nord la législation fixe un maximum de taxe mensuelle de fr. 15. Pour les villes de Batavia, Weltewreden, Samarang et Soerabaja ce maximum mensuel est arrêté par décret du 26 Avril 1883¹⁾ à fr. 31,50 pour les particuliers et à fr. 63 pour les sociétés et Compagnies privées. Pour l'Espagne les maxima des taxes annuelles sont de 300, 600 ou 1000 francs, suivant l'usage qu'on fait du téléphone. Les hôtels par exemple paient fr. 1000.

Pour les *cabines téléphoniques* les taxes sont réglementées d'une manière analogue. D'après l'article 3 de la loi française²⁾, le Ministre des postes et des télégraphes fixe la taxe à percevoir pour les communications par les postes publics et le décret du 28 Juillet 1885 précise ces taxes comme suit: fr. 40 par an pour un abonné à Paris et fr. 30 dans les départements et pour les non abonnés; 50 centimes à Paris et 25 cen-

¹⁾ Voir *Journal télégraphique*, vol. X, page 56.

²⁾ Voir *Journal télégraphique*, vol. VIII, page 139, et vol. IX, page 271.

times dans les départements pour une conversation de 5 minutes. En Belgique, la taxe est de 25 centimes pour une durée de 10 minutes. L'ordonnance russe du 26 Avril 1883¹⁾ fixe une taxe de 25 kopeks (60 cts.) pour les conversations dans les cabines.

Des prescriptions analogues existent pour les *communications interurbaines*. En Belgique, une conversation de 5 minutes coûte fr. 1, une conversation de 10 minutes fr. 1,50; pendant la nuit ces taxes sont respectivement de fr. 2 et 3. En France, la taxe interurbaine est arrêtée à fr. 1 jusqu'à des distances de 100 kilomètres. Pour les réseaux qui appartiennent au même groupe téléphonique, cette taxe est diminuée à 50 centimes. Il résulte de ces différences de taxe que la France a l'intention d'adopter le système de taxes variant avec la distance.

Quant à la *téléphonie internationale*, la Conférence télégraphique de Berlin a pris des décisions²⁾ qui, quoique elles n'entrent pas dans beaucoup de détails, sont pourtant d'une grande importance, parce qu'elles admettent, dans le principe, la téléphonie d'un pays à l'autre. D'après ces stipulations, il n'est pas permis de relier directement entre eux deux abonnés demeurant dans deux pays différents, ou de relier un abonné à une station centrale qui se trouve dans un pays limitrophe. Les communications internationales peuvent donc être uniquement établies entre les stations centrales des deux pays. Au moyen de ces stations centrales, le public peut téléphoner d'une frontière à l'autre, soit par des stations d'abonné, soit par des cabines téléphoniques publiques. La période de 5 minutes est adoptée comme durée maximum d'une conversation. L'emploi du téléphone est réglé d'après l'ordre des demandes. Deux correspondants ne peuvent avoir que deux conversations consécutives si l'on est en présence d'autres demandes en vue d'utiliser le fil.

Des communications basées sur ces prescriptions existent déjà. Les réseaux de Bâle et de St-Louis sont par exemple réunis entre eux et chaque conversation de 5 minutes se paie fr. 1,25, taxe qui est partagée entre les deux Etats.

La *transmission et la réception des télégrammes* par téléphone est aussi réglée dans différents Etats. En Hongrie, l'Administration des télégraphes prélève 50 centimes pour chaque télégramme ainsi transmis ou reçu; en Belgique, ce service se fait sans frais aucuns; en Espagne, la taxe est de 25 centimes pour des dépêches jusqu'à 30 mots; en Suisse, 10 centimes sont perçus dans chaque direction. On voit quels points de vue différents ont dominé dans cette question assez

simple. Nous croyons que dans l'intérêt des deux services on devrait suivre l'exemple de la Belgique; le petit sacrifice que la téléphonie ferait ainsi en faveur de la télégraphie trouverait sa compensation dans l'augmentation de la valeur du téléphone pour les abonnés. On pourrait stipuler qu'un télégramme transmis ne sera pas envoyé par facteur, mais gardé en dépôt au bureau télégraphique ou envoyé par la poste.

Les décrets gouvernementaux entrent rarement dans les détails du *service*. L'arrêté royal du 10 Octobre 1884 dispose, pour la Belgique, que la station centrale n'appellera un abonné que pendant une minute le jour et cinq minutes la nuit. Quand l'abonné appelé ne répond pas dans cet intervalle, il est considéré comme absent et la station centrale a le droit de s'abstenir d'appels ultérieurs. La durée du service est fixée à Budapest et Ujpest, par des prescriptions ministérielles, de 8 heures du matin à 10 heures du soir, et en Espagne, par la loi, de 7/8 heures du matin à 10 heures du soir pour les petits réseaux, tandis que les réseaux de 100 abonnés et plus ont un service continu de jour et de nuit.

Il est intéressant de voir comment, dans les différents pays, on a envisagé et réglementé l'*usage des téléphones des abonnés par des personnes non abonnées*. Nous avons vu que l'Espagne charge les stations d'abonnés de taxes progressives proportionnées à la fréquence probable de cette utilisation. En France, la permission pour les cercles, établissements publics, etc. de prêter le téléphone à leur clientèle, doit être achetée par un abonnement double dont la moitié tombe dans la caisse de l'Etat. Aux abonnés ordinaires toute utilisation par des tiers est expressément interdite. Exception est seulement faite pour les commis et employés de la maison et pour les membres de la famille de l'abonné. Les abonnés sont exposés à de sévères poursuites s'ils ne se conforment pas à cette prescription³⁾. En Russie, le même principe prévaut, mais l'augmentation du prix est fixée dans chaque cas spécial. L'Italie et la Belgique suivent une route diamétralement opposée. Là, l'abonné est formellement autorisé à laisser parler par son téléphone qui que ce soit, sans que la Compagnie puisse, en raison de cette augmentation de l'usage du téléphone, charger l'abonné d'aucune taxe supplémentaire.

Une question de la plus haute importance qui devrait être réglée partout, est la réglementation du *droit d'établir des lignes*. Le nombre des fils téléphoniques dans les grands centres de population augmente continuellement. Déjà maintenant on les compte par milliers et nous ne savons pas où l'on finira. Il devient

¹⁾ Voir *Journal télégraphique*, vol IX, page 136.

²⁾ Voir *Journal télégraphique*, vol. IX, page 232.

³⁾ Voir *Lumière électrique*, vol. XV, page 240.

de plus en plus difficile de passer avec les fils et les artères au-dessus des maisons et jardins des grandes agglomérations. Les Administrations téléphoniques, qu'elles aient un caractère privé ou non, sont à la merci des propriétaires et il faut souvent donner aux artères des directions et des angles qui ne sont pas du tout rationnels, parce qu'on rencontre dans la bonne direction des refus absolus. Pour chaque ligne on est en danger continu de voir révoquer les autorisations données. Les propriétaires extorquent des Administrations des sommes vraiment exorbitantes pour les permissions données. Nous connaissons des cas où un propriétaire a demandé une indemnité de fr. 50 000 pour la permission de laisser un chevalet à 70 fils sur sa maison. Les demandes d'indemnités de fr. 20 000 à 30 000 ne sont pas rares. Quand il s'agit de passer, sans aucun appui, par dessus les immeubles en question et très haut en l'air avec quelques fils, pour la traversée d'une basse-cour, d'un coin de jardin, etc., on rencontre quelquefois des résistances incroyables. Et bien plus encore, nous connaissons plusieurs cas où l'Administration a été entraînée dans des procès, parce qu'elle a coupé des branches d'arbres qui penchaient sur la route, en dehors de la propriété privée, et rendaient le passage des fils *sur le territoire de l'Etat* impossible. Pareille exploitation et incertitude au sujet des lignes téléphoniques ne sauraient être tolérées. Il est bien facile de dire: „mettez vos fils sous terre.“ Nous verrons plus tard, quand nous parlerons des lignes aériennes et souterraines, qu'il y a plusieurs grands obstacles à ce transfert des lignes si l'on veut le poursuivre dans toutes ses conséquences.

Nous ne connaissons qu'un seul Etat qui possède actuellement une loi qui donne le droit de construire des lignes télégraphiques et téléphoniques, c'est la France. Les dispositions principales de cette loi¹⁾ sont les suivantes: L'Etat a le droit d'exécuter sur le sol ou sous le sol des chemins publics et de leurs dépendances tous travaux nécessaires à la construction et à l'entretien des lignes télégraphiques ou téléphoniques. L'établissement des fils dans les égouts appartenant aux communes ne peut avoir lieu que moyennant une redevance, dont le taux sera déterminé par un décret spécial. L'Etat a le droit d'établir des supports à l'extérieur des murs et façades donnant sur la voie publique et sur les toits et terrasses des bâtiments, à la condition qu'on y puisse accéder par l'extérieur. Il a aussi le droit d'établir des conduits ou supports sur le sol des propriétés non bâties qui ne sont pas fermées de murs ou autre clôture équivalente. Il ne sera dû au propriétaire d'autre indemnité que celle du pré-

judice résultant des travaux de construction de la ligne ou de son entretien. Cette indemnité, à défaut d'arrangement amiable, sera réglée par le Conseil de préfecture, sauf recours au Conseil d'Etat.

Les décrets et règlements rendus pour le même objet dans quelques autres pays présentent certaines lacunes:

Dans l'Empire germanique il existe un arrêté du Conseil fédéral de l'Allemagne du Nord, datant du 25 Juin 1869¹⁾, qui contient des prescriptions concernant la construction des lignes le long des routes, mais il est conçu dans des termes assez généraux et se restreint aux lignes télégraphiques. Le droit de construire les lignes est réservé à l'Etat, le tracé est à déterminer de concert avec l'Administration des ponts et chaussées. L'article le plus important de cet arrêté est celui qui concerne l'élagage des arbres qui longent les routes. L'Administration des ponts et chaussées doit les élaguer de telle façon que les fils soient distants d'au moins 63 cm des branches et feuilles les plus rapprochées. L'arrêté est muet sur la question du passage sur les propriétés privées.

En Belgique, „les propriétaires et occupants sont „tenus de tolérer au-dessus de leurs bâtiments ou terrains les fils des lignes téléphoniques, mais sans attache ni contact. Les propriétaires et occupants ont „droit à une indemnité pour le préjudice qui peut résulter de l'application des précédentes dispositions.“

Dans l'Etat de Louisiane, les Compagnies peuvent établir des poteaux, faire les travaux nécessaires pour la construction et l'entretien des lignes sur toute propriété, moyennant indemnité. En cas de désaccord entre un propriétaire et la Compagnie, l'expropriation peut être poursuivie et prononcée, comme pour les chemins de fer.

Le droit d'établir des lignes au-dessus des maisons et propriétés privées constitue pour la téléphonie une question „vitale.“ Le développement ultérieur de la téléphonie en dépend; la solution est donc urgente, car nous ne pouvons pas nous imaginer qu'il soit possible de réaliser tous les progrès inhérents à la téléphonie, sans le droit au libre développement des lignes. M. le professeur Meili a dans son livre „Das Telephonrecht“ développé cette idée d'une manière si précise et si claire que nous ne pouvons pas mieux faire, pour clore ce chapitre, que d'en citer quelques passages.

Après avoir démontré, par des exemples, les conséquences fâcheuses de l'état actuel des choses, M. Meili continue, page 112 du livre mentionné: „Ces exemples „démontrent que les conditions législatives actuelles „sont tout-à-fait problématiques. Est-il admissible en

¹⁾ Voir *Journal télégraphique*, vol. IX, page 158.

¹⁾ Voir *Telegraphenbauordnung für das Reichs-Telegraphengebiet*, page 67.

« droit qu'un propriétaire puisse à chaque instant, suivant son caprice, demander l'enlèvement des fils? Il faut toute la fidélité de la conviction vis-à-vis du droit privé *illimité* et une foi aveugle dans l'inflexibilité de la logique du droit privé, pour pouvoir approuver de pareilles conditions. Je ne peux pas m'élever à cette hauteur, malgré tout le respect que j'ai toujours eu pour le droit privé. Ces conséquences dévoilent le talon d'Achille de la base théorique sur laquelle s'élève le système exclusif de la propriété. Un pareil état *ne peut pas* répondre au droit de nos temps modernes. *Il est impossible qu'une question civilisatrice de la vie moderne puisse être laissée à la merci de l'arbitre d'un particulier et des stipulations vagues et précaires conclues avec chaque propriétaire ou d'une convention résiliable.* Une clameur générale amènera finalement l'adoption de cette transformation du droit de propriété pour laquelle je milite. En tout cas, il faudrait accorder à l'Etat le droit d'expropriation si le propriétaire d'une maison ou d'un terrain s'oppose au passage des fils téléphoniques au-dessus de sa propriété. Par décret du 1^{er} Novembre 1884, le Conseil fédéral suisse a fait usage de ce droit et cette mesure est à approuver *sans restriction*, si l'on n'ose pas faire le pas plus décisif que je représente comme possible: Etablissement d'une obligation générale de tolérance, avec la condition que pour des *cas exceptionnels* le dommage causé doit être réparé. »

5. Appareils et installations.

Depuis l'introduction de la téléphonie dans le service public on remarque une grande activité parmi les inventeurs, dans le but de perfectionner les appareils et installations téléphoniques. Les nouveaux appareils sont déjà si nombreux qu'il devient difficile de s'orienter. Souvent les modifications sont d'une importance insignifiante, presque nulle, et se restreignent à certaines différences dans la forme, la dimension ou la matière employée, souvent aussi le nouvel appareil vaut moins que ses prédécesseurs. Maintes nouvelles inventions ne sont faites que dans le but d'éviter les brevets existants et on remarque cette tendance surtout pour les transmetteurs et récepteurs, les appareils les plus caractéristiques et les plus importants de la téléphonie. D'un autre côté on trouve naturellement aussi un certain nombre de solutions heureuses qui marquent de véritables progrès.

a. Récepteurs.

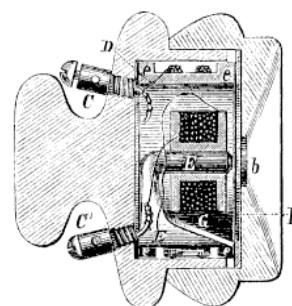
C'est une des particularités de la téléphonie que le premier appareil inventé ait été le récepteur; mais

ce récepteur est réversible et peut en même temps servir comme transmetteur; il est sorti des mains de son inventeur dans un état si parfait qu'il ne permet guère de perfectionnement. Nous commencerons donc l'énumération et la description des appareils par le récepteur, quoiqu'il eût été peut-être plus logique de commencer par le transmetteur.

Selon nous, la plupart des inventeurs poursuivent une fausse route en cherchant à augmenter la sensibilité du récepteur, et il se présentera plus tard l'occasion d'expliquer pourquoi nous sommes de cet avis. Mais les inventeurs en jugent autrement et par différentes combinaisons ils cherchent à arriver à leur but.

Le moyen qui se présente tout d'abord consiste à utiliser les deux pôles de l'aimant et à y appliquer plus d'une bobine. Un des premiers récepteurs de cette catégorie est celui de MM. *Siemens et Halske* qui sert en Allemagne (sauf la Bavière et le Wurtemberg) comme transmetteur et récepteur. Dans cette catégorie se range aussi le téléphone de M. G. N. *Torrence*, dont la fig. 2

Fig. 2.

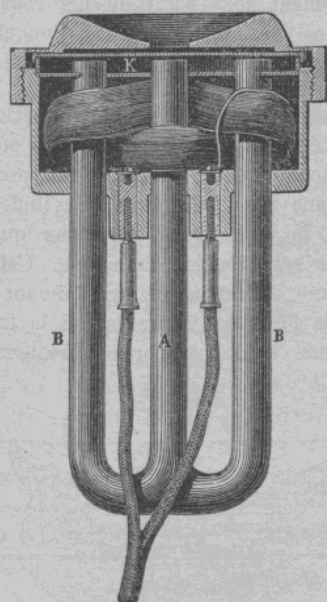


montre une section. Un des pôles de l'aimant E est au centre de l'appareil et entouré de la bobine G, l'autre pôle D s'épanouit en cercle non fermé et touche le diaphragme à sa circonférence. Ce diaphragme possède par conséquent deux polarités, l'une au centre, l'autre à la périphérie.

Le téléphone *Ochorowicz* a aussi deux bobines fixées sur les pôles d'un aimant qui a la forme d'un cylindre fendu suivant une génératrice. Sur le noyau de l'une de ces bobines est vissé un diaphragme, tandis que devant l'autre bobine un second diaphragme libre est appliqué selon la manière usuelle. Un cercle réunit les deux diaphragmes et il se forme ainsi une espèce de boîte cylindrique qui est fixée en un seul point et qui vibre dans sa totalité quand des courants ondulatoires traversent les bobines. Ce téléphone se distingue aussi par ses petites dimensions.

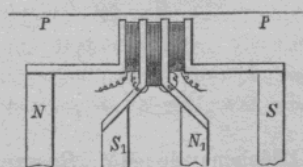
M. *Henry Clay* a employé dans son téléphone (fig. 3) trois pôles magnétiques et trois bobines. Le pôle nord

Fig. 3.



est au centre, les deux extrêmes sont des pôles sud. Le fil qui forme les trois bobines décrit un double ∞ autour des trois pôles et par suite le même courant renforce ou affaiblit simultanément les trois pôles. Ce téléphone est un peu lourd et mal commode pour la manipulation.

Fig. 4.



Le téléphone de M. P. Tutzauer, fig. 4, est muni de 4 pôles magnétiques, placés l'un à côté de l'autre et alternant dans leur polarité. Entre ces pôles se trouvent 3 bobines, mais leurs spires sont placées parallèlement à l'axe des prolongements en fer doux qui couronnent les pôles. L'inventeur croit que, par cet arrangement, l'effet sur les aimants des courants variables qui se produisent dans les bobines est plus grand que dans la position ordinaire.

Différents inventeurs vont encore plus loin dans le nombre des aimants qui agissent sur la membrane du téléphone. M. Eaton a exposé à Philadelphie un téléphone dont le champ magnétique était produit par 6 aimants en fer à cheval, les pôles sud étaient réunis au centre, les pôles nord à la périphérie et entre les

deux groupes de pôles similaires se trouvait une bobine qui par ce fait produisait son influence dans les deux directions. M. Graham a pour son téléphone que nous représentons par la fig. 5, adopté le même prin-

Fig. 5.



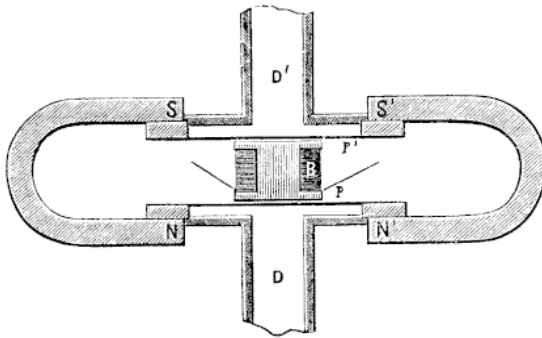
cipe avec la seule modification que la bobine est fixée à un ressort et est par conséquent mobile jusqu'à un certain point.

Dans cette catégorie de téléphones à plusieurs pôles actifs se range aussi celui de M. Boisselot qui est censé être le récepteur le plus sensible qui existe aujourd'hui. L'aimant a la forme d'un fer à cheval, mais il est courbé de telle façon qu'il présente un grand développement sous un volume restreint. Les deux bobines indépendantes sont enroulées sur des armatures système Maiche et permettent un réglage parfait. C'est la maison Maiche et C^{ie} à Paris qui a le débit de ces téléphones.

Une autre catégorie de téléphones comprend ceux qui ont plusieurs membranes. Nous avons déjà mentionné celui de M. Ochorowicz qui pourrait aussi être rangé dans cette catégorie. Le téléphone double de M. Stevens se compose d'une bobine par l'intérieur de laquelle passent les deux pôles d'un aimant en fer à cheval. La bobine est libre autour d'un axe diamétral; elle oscille donc quand des courants ondulatoires la traversent et ses oscillations sont transportées par un levier très léger sur deux membranes parallèles. Deux faibles ressorts ramènent la bobine dans sa position normale.

Le téléphone de M. Pratt a deux membranes parallèles entre lesquelles est fixée, à proximité des membranes, la bobine sans noyau et sans jones. Les spires de la bobine sont retenues à leur place convenable par une matière collante. La membrane placée vis-à-vis de l'embouchure a un trou central qui permet aux ondes engendrées par la membrane opposée de parvenir aussi à l'oreille.

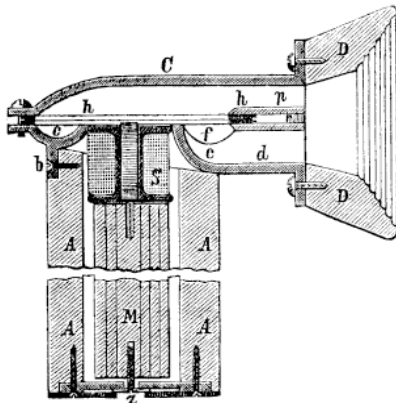
Fig. 6.



M. Ebel charge l'une des membranes *p*, fig. 6, d'une haute polarité nord, l'autre d'une haute polarité sud, au moyen de deux aimants. La bobine se trouve donc dans un champ magnétique puissant entre les deux diaphragmes. Les oscillations de ces diaphragmes sont conduites aux deux oreilles par les tubes flexibles *D* et *D'*.

Le téléphone de M. Ullmann a un aimant en forme de tube fendu dans la direction de son axe. Les parties du tube à côté de la fente sont les pôles auxquels sont fixées deux bobines, au moyen de noyaux en fer doux. La capsule qui les enferme consiste en deux plaques élastiques réunies par une couronne. Ces deux plaques sont polarisées dans le même sens. Le système ressemble beaucoup à celui de M. Ochorowicz.

Fig. 7.

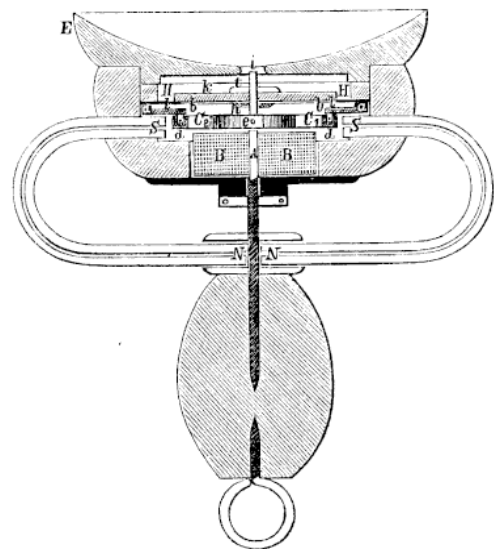


Le téléphone de M. Schwindt, fig. 7, n'a bien qu'un seul diaphragme, mais ses deux côtés agissent sur l'air qui l'entoure. Le cornet *D* est placé latéralement à l'axe de l'aimant droit *M* qui se compose d'un faisceau de lames, surmonté d'une bobine *S*. La distance de la membrane peut être réglée par la vis *z*. Les deux cavités *h* et *cf* aboutissent dans l'embouchure commune.

Le couvercle de ce téléphone est assez compliqué et tout l'arrangement nous paraît pécher contre les bons principes en ce sens que les ondes d'un côté du diaphragme neutralisent celles de l'autre côté.

Les téléphones sans diaphragme magnétique forment une autre catégorie. Sur le centre d'une membrane en matière quelconque, bois, ébonite, laiton, porcelaine, est fixée une bobine avec trou central cylindrique. Dans ce trou entre le cylindre en fer doux qui surmonte l'aimant, mais sans toucher la bobine. Cette dernière est donc attirée ou repoussée par l'aimant suivant la direction et la force des courants qui la traversent et ces mouvements sont transportés directement sur la bobine.

Fig. 8.



Dans le téléphone de MM. Bassano, Slater et Hollins, fig. 8, le noyau en fer doux *A* de la bobine *B* est en contact magnétique avec les pôles nord de 4 aimants en fer à cheval. Aux pôles sud sont attachées, par des charnières, deux armatures *C*₁ et *C*₂ qui ne se touchent pas au centre mais par lesquelles passe le fil d'acier *e* qui forme pour ainsi dire une troisième charnière. Le centre des deux armatures peut donc s'enfoncer et se relever suivant les ondes électriques traversant la bobine. Sur le centre des armatures est fixée une tige *i* avec une plaque *bb* en laiton sur laquelle est collée une plaque en bois *HH*. Les mouvements de cette dernière plaque engendrent les ondulations acoustiques. Ce téléphone a été inventé surtout dans le but d'éviter les brevets Bell, mais doit donner, suivant les rédacteurs du *Telegraphic Journal and Electrical Review*, d'assez bons résultats.

Dans le téléphone de M. *Phelps*, qui ressemble quant à son extérieur aux téléphones les plus usités, la tige en fer doux est fixée à la membrane d'une matière quelconque et se meut librement dans une bobine fixe mais ne touche pas l'aimant. La distance entre les deux peut être réglée à volonté. Les courants ondulatoires dans la bobine produisent des rapprochements entre la tige polarisée et l'aimant et par conséquent des oscillations du diaphragme. C'est un arrangement inverse de celui qui a été adopté pour le premier téléphone de ce groupe.

Du diaphragme non magnétique il n'y a qu'un pas au téléphone sans diaphragme, et ce pas a été franchi par plusieurs inventeurs. Mentionnons d'abord le téléphone à marteau de M. *de Loch-Labye*, où le diaphragme est remplacé par un épais bloc en bois ou toute autre matière. Dans un cas spécial, ce bloc avait une épaisseur de 11 mm. Derrière lui se trouve un levier à deux bras de longueur égale. L'extrémité d'un bras presse sur le centre du bloc, tandis que l'extrémité de l'autre bras est munie d'une armature qui se trouve devant un ou deux électro-aimants polarisés par un fort aimant. Les variations dans le champ magnétique produisent contre le bloc en bois des chocs qui se transforment en reproduction de la parole. Ce téléphone a été essayé entre Bruxelles et Anvers à travers une ligne qui représente 132 km. de fil télégraphique de 4 mm de diamètre.

Souvent le caractère d'un téléphone n'est pas bien défini, de sorte qu'il pourrait rentrer aussi bien dans une catégorie que dans une autre. Ce cas s'est déjà présenté plusieurs fois pour les téléphones décrits, et pour d'autres le choix de la catégorie est encore plus difficile.

M. *Charles Lever* a construit un téléphone fondé sur le principe de l'électromètre à mercure de M. *Lippmann*. Dans un tube étroit et vertical se trouve une colonne de mercure sur laquelle est placé, aussi verticalement, un piston en aluminium qui, avec sa pointe, touche un diaphragme dans son centre. L'espace entre le diaphragme et le ménisque de mercure est rempli d'acide sulfurique. Les courants traversent le diaphragme, le piston et le mercure, et au point de contact entre le mercure et l'acide sulfurique se produit la réaction qui opère une transformation du ménisque, de laquelle résulte une variation de la pression du piston sur le diaphragme et l'oscillation de ce dernier.

Dans son système téléphonique, M. *Pratt* a complètement abandonné les arrangements usuels. La bobine n'a aucun noyau et ne représente qu'une résistance de 4 ohms. Le diaphragme mince est placé entre

cette bobine et le cornet, tandis que de l'autre côté une plaque épaisse est fixée sur la bobine. Entre la bobine et la capsule cylindrique est ménagé un espace de quelques millimètres qui, d'après l'inventeur, joue un grand rôle dans le bon fonctionnement de l'appareil.

Le téléphone de M. *Bergmann*, auquel manque la bobine, est curieux et incompréhensible. Il ne se compose que de deux aimants en forme de tiges cylindriques et d'un diaphragme. Les deux aimants se suivent et ont donc un axe commun. Un aimant est fixé au centre du diaphragme et l'autre à la capsule. Les deux pôles de nom contraire au milieu de la capsule ne se touchent pas mais sont réunis par un fil métallique faisant ressort. Le courant passe par les deux aimants et par le diaphragme, et l'inventeur prétend que ses variations produisent les oscillations du diaphragme.

MM. *Thompson* et *Jolin* ont construit un téléphone dans lequel l'aimant est remplacé par un électro-aimant boiteux. Le pôle qui n'est pas muni de bobine s'épanouit et entoure la bobine. Le diaphragme est une membrane non magnétique sur laquelle est fixée une armature circulaire.

Dans le téléphone de M. *Philippson*, qui ne présente d'ailleurs rien de remarquable, l'inventeur a cherché à augmenter l'effet de l'appareil par la condensation de l'air qui entoure le diaphragme.

Le téléphone de M. *Taylor* se base sur l'attraction de deux courants parallèles. Sur deux membranes parallèles et bien rapprochées sont collées deux spirales plates en fil de cuivre. Au milieu, entre les deux spirales, se trouve une plaque en fer. Cette plaque a un trou central aussi bien que la membrane la plus rapprochée du cornet d'audition. Ce téléphone peu sensible demande une forte pile pour être mis en action.

Nous avons déjà fait la remarque que la plupart des téléphones sont réversibles et peuvent servir aussi bien pour la réception que pour la transmission. Mais il existe un certain nombre de téléphones qui possèdent cette qualité à un plus haut degré que les autres, et nous passons à la courte description de quelques-uns des plus remarquables d'entre eux.

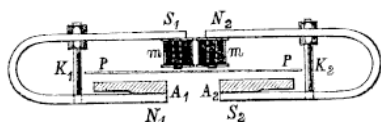
M. *Charrière* a reproduit une idée qui pour la première fois avait été développée par MM. *Siemens* et *Halske*. Les deux pôles d'un aimant en fer à cheval sont munis de bobines juxtaposées entre lesquelles vibre le diaphragme. L'une des deux bobines est fixe, l'autre peut être à volonté rapprochée ou éloignée du diaphragme. On peut ainsi établir un équilibre parfait des attractions. Une bobine est percée d'un trou par lequel on entend les vibrations ou dans lequel on parle.

M. *Pabst* a donné une construction analogue à son téléphone. D'un côté du diaphragme se trouve un ai-

mant en fer à cheval muni de deux bobines, de l'autre côté du diaphragme une bobine formant anneau, combinée avec les autres bobines de telle façon que les actions sur le diaphragme s'additionnent.

Un autre arrangement, qui peut aussi être classé dans cette catégorie, est celui de MM. *Hartmann* et *Braun*. Deux aimants portent à leurs pôles S_1 et N_2 (fig. 9) deux bobines m , devant lesquelles est placé le

Fig. 9.



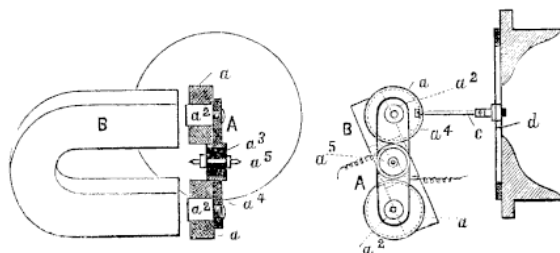
diaphragme P. Les deux autres pôles N_1 et S_2 sont armés de deux pièces en fer doux A_1 et A_2 . La distance entre ces armatures et le diaphragme peut être réglée par les tiges K_1 et K_2 . Le diaphragme peut être mis ainsi en équilibre pour aussi longtemps qu'aucun courant ne passe par les bobines.

M. *Lugo*, dans le but de rendre son téléphone apte à de grandes distances, y a ajouté un condensateur. Le téléphone a la construction primitive de Bell, mais autour de la bobine sont passées un grand nombre de feuilles d'étain en forme d'anneaux entrecoupés par des anneaux en papier paraffiné. Ce condensateur circulaire est intercalé dans le circuit comme shunt de la bobine et augmente, suivant l'inventeur, l'intensité du magnétisme, en même temps qu'il détruit les effets nuisibles de la charge statique de la ligne.

Le téléphone de M. *Spaulding*, que l'inventeur nomme „krotophone“, rappelle dans sa simplicité et son caractère exceptionnel celui de M. *Bergmann*. Une tige en charbon touche verticalement, avec la pointe, un disque en charbon dans son centre. L'instrument sert aussi bien comme transmetteur que comme récepteur. Il ne faut donc à chaque bout d'une ligne qu'un de ces „krotophones“ et sur un point quelconque de la ligne une pile. Le courant passe par les disques et tiges en charbon. En parlant contre l'un des disques on produit des variations de courant qui à l'autre bout de la ligne engendrent, entre la tige et le disque, des crépitations qui se transforment en reproduction de la parole.

Dans le téléphone de M. *J. P. Thompson*, les principes sur lesquels est basé l'instrument sont très nettement indiqués. La figure 10 représente les parties essentielles de l'instrument dans deux directions différentes. B est un fort aimant, devant lequel peut osciller un électro-aimant A à deux bobines a ; leurs noyaux

Fig. 10.



a^2 sont réunis par la pièce en fer doux a^4 . L'axe a^3 pivote dans des supports quelconques; l'axe et l'électro-aimant sont séparés par une matière élastique a^5 . A l'un des noyaux est fixée une légère tige c qui, par son autre extrémité, est fixée au diaphragme d . Ce diaphragme peut consister en une matière non magnétique. Le jeu de cet appareil aussi bien comme transmetteur que comme récepteur est si facile à comprendre que nous n'avons pas besoin de nous y arrêter. Ce téléphone est, au point de vue instructif, l'un des mieux réussis.

M. *Gishorne* a, dans son téléphone, deux aimants en fer à cheval qui forment une espèce de rectangle, les pôles de même nom se touchant. On a donc, au milieu d'une arête longue, un pôle nord et vis-à-vis, un pôle sud. Les pôles sont, à l'intérieur du rectangle, munis de bobines avec noyau creux en fer doux, les bobines sont juxtaposées et bien rapprochées l'une de l'autre. Entre elles vibre le diaphragme qui a une armature dans son centre. Au moyen de vis les noyaux peuvent être rapprochés ou éloignés et on a ainsi le moyen d'équilibrer le système à volonté.

L'Administration suisse utilise de préférence un des systèmes primitifs qui, par des améliorations continues et un travail très soigné, est maintenant arrivé à une haute perfection et ne le cède à aucun autre téléphone qui nous soit connu. Il a la forme usuelle. La capsule est en ébonite; l'aimant est formé de quatre lames d'acier chacune ayant 115 mm de longueur, 16 mm de largeur et 3 mm d'épaisseur. Ce magasin magnétique est surmonté, du côté de l'embouchure, d'un cylindre en fer doux de 7 mm de diamètre et de 18 mm de longueur qui forme le noyau de la bobine. Cette dernière se compose de 2500 tours d'un fil de cuivre qui a un diamètre de 0 mm,15. La résistance totale ne doit pas dépasser 100 ohms. Le pôle en fer doux qui sort de la bobine doit pouvoir soulever un poids d'au moins 400 grammes. Le diaphragme en fer doux a un diamètre de 57 mm et une épaisseur de 0 mm,25. Il est fixé entre le couvercle et la capsule, sans anneau élastique, à une distance de 0 mm,5 du diaphragme.

b. Transmetteurs.

Le récepteur est sans aucun doute la partie la plus ingénieuse de l'ensemble des appareils téléphoniques. Philippe Reis n'a échoué dans ses tentatives que parce qu'il n'a pas su découvrir le secret du récepteur. Mais, d'autre part, le transmetteur est devenu l'appareil le plus important de la téléphonie actuelle. C'est du transmetteur que dépend principalement la bonne ou mauvaise exécution du service téléphonique. C'est probablement pour cette raison que les inventeurs nous ont doté d'un très grand nombre de microphones. Mais dans ce nombre nous trouvons beaucoup d'instruments similaires et on se demande involontairement en quoi peuvent consister les droits à un brevet spécial. Certains types de transmetteurs ou microphones comme ceux de Edison, Berliner, Blake, Crossley, Theiler sont connus depuis des années, mais la différence entre quelques-uns de ces types est même peu importante: mentionnons spécialement les Crossley, Berliner et Theiler. Le microphone désigné sous le nom d'Ader n'est pas autre chose qu'un Crossley. Nous nous abstenons de donner une description de tous ces anciens microphones qui sont généralement connus.

Dans le groupe des microphones qui copient plus ou moins le Berliner, nous mentionnons d'abord le téléphone à pendule de MM. *Thomas et Kummer*, voir figure 11.

Fig. 11

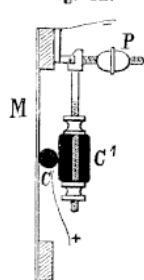


La membrane P est munie dans son centre d'un bouton en charbon derrière lequel se trouvent deux ou trois cylindres en charbon C_1 , C_2 , C_3 suspendus à des pendules de différentes longueurs. Le contact entre ces pièces de charbon est établi par un ressort F qui aboutit à une petite hémisphère i en platine. (Par l'emploi du contact en platine, ce microphone se rapproche aussi de celui de Blake.) En employant des pendules de différentes longueurs, les inventeurs ont eu pour but d'éviter les oscillations de même durée des pièces mobiles. Quelquefois, au lieu d'un seul bouton, la membrane en porte 3, à chacun desquels correspond un pendule d'une longueur différente.

Le microphone de M. *Kaltofen* a encore plus de ressemblance avec celui de Berliner. Le charbon mobile est suspendu à un aimant en forme de tige auquel est opposé une vis en fer doux qui sort du centre du diaphragme et joue le rôle de l'armature de l'aimant. Par l'attraction réciproque, le charbon mobile est pressé légèrement contre le charbon fixe et cette pression peut encore être réglée par un poids excentrique qu'on peut déplacer le long de l'aimant. La seule différence consiste donc dans le choix du moyen employé pour exercer la

pression. M. Berliner emploie la gravitation, M. Kaltofen l'attraction magnétique.

Fig. 12.



Le microphone de M. *Maiche*, fig. 12, se distingue si peu de ceux de Berliner ou de Theiler qu'on ne peut guère le considérer comme une nouvelle invention. La membrane M peut être d'une matière élastique quelconque. A son milieu est fixé un charbon cylindrique C qui communique avec le pôle positif de la pile locale. Un second charbon cylindrique C' est suspendu derrière le premier de manière que les axes des deux cylindres se croisent à angle droit. Un contre-poids P permet de régler la pression d'un charbon sur l'autre.

La construction du microphone de M. *Journaux* est peu différente; deux crayons pointus en charbon sont placés dans des tubes obliques et descendent, par leur propre poids, contre la plaque en charbon qui est fixée sur la membrane. Le courant passe d'un crayon à l'autre par l'intermédiaire de la plaque en charbon, les deux points de contact influencent donc simultanément la résistance totale du circuit téléphonique.

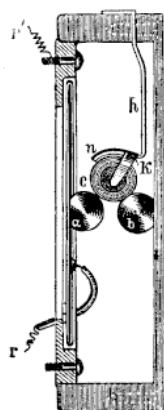
M. *Berliner* lui-même a modifié son premier microphone par l'application de trois contacts au lieu d'un seul. Ce microphone qui a été essayé sur les lignes suisses est puissant, mais pour les grandes distances (100 km. et plus) ou pour la téléphonie par le système van Rysselberghe, il n'a pas donné des résultats dépassant ceux d'autres bons microphones. Un défaut des premiers microphones Berliner se manifestait dans la charnière du charbon mobile. Ce défaut a disparu depuis que M. Berliner établit un second contact métallique entre les deux parties de la charnière par un fil fin en or.

Un groupe de microphones qui ne se distingue que très peu du groupe Berliner est celui du Crossley. Le microphone de M. *Dembinsky* a la forme d'un pupitre comme le microphone Ader. A la place de la membrane se trouve un tissu métallique qui laisse entrer les ondes sonores dans l'intérieur de la boîte. Dans cet intérieur sont placés deux étages de charbons cylindriques croisés et assis sur des planches minces en bois de résonnance. Une planche analogue, avec deux trous rappelant ceux du violon et munie de cordes métalliques, se trouve au fond de la boîte et est censée en renforcer l'effet.

M. *G. Montanus* a indiqué quelques améliorations de la forme du microphone Crossley qui est connu sous le nom d'Ader et qui est principalement employée par la Société générale des téléphones à Paris. Autour de la planchette vibrante en bois il y a un espace qui

communiqué avec l'intérieur de la caissette et qui empêche les vibrations de cette dernière. Les charbons cylindriques mobiles sont pourvus de petites goupilles placées verticalement à l'axe des charbons. Ces goupilles empêchent par leur poids la rotation des charbons, et par ce moyen l'inventeur veut supprimer les crachements du microphone. Le même but est obtenu par M. *Hegelmann* qui donne aux charbons mobiles des pivots excentriques.

Fig. 13.



Dans le microphone de M. *Sasse-rath*, fig. 13, deux charbons cylindriques *a* et *b* sont fixes et font contact d'un côté avec le diaphragme, de l'autre côté avec le fond métallique de la boîte. Le charbon *c* est supporté par une lame flexible *k* avec bride élastique *k*. Le diaphragme qui, par un anneau en caoutchouc est isolé de la boîte, est en communication avec la pile par le fil *r*, et le courant est obligé de passer par les trois cylindres en charbon pour arriver à la boîte métallique et de là à la borne *r'*.

Un microphone plutôt instructif, qui entre aussi dans cette catégorie, est celui de MM. *Colacicchi* et *Marini*¹⁾; il a ceci de particulier que toutes les parties de l'instrument sont à découvert et se prêtent par conséquent bien à la démonstration. Les charbons sont arrangés en étoile autour d'un bloc en charbon central et pivotent à la périphérie dans deux demi-cercles en charbon, desquels partent les fils du circuit. Tout l'arrangement est élégant et soigné.

Le microphone *Blake*, qui est sans contredit un des meilleurs transmetteurs, se distingue, comme on sait, des groupes discutés jusqu'à présent par le fait que le contact variable est établi entre platine et charbon au lieu d'être établi entre deux charbons. Le platine n'est pas précisément pointu, mais il touche pourtant la pastille de charbon par une si petite surface qu'il se forme bientôt, sous les actions simultanées de ce contact et des étincelles électriques, un creux ou au moins une surface âpre qui influence d'une manière très fâcheuse la reproduction de la parole. MM. *Hartmann* et *Braun* placent la pastille de charbon excentriquement au ressort pour qu'on puisse la tourner quand un point est usé. Par ce moyen on peut utiliser tout un cercle de la surface de la pastille avant d'être obligé de lui donner une nouvelle surface polie ou de la remplacer.

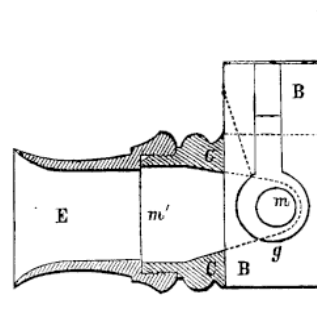
¹⁾ Descrizione del micro-telefono didattico. Rome, Sinimberghi, 1884.

Dans le microphone *Fuller*, le contact en platine qui est fixé au milieu du diaphragme communique avec l'un des bras d'un levier dont l'autre bras communique par un ressort que l'on peut régler, avec la lame supportant la pastille en charbon. Par ce levier double la grandeur de la variation du contact entre le platine et le charbon est doublée, car au moment où le platine est poussé vers le charbon, le levier opposé faisant un mouvement en sens inverse, attire le charbon contre le platine.

Un groupe important par le nombre de microphones qui y figurent et par les bons résultats qu'on obtient, est celui où le contact variable est établi par une matière granulée. M. *d'Argy* a composé un microphone de ce genre, s'inspirant des idées émises par M. *Bourseul*. Entre deux plaques de charbon se trouve une couche mince de poudre de coke; en parlant contre une des plaques de charbon assez mince pour qu'elle se mette en vibration, on produit, dans la poudre de coke, des changements de pression qui font varier la résistance du circuit microphonique. Au lieu d'une plaque de charbon, on peut prendre un morceau de bois de résonnance ou autre matière élastique et y coller une plaque mince de charbon ou seulement du charbon granulé.

Un microphone analogue est celui de M. le Dr *Hipp*. La figure 14 en donne une coupe verticale vue de côté.

Fig. 14.



La partie essentielle est la planche *BB* qui en *g* a un trou cylindrique. Parallèlement aux plans verticaux de la planchette, la partie creusée est couverte, de chaque côté, d'une membrane en parchemin, de sorte qu'on obtient une espèce de capsule cylindrique. Les surfaces intérieures des membranes en parchemin sont en partie couvertes de feuilles de platine *m*. La capsule cylindrique *g* contient une matière granulée dont la composition est le secret de l'inventeur. Cette matière fait contact avec les deux feuilles de platine auxquelles sont soudés les fils qui conduisent à la pile et sur la ligne. La capsule cylindrique est entourée d'un bocal

avec creux parabolique, de sorte que les deux membranes sont en communication directe avec ce creux. E est l'embouchure dans laquelle on parle, mais les ondes sonores n'arrivent pas directement aux deux membranes; elles sont interceptées par une membrane *m'* en parchemin. L'action des ondes acoustiques est ainsi doublée et on peut, par cette raison, appeler l'instrument un microphone à double effet.

Le microphone de la *Société générale des téléphones* à Paris est fondé sur le même principe, mais est construit beaucoup plus simplement. Entre deux membranes parallèles espacées d'environ 5^{mm} est fixé un petit anneau en caoutchouc durci, et le vide en forme de cylindre très aplati est rempli de charbon granulé. Les surfaces intérieures des deux membranes sont rendues conductrices d'une manière ou d'une autre. La membrane postérieure, contre laquelle on ne parle pas, ne doit pas vibrer; on peut donc la remplacer par une plaque solide ou la consolider par une plaque en métal. Ce microphone s'adapte bien aux instruments mobiles dont on se sert souvent dans les stations centrales.

Le microphone de *M. Francis Blake* se distingue par les détails suivants. Le charbon granulé est aussi enfermé dans une boîte cylindrique dont un fond est la membrane contre laquelle on parle. Cette membrane consiste en une mince feuille de charbon, mais directement derrière cette feuille se trouve une seconde membrane en feuille d'acier. Au milieu du charbon granulé et parallèlement à la membrane vibrante est placé un tissu métallique tendu. Le courant passe de la feuille d'acier à ce tissu. Le charbon granulé peut être plus ou moins serré par une vis à grande surface. Ce microphone fonctionne aussi bien comme instrument mobile.

Le microphone de *M. Hummings* est beaucoup utilisé en Angleterre et aux Etats-Unis. Les grains de charbon sont enfermés entre deux plaques de platine dont l'une est vibrante. On emploie, spécialement pour les grandes distances, ce microphone que l'on vante beaucoup.

M. Berliner aussi, qui s'est fait connaître par son microphone à charbon suspendu, a construit dernièrement un microphone à graphite granulé qui donne de très bons résultats. Les parties essentielles de ce microphone, d'une construction relativement simple, sont réunies dans une capsule cylindrique en bois de 7^{cm} de diamètre et de 3^{cm} de hauteur. Le diaphragme occupe le fond de la capsule et est placé horizontalement. Il consiste en un charbon artificiel et dur d'un diamètre de 5^{cm} et d'une épaisseur de 0^{mm},85. Au centre, sur un espace circulaire d'environ 2^{cm} de diamètre, le diaphragme est percé de 14 à 15 petits trous de 0^{mm},5

de diamètre. Au dessus, mais à une distance insignifiante du diaphragme, est appliqué un bloc cylindrique en charbon de 35^{mm} de diamètre et d'environ 15^{mm} de hauteur. La face de ce cylindre qui est vis-à-vis du diaphragme est sillonnée de trois rainures concentriques et profondes, de sorte que le cylindre s'approche du diaphragme par des arêtes circulaires aiguës. L'espace entre le cylindre et le diaphragme est rempli de graphite granulé. Un manteau en feutre qui enveloppe le cylindre et touche le diaphragme empêche le graphite de sortir du cercle qui lui est assigné, et un petit tube de gomme de Para qui presse légèrement sur le centre du diaphragme, adoucit les vibrations de ce dernier. Au fond de la capsule est fixé un tube en caoutchouc qui s'épanouit en forme d'entonnoir et dans lequel on parle.

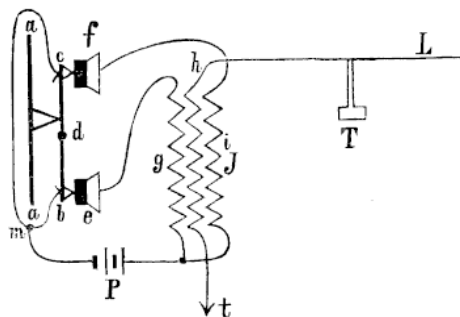
M. Ochorowicz dont nous avons déjà discuté le téléphone, a aussi inventé un microphone ¹⁾ à matière granulée où la chaleur qui se développe pendant le passage du courant d'une pile Leclanché de 5 éléments, paraît jouer un certain rôle.

Les microphones à matières pulvérulentes se font remarquer par deux particularités. D'un côté ils ne possèdent aucun arrangement de réglage et ne se débloquent pas, mais il arrive quelquefois que les poudres se tassent et que par conséquent le microphone cesse de fonctionner. Dans ce cas on peut généralement remédier au défaut en secouant le microphone. D'un autre côté, plusieurs de ces microphones donnent des résultats satisfaisants sans bobine d'induction et permettent par conséquent une installation simplifiée dans ce sens qu'on peut supprimer la pile microphonique chez l'abonné, en la plaçant à la station centrale où la surveillance est beaucoup plus facile. Nous citons spécialement le microphone Hipp qui souvent est installé de cette façon.

Dans le but de renforcer les effets du microphone, on a essayé de multiplier les variations du courant par des bobines d'induction doubles et par d'autres actions doubles. Il y a une série de microphones qui se rangent facilement dans cette catégorie. Le microphone de *M. Freeman*, voir fig. 15, rappelle dans ses parties essentielles celui de Blake; *aa* est le diaphragme qui presse sur le levier à deux bras *bc*, dont le centre fixe est en *d*. En *b* et *c* deux contacts de platine pressent sur les pastilles en charbon *e* et *f*. La bobine d'induction *J* se compose de trois couches différentes de spires. Celles du centre *g*, qui entourent directement le noyau en fil de fer doux, se composent d'un petit

¹⁾ Voir la Notice dans le „Journal télégraphique“, vol. IX, page 54.

Fig. 15.

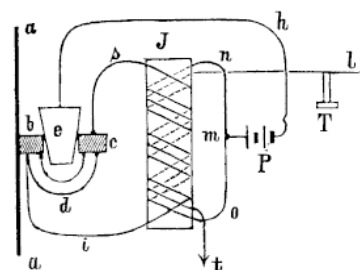


nombre de tours en fil gros; elles forment une partie du circuit primaire. Vient ensuite le circuit secondaire h avec fil fin et un grand nombre de tours, et les spires extérieures i portent de nouveau le caractère de celles du centre, elles forment la seconde partie du circuit primaire. La bobine est enveloppée d'une calotte en fer doux qui produit sur les spires i le même effet que le noyau sur les spires g . Le fil secondaire h est en communication d'un côté avec la ligne L dans laquelle est intercalé le téléphone T , de l'autre côté avec la terre. Dans les fils primaires est intercalé la pile locale P , de façon que deux circuits indépendants se forment l'un sur le chemin $Pgebmp$, l'autre sur le chemin $PifcmP$. Quand le diaphragme vibre, les résistances de ces deux circuits sont alternativement augmentées et diminuées, l'augmentation de l'un correspond toujours à la diminution de l'autre. Un affaiblissement du courant en g est donc toujours accompagné d'un renforcement en i et vice-versa. Ces variations de courant agissent en sens inverse sur le circuit secondaire h , leurs effets s'additionnent par conséquent et l'effet total est augmenté. L'inventeur croit que dans son système ce sont des courants intermittents qui opèrent la reproduction de la parole, mais nous sommes de l'avis qu'il se trompe sous ce rapport et qu'ici aussi, comme presque toujours, il s'agit de courants ondulatoires, sans interruption complète du circuit.

Le microphone de *M. Shaw* est d'un genre analogue. Les deux contacts sont fixés à une légère tige magnétique; la pression plus ou moins forte peut se régler au moyen de vis magnétiques qui s'approchent des pôles de la tige. Le diaphragme est supprimé et au fond de l'embouchure on trouve à sa place un bouchon en liège.

L'idée de *M. Freeman* a trouvé une autre solution heureuse dans le système de la *Société générale des téléphones* à Paris. La figure 16 en démontre les dispositions d'une manière schématique. aa est le diaphragme, b et c sont deux blocs en charbon, l'un, b , est directement fixé sur le centre du diaphragme, l'autre, c , est fixé au premier au moyen du cerceau d en ma-

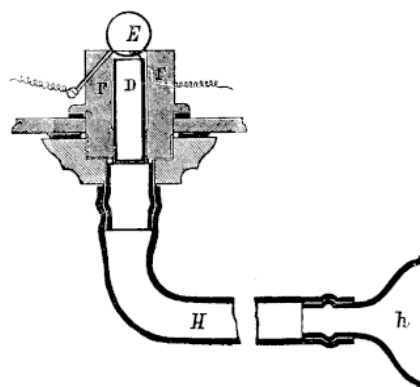
Fig. 16.



tière non conductrice; les deux charbons, quoique séparés l'un de l'autre, sont donc solidaires avec le diaphragme et suivent les mouvements de ce dernier. Entre les deux charbons descend un cône métallique e qui, étant suspendu convenablement, a une position indépendante des charbons. Il est clair que si le diaphragme reçoit un choc de gauche à droite, la pression entre b et c est augmentée, celle entre c et e diminuée. Les effets contraires se produisent si le centre du diaphragme se meut de droite à gauche. Les charbons et le bloc métallique sont en communication avec trois hélices différentes de la bobine d'induction J , et il se forme deux circuits primaires $PmnibehP$ et $PmoscehP$ dans lesquels le courant de la pile traverse en sens inverse la bobine d'induction. L'effet sur le fil secondaire serait donc nul si les variations étaient les mêmes dans les deux circuits primaires, mais puisqu'elles sont diamétralement opposées les unes aux autres l'effet est doublé. t est la terre, l la ligne et T le téléphone intercalé.

Dans le but d'éviter les brevets existants, on a inventé une série de microphones sans diaphragme. Nous mentionnons spécialement les idées de MM. Thompson, Jolin et Drawbaugh. Le microphone de MM. *Thompson* et *Jolin* est représenté en coupe verticale par la fig. 17.

Fig. 17.



FF est un cylindre vertical, en charbon par exemple, qui en haut est plus ou moins fermé par une boule E également en charbon. Quand on parle dans l'embouchure *h*, les ondes sonores passent par le tube H et près de D frappent contre la boule et font varier le contact entre cette dernière et le cylindre. Ce contact est intercalé d'une manière ou d'une autre dans le circuit primaire de la bobine d'induction. Quelquefois les inventeurs remplacent la forme de la boule par celle d'une poire. Comme matière pour la boule ou poire, on a essayé différents corps. Outre le charbon, le bronze sélénieux paraît donner les meilleurs résultats. La reproduction est faible mais claire. La bobine d'induction que les inventeurs emploient est construite dans le genre de celle de la figure 16. Le microphone est intercalé dans l'un des deux circuits primaires, et dans l'autre est intercalé une résistance artificielle d'une valeur à peu près égale à celle du microphone. Le circuit primaire ne peut jamais subir une interruption complète et par conséquent il ne peut pas se produire des étincelles, d'où il résulte que le microphone ne peut pas avoir de crachements.

Dans le microphone de M. *Drawbaugh*, le contact variable est aussi formé par une boule reposant sur un support en forme d'anneau, mais ce dernier est fixé au centre d'un diaphragme d'où partent les vibrations.

Comme pour le récepteur, il existe aussi un certain nombre de microphones qui ne se laissent que difficilement grouper. M. *Hopkins* place son diaphragme horizontalement. Au dessus s'élève le cornet courbé dans lequel on parle. Au dessous le diaphragme porte un disque en charbon contre lequel un autre disque en charbon est pressé par du mercure dans lequel plonge la tige légère du second disque. On peut régler la pression en élevant ou abaissant le niveau du mercure.

M. *Edison* a imaginé un arrangement du microphone qui permet de travailler avec des courants relativement forts. Les deux points en platine du contact variable sont enfermés dans une boîte qui est remplie d'un liquide, par exemple de l'huile. Ce liquide empêche une vibration trop vive des parties mobiles et ne laisse pas pénétrer l'humidité jusqu'aux points de contact.

M. *Thompson*, dont nous avons déjà décrit un microphone, a publié les idées générales pour un autre appareil de même espèce. Il superpose des tubes très légers en parchemin carbonisé. Quelquefois deux tubes courbés sont suspendus par des fils minces et un troisième tube repose sur les deux premiers; une autre fois un tube est suspendu d'un côté et repose par l'autre

bout sur un second tube, ou un tube suspendu incliné entre dans un autre tube plus large et s'appuie contre sa paroi, etc. Dans tous ces cas, on n'a qu'à parler contre les tubes pour produire des variations de contact.

M. *Miles* a, dans son microphone, remplacé les charbons par deux plaques de calcopyrite qui ne s'oxydent pas. Les deux plaques inclinées forment un angle d'environ 110° et se touchent par deux arêtes. Le diaphragme est supprimé et l'ensemble de l'arrangement est des plus simples.

M. *Boisard* a trouvé qu'une mince plaque en verre qu'on met à la place du bois de résonance (du microphone Ader, par exemple) améliore sensiblement l'articulation, qui est plus nette qu'avec le bois et le verre et n'est jamais voilée.

Les transmetteurs comme les récepteurs ont ceci de particulier qu'il est difficile de les comparer d'une manière exacte comme on compare par exemple les forces électro-motrices de deux piles ou la force mécanique des moteurs. Les appréciations restent toujours individuelles; un observateur trouve ce système meilleur, un second donne la préférence à un autre et il est rare que plusieurs personnes puissent se mettre d'accord sur la supériorité d'un système. C'est d'ailleurs un fait admis qu'un certain nombre de systèmes microphoniques donnent à peu près les mêmes résultats et que les minimales différences qui existent toujours ne puissent être discernées par une oreille peu exercée. M. le Professeur Charles R. Cross a essayé d'expérimenter les microphones d'une manière objective. A cet effet il a fait passer les courants qui se produisent dans le fil secondaire par un dynamomètre très sensible de Kohlrausch dont la résistance était de 206 ohms. Les expériences se portaient sur les voyelles *a*, *o*, *u*, *i* et sur le son d'un tuyau d'orgue donnant 512 vibrations à la seconde. Les microphones expérimentés étaient ceux d'Edison, de Blake et de Hunnings. Le tableau suivant donne les résultats obtenus en milli-ampères.

Microphones.	<i>a</i>	<i>o</i>	<i>u</i>	<i>i</i>	Tuyau d'orgue.
Edison . .	0,088	0,123	0,144	0,072	0,072
Blake . .	0,123	0,144	0,144	—	0,132
Hunnings .	0,737	0,787	0,503	0,213	0,556

Ces chiffres nous démontrent clairement que l'ancien microphone Edison à pastille de noir de fumée, quoique sa reproduction soit très nette, donne des résultats relativement faibles et que le microphone Hunnings est remarquable par la force des reproductions. Il confirme ce que nous avons déjà dit plus haut, que les microphones à matière granulée se rangent parmi les meilleurs des microphones connus.

Il va sans dire que la bobine d'induction joue un grand rôle dans la force et la netteté des reproduc-

tions, un rôle beaucoup plus important qu'on ne croit généralement, et pour nous c'est une chose certaine, que beaucoup de microphones pourraient encore être améliorés sensiblement, si l'on choisissait des bobines d'induction convenables. Dans ces bobines, le nombre des tours de chaque circuit est l'essentiel et la résistance est seulement un phénomène secondaire; la lon-

gueur et la grosseur des bobines est donc aussi à prendre en considération. Nous avons fait construire pour le microphone Blake dix bobines différentes qui ont été essayées par M. Abrezol, chef du réseau téléphonique de Genève sur différentes distances variant de 0,5 à 107 kilomètres. La construction des bobines était la suivante.

Numéro de la bobine.	Fil primaire.			Fil secondaire.		
	Nombre des tours.	Diamètre du fil en mm.	Résistance en ohms.	Nombre des tours.	Diamètre du fil en mm.	Résistance en ohms.
1	61	0,5	0,25	1956	0,15	100
2	62	0,5	0,25	3191	0,15	180
3	62	0,5	0,25	4080	0,15	250
4	116	0,5	0,50	3952	0,15	250
5	230	0,5	1,00	3865	0,15	250
6	232	0,5	1,20	4420	0,15	300
7	295	0,5	1,50	4278	0,15	300
8	368	0,5	2,00	4735	0,15	350
9	368	0,75	1,17	4735	0,30	130,2
10	1350	0,5	10,00	3950	0,15	400

Au moyen d'un commutateur, on pouvait, sans perte de temps, intercaler l'une quelconque des dix bobines dans les circuits du microphone, ou passer, en peu d'instant, par toutes les bobines, pour que l'observateur puisse conserver l'impression produite d'une expérience à l'autre. Les résultats ont été comparés avec un bon microphone

Blake de provenance américaine (fabricant M. Williams, junior, à Boston), dont la résistance du fil primaire était de 1,05 ohms, celle du fil secondaire de 180 ohms.

En indiquant par le chiffre 1 la force et la netteté de ce microphone-étalon de Boston, les dix bobines donnaient les résultats suivants:

PARCOURS.		BOBINE D'INDUCTION NUMÉRO									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Genève-Genève.	f Force . . .	0,3	0,7	0,9	1,5	1,3	1,5	1,3	1,3	1,7	0,3
Distance 0,5 km.	Netteté . . .	0,9	0,9	0,9	1,3	1,0	0,9	0,9	1,0	1,0	0,3
Genève-Lausanne.	f Force . . .	0,9	1,0	1,0	1,7	1,3	1,6	1,5	1,5	1,6	0,3
Distance 61,6 km.	Netteté . . .	1,0	1,1	1,3	1,5	1,2	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5
Genève-Vevey.	f Force . . .	0,3	0,9	0,9	1,3	1,1	1,7	1,1	1,1	1,7	0,3
Distance 79,1 km.	Netteté . . .	0,7	1,0	1,0	1,5	1,3	1,3	1,1	1,0	1,4	0,3
Genève-Montreux.	f Force . . .	0,7	1,0	0,9	1,3	1,3	1,7	1,5	1,5	1,6	0,3
Distance 85,3 km.	Netteté . . .	0,8	1,3	1,3	1,5	1,5	1,6	1,4	1,4	1,6	0,4
Genève-Bex.	f Force . . .	0,2	0,7	0,6	1,2	1,0	1,5	1,6	1,6	1,7	0,3
Distance 107,4 km.	Netteté . . .	0,9	1,0	1,0	1,5	1,3	1,5	1,3	1,2	1,3	0,1

Les résultats de ce tableau sont sensiblement concordants. On voit tout de suite que les bobines N° 1 et 10 sont à rejeter. Les bobines 4, 6 et 9 donnent les meilleurs résultats; la bobine N° 4 est la seule qui

dans toutes ces circonstances ait donné des reproductions à la fois plus fortes et plus nettes que le microphone étalon. La netteté de la reproduction se perd peu à peu avec l'augmentation de la résistance du cir-

cuit primaire, le son devient diffus, résonnant, probablement à cause de vibrations complémentaires qui se produisent à la suite d'extra-courants. Cet effet diminue d'ailleurs au fur et à mesure que la distance augmente, et la reproduction devient nette à 85 et 107 km. quand elle est résonnante à de plus courtes distances. Sous ce rapport la bobine N° 9 est surtout remarquable; à de grandes distances elle dépasse le N° 4, mais puisque le même microphone doit servir aussi bien à l'intérieur d'un réseau qu'à de grandes distances, il faut choisir une moyenne et on ne peut pas rester dans l'incertitude. Il faut donc choisir le N° 4. En Suisse on a par conséquent adopté une bobine d'induction construite dans les conditions suivantes: circuit primaire 180 à 185 tours d'un fil de 0^{mm},6 ayant une résistance de 0,5 ohms; circuit secondaire 4100 à 4300 tours d'un fil de 0^{mm},15 ayant une résistance de 250 ohms. Le diaphragme doit avoir 70^{mm} de diamètre et 0^{mm},5 d'épaisseur. Son bord est entouré d'un ruban en gomme de Para. Un ressort en acier, entouré de gomme de Para, presse près du centre sur le diaphragme pour adoucir les vibrations. En temps chaud, la gomme se colle facilement au diaphragme et rend le microphone presque inutilisable. Pour éviter cette détérioration, on intercale entre la gomme et le diaphragme un petit morceau de feutre.

Il est très probable que la bobine qui donne le meilleur résultat dans le microphone Blake ne se comporte pas aussi bien dans les microphones d'autres systèmes; il faudrait donc multiplier les expériences faites avec un seul système microphonique pour jeter plus de lumière sur cet appareil d'une importance prépondérante dans les installations téléphoniques.

c. Appareils accessoires des stations téléphoniques.

Nous comprenons dans ce sous-chapitre tous les appareils qui, en dehors du transmetteur et du récepteur, constituent l'ensemble d'une station téléphonique. Il y a parmi ces appareils des parties indispensables comme les systèmes d'appel, les sonneries, les piles, etc., qui ne devraient pas, à vrai dire, figurer sous le titre général d'appareils accessoires; nous avons toutefois conservé ce titre uniquement à cause de sa brièveté.

En laissant de côté l'appel à sifflet de MM. Siemens et Halske, les systèmes d'appel peuvent être classés en deux catégories très distinctes; l'appel à pile et l'appel magnéto-électrique. Le premier a pour lui le prix plus modique de la première installation et une manipulation plus simple. Par contre il fait plus facilement défaut que l'appel magnéto-électrique; une pile de plusieurs éléments est assez encombrante et demande un entretien qui peut devenir coûteux. Enfin il ne ré-

pond pas aux exigences d'une station appartenant à un réseau téléphonique et dont les appels doivent avoir lieu tantôt à une distance de quelques centaines de mètres seulement, tantôt à 10 ou 20 kilomètres. Pour répondre à ces différents usages, il serait indispensable d'employer un grand nombre d'éléments dont l'entretien deviendrait des plus pénibles. Donc si l'appel à pile peut servir pour des installations isolées et pour la téléphonie domestique, il ne saurait suffire pour les réseaux téléphoniques. On a cherché à remédier aux inconvénients de l'appel à pile en employant des relais¹⁾, mais l'introduction de ce nouvel appareil avec le levier d'armature à deux ressorts auxiliaires de contact complique le système, et il vaut mieux rompre franchement avec l'appel à pile et adopter l'appel magnéto-électrique.

Cet appareil, dont la construction est presque partout la même et est pour ainsi dire devenue typique, est enfermé dans une boîte avec un commutateur automatique et une sonnerie. La machine magnéto-électrique se base sur le principe de l'armature de MM. Siemens et Halske; elle se meut dans un champ magnétique de grande intensité formé par 2 à 4 forts aimants en fer à cheval. Deux blocs en fer doux qui garnissent les pôles du magasin magnétique forment une cavité cylindrique dans laquelle l'armature opère ses rotations. Le point capital d'un bon inducteur magnéto-électrique consiste dans l'intensité du champ magnétique et dans le rapprochement entre les pôles de l'armature et les parois des blocs en fer doux. Dans un bon inducteur cette distance est si faible qu'on ne peut guère passer entre les deux un papier mince. La combinaison de l'axe de la manivelle avec celle de l'armature se fait de différentes manières. Les appareils „Post“ emploient une espèce de courroie entre deux roues; c'est une corde en gomme de Para. Dans d'autres cas la grande et la petite roue sont dentées et font engrenage; plus souvent les roues sont remplacées par des disques dont le grand, qui est en communication directe avec la manivelle, entraîne par frottement le petit fixé sur l'axe de l'armature. Le système qui nous paraît être le plus durable et le plus convenable, est un grand disque double, qui pince avec ses deux joues élastiques le disque simple et plus épais de l'armature. Un réglage de la position de l'axe de la manivelle permet d'ajuster l'instrument à nouveau, quand les surfaces de frottement sont plus ou moins usées. L'armature présente une résistance de 500 à 1500 ohms, il convient donc de l'exclure du circuit quand on ne s'en sert pas. A cet effet elle est shuntée par un circuit

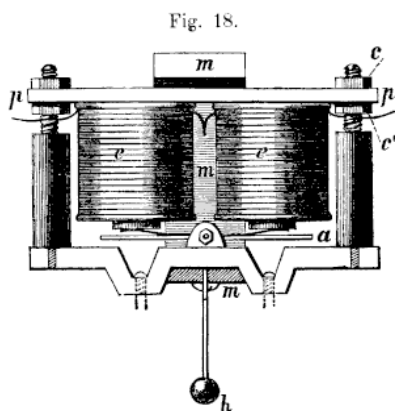
¹⁾ Voir „Elektro-technische Zeitschrift“, vol. VI, page 21.

auxiliaire sans résistance qui au moyen d'un arrangement ingénieux est interrompu au moment où l'on met la manivelle en mouvement.

La sonnerie magnéto-électrique est placée au dessus de la machine magnéto-électrique. Le commutateur automatique est représenté par le levier auquel on suspend le récepteur. Quand ce dernier est suspendu, le commutateur est baissé et fait contact avec un ressort qui intercale la machine magnéto-électrique et la sonnerie dans le circuit de la ligne et laisse isolés les circuits du transmetteur et du récepteur. Lorsque l'on décroche le récepteur, le commutateur remonte, entraîné, par un ressort et entre en contact avec 2 ou 3 autres ressorts, suivant le système adopté, et par ce fait le récepteur est intercalé dans le circuit de la ligne; en même temps le circuit local du transmetteur se ferme pendant que l'inducteur et la sonnerie sont isolés (voir d'ailleurs la figure 27).

Pour garantir un bon fonctionnement du commutateur automatique, il est indispensable que toutes les surfaces de contact soient garnies de platine. Outre cela les fils de communication qui passent par les charnières de la boîte ne doivent pas être soudés à ces dernières mais y être fixés par des vis pour faciliter le démontage de l'appareil en cas de dérangement.

La sonnerie employée en Suisse dans les boîtes d'appel magnéto-électrique est représentée dans ses parties essentielles par la figure 18. L'électro-aimant



ee a une résistance d'environ 150 ohms. Une particularité du système est l'aimant *mm* qui décrit une courbe autour des deux bobines. Un pôle de cet aimant est en contact magnétique avec le pivot de l'armature *a* et magnétise cette dernière par influence; l'autre pôle est parfaitement libre et se tient à une certaine distance du pont en fer doux *pp* qui combine les deux noyaux des bobines. Les écrous *c* et contre-écrous *c'* permettent de régler la distance entre l'armature et

les noyaux. Deux ressorts délicats, fixés sur l'armature, évitent le collage de l'armature à l'un ou l'autre pôle de l'électro-aimant. Cette sonnerie est très sensible et fonctionne encore avec des courants de 3 à 5 milliampères.

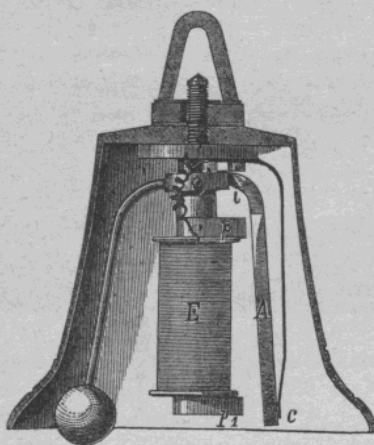
Chaque aimant de l'inducteur magnéto-électrique doit supporter, par l'action simultanée de ses deux pôles, un poids d'au moins 1500 grammes. La résistance de l'armature ne doit pas dépasser 1000 ohms et la sonnerie doit, d'un côté, fonctionner même à travers une résistance de 20 000 ohms et, de l'autre côté, ne pas se coller quand elle est actionnée à travers une résistance extérieure zéro.

Un accessoire des stations téléphoniques qui a plus d'importance qu'on ne le croit généralement c'est le *cordon double* par lequel le récepteur est mis en contact avec le système. Un service téléphonique convenable dépend essentiellement de la qualité de ces cordons, qui prêtent à de fréquents dérangements. Un des meilleurs cordons paraît être celui de M. J. H. Farnham; les conducteurs se composent d'un ressort à boudin et d'oripeau. Ce cordon est employé dans le réseau de Boston et sur 1200 pièces il y en a trois seulement qui se soient dérangées dans une période de 6 mois.

L'Administration suisse a éprouvé, dans les premières années, une peine inouïe à obtenir des cordons doubles satisfaisants. Elle a essayé nombre de systèmes et de plusieurs provenances, mais les cordons se dérangeaient toujours en trop grand nombre. Finalement elle a indiqué la fabrication suivante: le centre de chaque cordon est formé d'une forte corde en coton, de $2\frac{1}{2}$ mm de diamètre; cette corde est complètement enveloppée d'une spirale formée de 30 fils de cuivre chacun ayant 0,1 mm de diamètre; le tout est enveloppé d'une tresse en coton et d'une seconde tresse en soie de double moulinage. Chaque cordon aboutit à ses deux extrémités dans une tige métallique avec œil rectangulaire. L'attache du cordon à cette tige est l'essentiel, car c'est là le point le plus faible sous le rapport de la solidité mécanique et de la conductibilité électrique. La corde en coton passe la première dans l'œil de la tige et y est fixée solidement. Après viennent les 30 fils de cuivre qui remplissent l'œil et entourent une partie de la tige en spirale multiple. Ils sont arrêtés dans cette position par un bandage en cuivre. La soudure entre les fils et la tige n'a pas réussi et a été abandonnée. Quand l'attache entre le cordon et la tige est ainsi achevée, on recouvre l'œil des deux tresses et on le passe dans un tube métallique qui est étranglé des deux côtés de l'œil. Ces cordons doubles sont en service depuis environ un an et n'ont presque jamais manqué.

Il est souvent utile d'entendre l'appel à deux différents endroits, par exemple dans le bureau et le magasin. Dans ces cas, on a recours à des *sonneries supplémentaires* (extension bells) qui peuvent être des sonneries magnéto-électriques (décrites plus haut, fig. 18, avec les appels magnéto-électriques) quand elles sont intercalées directement dans la ligne, ou des sonneries à courant continu quand elles sont actionnées par des courants locaux. Dans le dernier cas, on peut employer tout genre de sonnerie et nous n'avons à noter aucun progrès bien remarquable parmi les systèmes connus depuis longtemps. Nous voulons pourtant mentionner une sonnerie qui est remarquable par sa forme, c'est celle de MM. Woodhouse et Rawson, représentée par la figure 19. Le timbre affecte la forme d'un bourdon

Fig. 19.

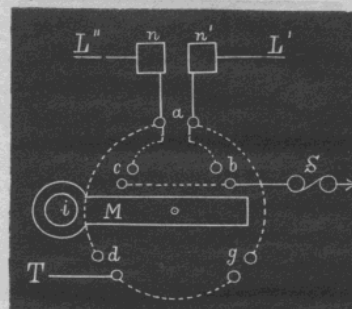


d'église et peut être suspendu de la même manière. Dans la direction de l'axe et à la place du battant descend un électro-aimant E dont les deux pôles p et p' attirent l'armature A. Le contact est coupé en e , armature et marteau pivotent autour du point i .

Il arrive très souvent qu'une station téléphonique doive être mise en communication avec deux autres stations, de telle façon que quand elle est en communication avec l'une, l'autre soit mise en sonnerie et que les deux stations extrêmes puissent être mises en communication directe entre elles sans que la station intermédiaire puisse surprendre la conversation. Nous avons déjà décrit les arrangements qu'on peut employer à cet effet¹⁾, mais il existe plusieurs autres solutions heureuses. La „Bell telephone manufacturing Co“ a indiqué un arrangement qui se distingue par sa simplicité. La figure 20 montre les parties essentielles de ce *combinateur*. Sur une planchette isolante sont mon-

¹⁾ Voir *Journal télégraphique*, année 1883, pages 147 et 189.

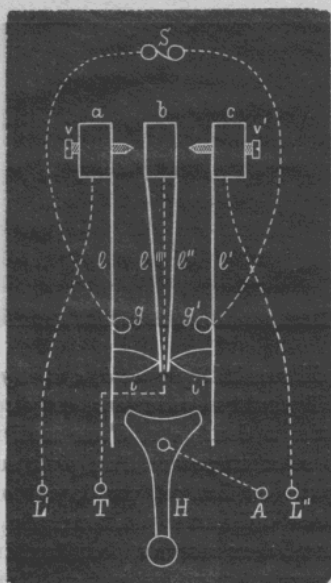
Fig. 20.



tées les goupilles métalliques a, b, c, d et g . Les lignes pointillées indiquent les conducteurs entre ces goupilles, M est un levier à deux bras, d'une matière non conductrice, qui se meut autour d'un pivot au centre. En i ce levier porte un bouton, par lequel on le transporte dans ses différentes positions. Au levier sont fixés, en dessous, deux ressorts, dont l'un, du côté droit, peut glisser sur les goupilles b et c et l'autre, du côté gauche, sur les goupilles a, d et g . T indique le téléphone de cette station intermédiaire. s est la sonnerie supplémentaire, n et n' sont deux indicateurs de fin de conversation, L' et L'' sont les deux lignes aux stations extrêmes. En plaçant le levier sur les goupilles b et d , la ligne L'' est mise sur téléphone et la ligne L' sur sonnerie s , quand le levier est mis sur c et g , la ligne L' est sur téléphone et la ligne L'' sur sonnerie s , et quand le levier est placé sur a les appareils de la station intermédiaire sont exclus, sauf les indicateurs de fin de conversation et les lignes L' et L'' sont reliées directement entre elles. Dans la position du levier indiquée par le dessin, les deux lignes sont isolées (pour mesurer leur isolation). Au lieu de deux indicateurs nn' , un seul suffirait. Comparé avec notre système, ce combinateur a l'avantage de la plus grande simplicité de la sonnerie magnéto-électrique et de contacts visibles, mais d'un autre côté les indicateurs restent toujours intercalés dans les lignes même quand la station intermédiaire est en communication avec une autre, et ces électro-aimants intercalés dans le circuit téléphonique affaiblissent sensiblement la clarté de la reproduction et sont par conséquent à éviter autant que faire se peut.

Un autre combinateur très simple est celui de MM. Hartmann et Braun à Bockenheim-Francfort s/M., que nous représentons par la figure 21. a, b et c sont trois blocs en métal fixés sur une planchette; à ces blocs sont soudés quatre lames métalliques faisant ressort. Les lames l et l' sont plus fortes que les lames l'' et l''' , de sorte qu'elles éloignent ces dernières des

Fig. 21.

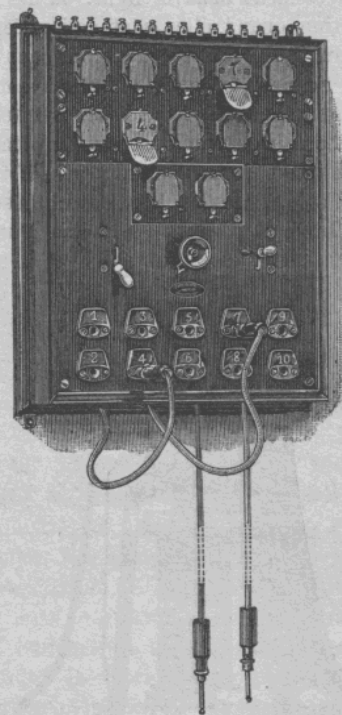


butoirs g et g' au moyen des boutons isolants i et i' et entrent à leur place en contact avec ces butoirs. Les butoirs sont, par la ligne pointillée, en communication électrique avec la sonnerie magnéto-électrique S . L' et L'' sont les bornes des deux lignes, T est la terre et A conduit vers les appareils téléphoniques de la station intermédiaire. H est un levier à deux bras dont le bras le plus court se bifurque en deux tiges de contact qui peuvent agir sur les ressorts l et l' . Quand on meut le levier H à gauche, le ressort l' est poussé à droite, quitte le butoir g' et permet au ressort l'' d'entrer en contact avec g' . Des changements analogues s'opèrent quand le levier H est poussé à droite. Les trois blocs a , b et c sont munis chacun d'un parafoudre, au moyen des vis pointues v et v' qui s'approchent du bloc b jusqu'à une fraction de millimètre. Dans la position du levier H , représentée par la figure, le téléphone de la station intermédiaire est exclu, les deux stations extrêmes sont en communication directe et la sonnerie S est seule intercalée pour donner le signal de la fin d'une conversation. Quand le levier est poussé à droite la ligne L' est, par a , l , H , en communication avec les appareils de la station intermédiaire, tandis que la ligne L'' , par c , g' , S , g , l'' , va à la terre à travers la sonnerie S . Dans la position gauche du levier H , la ligne L'' est en communication avec les appareils et L' va à la terre à travers la sonnerie S .

Souvent les abonnés demandent des combinaisons qui ne peuvent pas être données par les combinateurs

décrits jusqu'à présent. Pour satisfaire à ces demandes, nous avons imaginé un combinateur s'adaptant à un nombre quelconque de stations et qui est apprécié à cause de la simplicité de sa manipulation. Nous donnons par la figure 22 une vue perspective d'un de ces

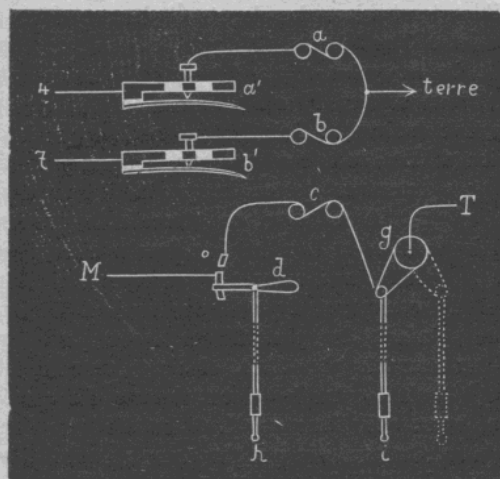
Fig. 22.



appareils, destiné à relier 10 stations avec une station intermédiaire. Dans le haut du tableau se trouvent 15 bornes dont l'une conduit aux appareils téléphoniques de la station intermédiaire, une autre au ressort avec lequel le commutateur automatique est en contact quand le récepteur est suspendu (voir figure 27, ressort o), une troisième à la terre, deux à la sonnerie et à la pile locale et les 10 autres aux 10 stations téléphoniques communiquant avec la station intermédiaire. Sur la planchette du devant de la boîte il y a en haut 10 clapets des stations, formant deux rangées de 5, et au dessous deux clapets de fin de conversation. Viennent ensuite trois commutateurs sur une ligne horizontale. Le commutateur central à grand bouton a trois positions, la gauche, la droite et la verticale. Les deux commutateurs latéraux ont chacun deux positions, la position horizontale et la position oblique. Au dessous de ces trois commutateurs sont disposés 10 springjacks correspondant aux dix clapets. Deux paires de cordons pendant du fond de la boîte et se terminant en fiches

complètent l'arrangement. Quand tout est au repos, les clapets sont fermés, les commutateurs latéraux sont dans leur position horizontale, le commutateur central regarde à gauche ou à droite, les quatre cordons pendent. La position représentée par la figure 22 est prise au moment où la station 4 est en communication avec la station 7, et en outre la station intermédiaire entend si les deux stations ont pu entrer en conversation.

Fig. 23.



La figure 23 explique l'arrangement intérieur. *a* et *b* sont les clapets des stations 4 et 7, *a'* et *b'* les springjacks y appartenant, *c* est le clapet gauche de fin de conversation (clearing-out relay), *d* est le commutateur gauche, *g* le commutateur central, *h* et *i* représentent la paire gauche des cordons, *M* conduit au ressort de contact *o* du commutateur automatique, figure 27, de l'appel magnéto-électrique, *T* conduit au téléphone de la station intermédiaire. Supposons que la station 4 veuille parler avec la station 7. Le clapet *a* tombe. La station intermédiaire place la fiche *i* (le commutateur *g* étant sur *i*) dans le springjack *a'* et demande à la station 4 ce qu'elle veut. La communication avec la station 7 étant demandée, la station intermédiaire place la fiche *h* dans le springjack *b'* et, tenant toujours son récepteur à l'oreille, elle sonne d'abord la station 7 avec l'appel magnéto-électrique et place alors le commutateur *d* sur *o*. Quand les deux stations 4 et 7 se sont rencontrées, la station intermédiaire s'exclut en tournant le commutateur *g* à droite. Pendant que les stations 4 et 7 conversent entre elles, on peut encore établir une seconde communication avec la paire droite de fiches, mais pour s'exclure des 4 stations à la fois il faut que la station centrale place le

commutateur *g* verticalement. Tous les clapets, en tombant, ferment le circuit de la pile locale et de la sonnerie. Pour rendre nos indications plus claires nous avons, dans la figure 23, supprimé ces communications.

Quant aux piles, malgré maints efforts, l'élément Leclanché à plaques agglomérées n'est pas encore détrôné. Ce système de pile présente tant d'avantages qu'il sera difficile de trouver quelque chose qui s'adapte mieux aux besoins de la téléphonie. Les nouvelles piles qui sont recommandées par ci par là ne sont presque toujours que des modifications de la pile Leclanché où la nouveauté se restreint à la forme ou à quelques moindres détails. Les Américains ont indiqué quelques formes heureuses, des couvercles en bois goudronné ou en ébonite, des charbons multiples, etc. Un inventeur belge, M. Warnon, a remplacé les plaques agglomérées par deux petits sacs remplis de peroxyde de manganèse et de morceaux de charbon. D'autres entourent le bloc en charbon de peroxyde de manganèse à moitié hauteur du vase, couvrent ce dernier d'un disque d'amiante et y déposent une couronne de zinc qui, à sa surface supérieure, est munie d'une rainure dans laquelle se trouvent quelques gouttes de mercure. MM. Gent et C^{ie} ont donné à leur vase en verre pour l'élément Leclanché un bord relativement large qui permet de le munir d'une rainure dans laquelle on verse un liquide isolant, par exemple de la glycérine ou de l'huile. Ce liquide est censé empêcher le grimpage des sels en dehors du vase. Plusieurs essais ont été faits pour construire des piles soi-disant sèches et hermétiquement fermées, se basant sur le principe Leclanché. Il paraît que la nouvelle matière appelée *cofferdam* facilite beaucoup la construction de ces piles. Nous mentionnons celles de M. Wolf et de M. le Dr. Gassner. Le vase extérieur de ces piles est le pôle négatif. Les deux systèmes ont été essayés par nous, l'élément Gassner a surtout donné de bons résultats, sa résistance intérieure n'était que de 0,4 ohms et sa force électromotrice de 1,45 volts. Reste à savoir quelle durée auront ces éléments. On pourrait citer encore une série de modifications plus ou moins utiles, mais nous les passons sous silence, le mérite de beaucoup d'entre elles étant bien discutable.

Nos expériences avec plus de 8000 éléments Leclanché nous ont démontré que cet élément demande des matières de toute première qualité pour qu'il fonctionne bien. Le contact entre la borne positive et l'électrode charbon laisse quelquefois à désirer si la tête en plomb n'est pas appliquée avec beaucoup de soins. Les plaques agglomérées qui sont simplement cuites au lieu d'être comprimées au moyen d'une presse

hydraulique, ne valent pas grand'chose. Les zincs doivent être d'un métal aussi pur que le commerce peut le fournir et l'amalgamation doit s'opérer avec du mercure vif. La pureté du sel d'ammoniaque est d'une importance prépondérante. Nous avons essayé maints échantillons de sels soi-disant purs et toujours le zinc était attaqué à circuit ouvert; nous ne sommes parvenus à des résultats satisfaisants qu'en employant du sel d'ammoniaque pharmaceutique. Pour les brides aussi, toute matière inférieure à la première qualité de la gomme de Para est à rejeter. Sur un nombre de 6000 éléments Leclanché nous avons fait une statistique et constaté l'usure suivante par élément et par année, si les matières sont de première qualité: zinc 26 grammes, sel d'ammoniaque 57 grammes, brides en gomme de Para 0,241 pièces.

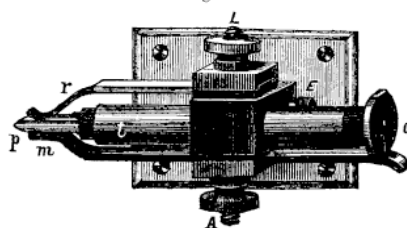
M. Roberts a construit une pile pour le service téléphonique qui diffère de la pile Leclanché surtout par son liquide. Ce liquide est une solution de permanganate de potasse et de certains sels alcalins. L'inventeur prétend que le zinc n'est pas plus attaqué à circuit ouvert que dans l'élément Leclanché, mais que la force électro-motrice est supérieure, allant de 1,7 jusqu'à 1,9 volts, tandis que la résistance intérieure ne dépasse pas 0,5 à 0,7 ohms. Il prétend, en outre, que la solution s'évapore très lentement et ne produit pas de sels grimpants. La solution a une couleur rouge-foncée qui se change en jaune quand l'élément commence à s'épuiser. Cette pile se polarise assez facilement comme toute pile à un seul liquide et ne peut donc pas fournir un courant continu. Le contact électrique entre le charbon et sa borne est assuré de la manière suivante: Dans la partie supérieure du charbon est appliqué un trou vertical dans lequel descend la tige de la borne; autour de celle-ci est versé un métal à l'état liquide qui s'épanouit en passant à l'état solide et établit par pression un contact entre la tige et le charbon; la tête est alors enveloppée de paraffine chaude. La pile Roberts présente un extérieur propre et est bien fermée par un couvercle.

Les *parafoudres* sont un accessoire indispensable des stations téléphoniques et d'une façon ou d'une autre ils ne manqueront jamais. Dans les stations américaines la protection contre la foudre est excessivement simple et peu coûteuse: une vis pointue qui est en communication avec la ligne et une plaque en communication avec la terre, quelquefois aussi deux plaques dont l'une est dentelée et se rapproche par ses pointes de la seconde plaque. Mais même ces parafoudres primitifs paraissent remplir leur but. En Suisse, les parafoudres décrits pages 138 et 145 du *Journal*

télégraphique, vol. VII, sont encore en usage et ont fait leurs preuves. M. v. Rysselberghe a adopté pour son système de télégraphie et téléphonie simultanée un parafoudre construit d'après le système suisse à une seule ligne; il a seulement remplacé les rainures par un papier paraffiné pour rendre l'instrument plus sensible aux moindres décharges atmosphériques. Quant à cette sensibilité des parafoudres, il y a des limites des deux côtés qu'on ne peut guère dépasser impunément. Lorsqu'ils sont trop sensibles ils se dérangent aux moindres décharges, et quand ils sont trop peu sensibles les bobines des clapets et des sonneries sont exposées à être brûlées. Il faudrait examiner chaque parafoudre au point de vue de sa sensibilité avant de le mettre en service. Pour cet examen on peut opérer de la manière suivante: On prend un petit appareil d'induction médical sans condensateur, dont on peut varier la tension du courant secondaire par la distance des bobines ou un tube en laiton; on intercale dans le circuit primaire un élément Leclanché et dans le circuit secondaire le parafoudre à essayer et un récepteur téléphonique. On commence avec la position qui fournit les courants induits les plus faibles et on passe peu à peu aux courants plus forts. Il arrive un moment où l'espace isolant entre les deux plaques est percé, ce qui se remarque d'une manière bien distincte dans le téléphone. On peut ainsi régler tous les parafoudres à la même sensibilité.

MM. Hartmann et Braun, de Bockenheim-Francfort s./M., ont tout dernièrement construit un petit parafoudre qui rappelle dans sa construction le parafoudre allemand à fil fusible. Nous le représentons par la fig. 24. Le fil de ligne entre par la vis L qui est

Fig. 24.



en communication avec le ressort *r*. Ce ressort presse sur la pièce métallique *p*, à laquelle est soudé un fil fin et isolé, qui est enroulé en spirale dans le tube métallique *t* et se visse du côté droit au disque *d* qui presse contre la lame *m* et conduit le courant par *A* aux appareils. Quand le fil fin est brûlé, on retire le cylindre entier du tube *t* pour y mettre un nouveau fil. En attendant, le ressort *r* et la lame *m* font contact directement et la ligne n'a point d'interruption.

d. Arrangements spéciaux des stations téléphoniques.

Les stations téléphoniques doivent quelquefois répondre à des besoins spéciaux et demandent, par conséquent, des installations qui sont en dehors du cadre des appareils que nous avons décrits dans le sous-chapitre c. Un abonné désire, par exemple, pouvoir indiquer son retour quand il est obligé de s'absenter de son bureau ou magasin. A cet effet, M. J.-M. Pendleton a imaginé un arrangement automatique, dont l'essentiel est le suivant: A la station téléphonique est ajouté un mouvement d'horlogerie, qui est déclenché par un appel téléphonique et met en mouvement une roue à contacts. Le mécanisme s'arrête de lui-même quand une série de contacts a passé. On peut donner à la roue de contacts différentes positions, de 1 jusqu'à 12 contacts. Supposons que l'abonné espère pouvoir retourner à son bureau à 4 heures. Avant de le quitter, il place sa roue sur 4 contacts et quand un autre abonné l'appelle pendant son absence, le mouvement d'horlogerie est déclenché, la roue établit ses quatre contacts et tout s'arrête ensuite de nouveau. Les 4 contacts lancent 4 courants distincts sur la ligne et l'abonné appelant sait tout de suite qu'il serait inutile de répéter l'appel avant 4 heures. Le temps de l'abonné et de la station centrale est ainsi épargné. Le mouvement d'horlogerie peut répondre à environ 300 appels avant de devoir être remonté à nouveau et avant ce moment même apparaît sur la boîte un disque avec l'inscription „remontez.“

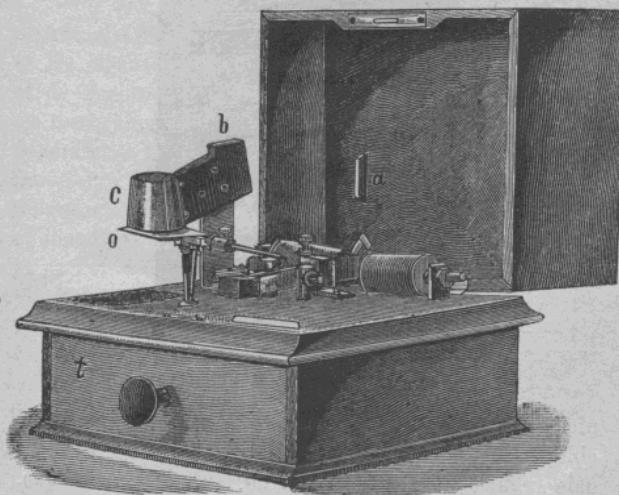
Quelquefois les stations téléphoniques sont arrangées pour recevoir des indications exactes du temps, soit qu'à un moment donné un signal spécial arrive, soit qu'une pendule de l'abonné se trouve automatiquement mise à l'heure. M. le Professeur W. F. Barret a fait un rapport à la *British Association* sur son système de contrôle périodique des pendules¹⁾. A la station centrale est placée une horloge normale, qui est réglée d'après les indications d'un observatoire astronomique. Cette horloge combine le circuit de l'abonné avec une pile, chaque fois que l'aiguille des minutes atteint le chiffre XII. A la station de l'abonné une pendule quelconque est disposée pour recevoir le signal de toutes les heures arrivant de l'horloge normale. Cette pendule doit avancer de quelques secondes par heure sur le vrai temps; elle change aussi le circuit téléphonique quand l'aiguille des minutes atteint le chiffre XII et intercale à la place du téléphone un électro-aimant, dont l'armature peut agir sur l'aiguille des minutes. En conséquence de la petite avance, la pendule de l'abonné a donc déjà ouvert le circuit de

l'électro-aimant correcteur, avant que l'aiguille de l'horloge normale ait complètement atteint le chiffre XII. Le courant passe aussitôt par l'électro-aimant de l'abonné et l'armature arrête l'aiguille des minutes sur XII. Au moment où l'aiguille de l'horloge normale est parfaitement verticale, le contact est rétabli avec le téléphone, l'armature chez l'abonné retombe dans la position de repos et l'aiguille des minutes est lâchée et recommence son mouvement. Comme cette correction se répète à chaque heure, la pendule de l'abonné ne peut jamais différer sensiblement du temps vrai. Pour avoir des indications du temps encore plus précises, à une petite fraction de secondes près du temps vrai, on peut combiner avec l'armature de l'électro-aimant un signal visible, qui facilite l'observation du moment de la rupture du courant.

Un autre système pour donner aux abonnés le temps exact est le répéteur du temps de M. Oram¹⁾; l'abonné peut recevoir l'heure exacte à tout instant. Ce système intéressant est en usage dans les réseaux de Chicago et de Cincinnati.

Les *cabines publiques automatiques* représentent un genre tout spécial de stations téléphoniques. Celles de ces cabines, qui nécessitent la surveillance d'un agent, sont rarement rémunératrices, parce que le salaire de la personne qui les dessert engloutit presque le total des produits; c'est pour cette raison que plusieurs arrangements ont été inventés permettant au public de se servir d'une station publique, sans l'intermédiaire d'un agent. Une des solutions les plus simples est celle de MM. Crossley, Harrison et Em-

Fig. 25.



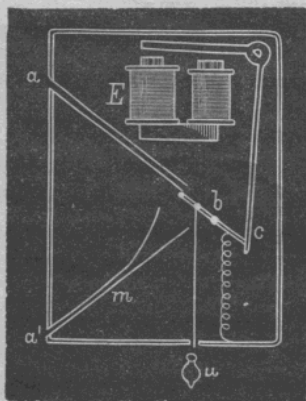
¹⁾ Voir *The telegraphic journal and electrical review*, vol. XVII, page 353.

¹⁾ Voir *Electrical Review*, New-York, vol. 8, N° 12.

mott. La station téléphonique ne présente rien de particulier, sauf une boîte d'appel, représentée ouverte par la fig. 25. Le fil qui met la cabine en communication avec la station centrale passe par cette boîte, qui reste toujours fermée à clef. On voit dans le couvercle un petit trou longitudinal *a* permettant le passage d'une certaine pièce de monnaie, par exemple de 20 centimes. Cette pièce glisse par le canal *b* et la capsule conique *c* sur le plateau *o* d'une légère bascule qui trébuche et laisse tomber la pièce dans le tiroir *t*. Par le mouvement du fléau la ligne qui, dans la règle, est interrompue se rétablit et la personne voulant faire usage de la station peut appeler, etc., car la ligne ne s'interrompt pas de nouveau quand le fléau retourne dans sa position horizontale. Lorsque le temps prévu est écoulé (3 ou 5 minutes suivant les pays), la station centrale émet un courant qui agit sur l'électro-aimant *E* et interromp la ligne. On a essayé de remplacer l'action de la station centrale pour couper la ligne, par un mouvement d'horlogerie, mais on a reconnu qu'il vaut mieux s'en tenir à la plus grande simplicité pour pouvoir compter sur le fonctionnement de l'appareil. Le fléau est souvent combiné avec un compteur, permettant de contrôler le nombre des appels avec l'argent payé. Ces stations sont surtout en usage dans les réseaux téléphoniques du Nord de l'Angleterre.

La station automatique de MM. Edmunds et Howard se distingue de celle que nous venons de décrire par cette particularité qu'elle rend l'argent quand on ne réussit pas à avoir la communication voulue. La fig. 26 montre les dispositions principales de cet ingé-

Fig. 26.



nieux appareil. En *a* se trouve l'ouverture du canal oblique, dans lequel on doit glisser la pièce de monnaie requise pour faire usage de la station publique. La pièce glisse sur la trappe *b* et y reste, arrêtée par le levier *c* de l'armature de l'électro-aimant polarisé *E*.

La station publique combinée avec cette tire-lire, peut être mise en communication avec la station centrale de deux manières différentes, d'un côté par le poids de la pièce de monnaie sur la trappe *b*, d'un autre côté par l'attraction de l'armature qui éloigne *c* de la trappe *b*. Pour plus de simplicité, nous avons dans la figure 26 supprimé ce contact. Aussitôt la pièce arrivée sur la trappe *b*, on peut parler avec la station centrale. Si l'abonné demandé se trouve à son poste et si la conversation réussit, la station centrale envoie un courant positif, qui change la position de l'armature de l'électro-aimant *E*; la plaque *c* s'éloigne de la trappe *b* et la pièce de monnaie tombe dans la boîte et reste acquise à l'administration du réseau. A cause de la polarisation de l'électro-aimant, l'armature garde sa nouvelle position jusqu'à l'arrivée d'un courant négatif. Quand les 5 minutes de durée sont écoulées, la station centrale envoie ce courant et l'armature retourne dans la position indiquée par la figure, en interrompant en même temps la communication de la station publique. Il peut arriver que l'abonné demandé ne réponde pas ou ne puisse pas être appelé. La station centrale informe alors de ce fait la personne qui se trouve à la station publique et celle-ci, tirant la corde *u*, lance sa pièce de monnaie dans le canal *m* et la retire par la fente *a'*.

Un arrangement analogue a été inventé par MM. Rose et Rein et fonctionne à la satisfaction des abonnés à Saint-Louis. Ces stations sont placées chez les abonnés, et la taxe est perçue en proportion de l'usage qu'on fait du téléphone. Après un appel infructueux, l'abonné peut aussi retirer la pièce de monnaie qu'il a glissée dans la boîte.

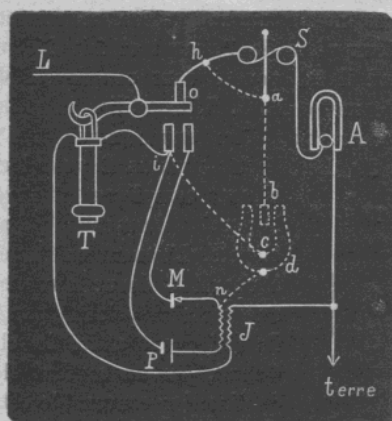
Le contrôleur automatique de M. Mann possède un mouvement d'horlogerie qui de temps en temps demande à être remonté. D'ordinaire, ce mouvement est arrêté par un cliquet qui pénètre dans une entaille d'un disque. La pièce de monnaie entrée dans l'appareil fait jouer une bascule qui permet de pousser un bouton par lequel on enlève le cliquet de l'entaille. Le mouvement d'horlogerie commence alors à marcher, et aussi longtemps que le cliquet glisse sur la périphérie du disque la station publique est en contact avec la station centrale. Après une révolution du disque, le cliquet retombe de nouveau dans l'entaille, le mouvement s'arrête et le circuit est en même temps interrompu. Tout l'arrangement est un peu compliqué.

Un appareil analogue inventé par MM. Poole et Mac Iver, et construit par MM. Smith, Baker et C^o de Manchester est, depuis le commencement de 1885, en usage dans les réseaux de Manchester, Blackburn, Preston, Dublin, Blackpool, Oldham, Ashton, etc. Il possède

aussi, comme l'instrument précédent, un mouvement d'horlogerie, mais se distingue par deux trous pour l'entrée des pièces de monnaie; l'un des trous est destiné aux conversations dans le réseau même, l'autre à celles d'un réseau avec un autre. Les explications que nous venons de donner feront comprendre le jeu des bascules, le déclenchement du mouvement, l'établissement du contact avec la station centrale et l'interruption après le temps révolu. Par une fenêtre, appliquée à la boîte, on aperçoit une aiguille qui indique le temps écoulé depuis le commencement de la conversation. Si l'on veut continuer au delà du temps permis, on n'a qu'à introduire de nouveau une pièce de monnaie.

Quelquefois on désire pouvoir s'assurer si le signal d'appel est arrivé à l'autre bout de la ligne. La solution de ce problème est obtenue au moyen du *signal de retour*. La chose est des plus faciles quand l'appel se fait par des piles, mais l'appel par magnétos a de si grands avantages qu'on ne peut pas le sacrifier, et cette considération a engagé M. P. Gannon à chercher un arrangement qui permit le signal de retour, même avec les machines magnéto-électriques. La figure 27

Fig. 27.



représente une de ces stations munie du signal de retour. L est la ligne, T le récepteur téléphonique, M le microphone, P la pile du microphone, J la bobine d'induction, S la sonnerie d'appel, A l'appel magnéto-électrique. Les parties pointillées indiquent ce qu'il faut ajouter à la station ordinaire pour obtenir le signal de retour. En *ab*, le marteau de la sonnerie est prolongé par un ressort très élastique qui aboutit en un disque *b*, les lignes courbées en forme de lyre *c* et *d* représentent deux ressorts aussi très élastiques qui ne se touchent pas à l'état de repos. De nouvelles com-

munications électriques sont établies entre les points *a* et *h*, *c* et *i*, *d* et *n*. Regardons ce qui arrive quand un courant d'appel vient par L. Le marteau de la sonnerie s'ébranle et met le ressort *ab* en vibration; le disque *b* fait par moments contact avec le ressort *c* et le presse contre le ressort *d*. Par ce fait, le circuit microphonique est alternativement fermé et interrompu, et les impulsions de courant engendrées dans le fil secondaire de la bobine J se propagent sur la ligne par la voie T, *i*, *c*, *b*, *a*, *h*, L. Une partie du courant se perd bien par la voie S, A, mais le reste est suffisant pour produire, dans la station qui appelle, un signal de retour bien distinct. Le ressort *ab* est si élastique qu'il vibre encore pendant quelques secondes quand le marteau ne bouge plus; la station d'appel n'a donc qu'à décrocher son téléphone et le porter à l'oreille quand elle a sonné pour entendre les derniers contacts établis par le ressort *ab*. Elle s'assure par ce signal que la ligne est en ordre et que l'appel est bien arrivé. Ce signal de retour est un moyen très commode pour constater le bon état des fils de tout un réseau en un temps relativement court.

e. Stations centrales.

Tous les fils des abonnés d'un réseau téléphonique convergent vers la *station centrale*, qui a pour but de recevoir les appels et demandes des abonnés, de réunir en une seule les lignes de deux abonnés qui désirent se parler et de séparer les lignes réunies lorsque la conversation est terminée. Il est d'une grande importance que toutes ces manipulations se fassent promptement et correctement et qu'elles soient effectuées par la station centrale, avec un minimum de travail.

Pour remplir sa tâche, la station centrale a besoin d'annonceurs destinés à recevoir l'appel des abonnés et les signaux de fin de conversation, de transmetteurs et de récepteurs téléphoniques afin de pouvoir se mettre en communication avec les abonnés, de piles ou autres générateurs d'électricité pour les appeler et de commutateurs dans le but de réunir les lignes. Les premières stations centrales ont sans doute été imaginées et installées par des télégraphistes et elles portaient le cachet de leurs créateurs dans différentes dispositions qui sont maintenant surannées. Pour avoir un *commutateur*, on a d'abord pensé au commutateur télégraphique connu sous le nom de commutateur suisse, se composant de deux séries de lamelles superposées qui se croisent à angles droits. Ce système est très convenable pour la télégraphie, mais en téléphonie on a bientôt reconnu qu'il entraînait à des complications et à des erreurs quand le nombre d'abonnés dépasse une ou deux centaines et cela à cause du grand nombre

de trous dans lesquels on peut placer les fiches. Il y a probablement encore de ces commutateurs en usage, mais nous doutons fort qu'on en construise aujourd'hui de nouveaux. Le *commutateur Gilliland*, qui sert encore dans beaucoup de stations centrales, est une modification du commutateur suisse et présente une orientation plus facile, mais peu à peu les lamelles croisées ont dû faire place à un nouveau système qui domine déjà maintenant, c'est la *corde à fiche* en combinaison avec le jack-knife ou *springjack* qui joue le rôle du manipulateur télégraphique.

En ce qui concerne les *annonciateurs*, le relais télégraphique leur a servi de modèle. Ils consistent en un électro-aimant avec armature mobile et un clapet qui tombe quand il est déclenché par l'attraction de l'armature. Nous allons mentionner quelques-uns des différents systèmes actuellement en usage.

L'annonciateur de MM. Siemens et Halske se compose d'un électro-aimant boîteux placé verticalement et pourvu d'une armature horizontale qui est fixée à un ressort. L'armature porte à son extrémité un petit bras en laiton qui aboutit à un crochet par lequel le clapet est retenu aussi longtemps que l'armature n'est pas attirée. Cet annonciateur est bien agencé, la tension du ressort peut être réglée au moyen d'une vis, de même que la position du crochet pour le clapet, seulement les dimensions de cet appareil sont un peu trop grandes, de sorte que les meubles destinés à contenir les clapets pour 50 abonnés prennent déjà beaucoup de place. Ce système d'annonciateurs est surtout en usage en Allemagne.

L'annonciateur de M. Sieur se compose d'un électro-aimant couché horizontalement, à une seule bobine et avec noyau droit dépassant les deux bouts de la bo-

bine, voir figure 28, et est garni de chaque côté de pièces en fer doux P. L'armature A a la forme d'une fourchette et pivote autour du point O. L'autre bras de ce levier traverse la paroi M du meuble qui contient les annonciateurs et aboutit au crochet C qui arrête le clapet D. La pièce métallique U sert à régler le jeu de l'armature. En tombant, le clapet fait contact avec la vis S et permet ainsi de fermer un circuit local qui actionne une sonnerie (pour la nuit). La Société générale des téléphones à Paris a adopté ce système.

L'annonciateur le plus répandu est de provenance américaine. Nous l'avons déjà décrit dans le *Journal télégraphique*, vol. VII, page 140 et pouvons donc nous borner à le rappeler sommairement ici. Comme l'annonciateur Sieur, il n'a point de ressort et est réglé seulement par un faible surplus de poids du côté de l'armature. A notre avis c'est le meilleur des annonciateurs, car il peut être construit dans des dimensions très restreintes, il est très sensible puisqu'il fonctionne déjà avec un courant de 7 milliampères ayant une résistance d'environ 100 ohms, et le contact du clapet tombant pour le circuit de la sonnerie de nuit est meilleur que dans les autres systèmes, le clapet ne l'établissant pas directement mais par pression d'un ressort contre la vis de contact.

Quelquefois l'électro-aimant de l'annonciateur est polarisé¹⁾, le noyau aimanté a un mouvement libre entre les deux pôles de l'aimant et fait déclencher le clapet quand il est poussé dans une de ses deux directions. De même M. G. Belle utilise la polarisation pour la construction d'un annonciateur très simple, voir figure 29. Les électro-aimants B avec leur noyau

N sont complètement noyés dans la paroi A du meuble qui porte les clapets. L'aimant en forme de fer à cheval C donne aux noyaux N une certaine polarité par laquelle ils retiennent attiré le clapet D. Quand, par un courant électrique de direction convenable cette polarité est annulée, le clapet D tombe repoussé par le faible ressort R dont la tension se règle au moyen de la vis V. D'après l'inventeur cet annonciateur fonctionne même avec un courant de 4 à 5 milliampères.

Au cours de notre étude sur la station centrale, nous aurons encore à décrire d'autres annonciateurs spéciaux.

Fig. 28.

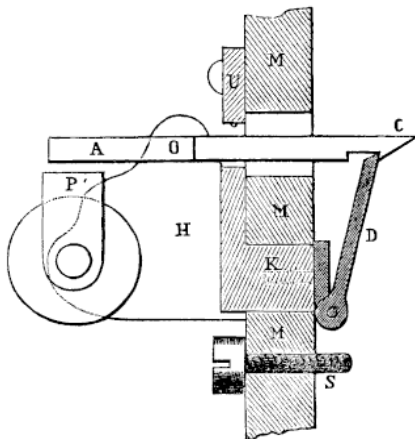
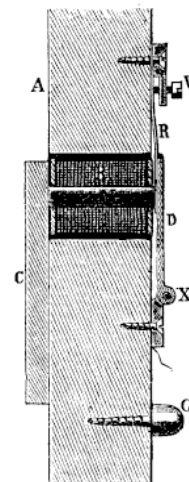


Fig. 29.



¹⁾ Voir *Lumière électrique*, volume XVI, page 101.

Passons maintenant à la description des meubles dans lesquels un certain nombre d'annonceurs sont réunis avec le commutateur. Le *commutateur* de M. Ch. Williams, jr. de Boston est un des premiers qui aient été construits et est par conséquent muni du commutateur suisse, mais transformé convenablement, qui remplit un plan incliné en forme de pupitre et en outre une partie du panneau vertical. Les lames verticales sont remplacées par une série de paires de ressorts. Une fiche fixée dans un trou d'une lame horizontale pénètre en même temps entre les deux ressorts d'une même paire. Le contact est ainsi solidement établi entre les deux lames horizontale et verticale. Les fils des abonnés, 50 par commutateur, communiquent d'abord avec un ressort qui repose sur un bouton. De ce bouton la communication passe par l'annonceur et la paire de ressorts attribuée à chaque abonné et rejoint la terre par la première lame horizontale dont tous les trous sont garnis de fiches. Quand un abonné en appelant fait tomber son clapet, l'employé de la station centrale introduit une clef spéciale entre le ressort et son bouton et interrompt ainsi la communication de la ligne avec la lame verticale, l'annonceur et la terre, mais il introduit à sa place le microtéléphone et un générateur magnéto-électrique, par lesquels il peut se mettre en communication avec l'abonné appelant. Quand l'employé sait avec quel autre abonné la communication doit être établie, il introduit la clef dans la paire de ressorts attribuée à ce dernier et le sonne au moyen d'un bouton appliqué à la clef. Quand l'abonné appelé a répondu, l'employé place les fiches de terre des deux abonnés sur l'une quelconque des lames horizontales et la communication se trouve établie. Quoique ce commutateur soit bien imaginé et soigneusement construit, comme tous les instruments de M. Williams, la manipulation en est assez compliquée et demande trop de temps.

Un autre commutateur de date récente est celui de M. Doolittle¹⁾. La communication entre les abonnés est établie au moyen de cordes flexibles se terminant en fiches. Chaque abonné a un springjack spécial comme nous l'avons décrit dans le *Journal télégraphique*, vol. VII, page 140. Une particularité de ce système consiste dans la réunion de l'annonceur avec le springjack sur un rectangle de 5^{cm} de haut et 4^{cm} de large. Quand un clapet tombe on n'a qu'à introduire la fiche, et par le même mouvement de la main on peut relever le clapet tombé. Ce commutateur peut être employé sur des réseaux qui sont construits d'après le principe des circuits métalliques, où chaque abonné

est mis en relation avec la station centrale par deux fils. Une description plus complète ne serait possible qu'à l'aide d'un certain nombre de dessins; nous renvoyons donc le lecteur à la source mentionnée ci-dessus.

Les commutateurs *Clay* et *Law* sont intéressants par le fait que l'appel des abonnés se fait directement au moyen du téléphone. L'abonné n'a donc qu'à décrocher son téléphone et à parler avec la station centrale. A cet effet un certain nombre d'abonnés, disons 100, sont reliés, dans la station centrale, à une plaque métallique qui de son côté est reliée à un téléphone maintenu à l'oreille de l'employé de la station centrale au moyen d'un ressort.

Le système *Clay* a pour chaque abonné un relais spécial, mais il ne fonctionne pas comme annonceur, puisque l'abonné peut immédiatement commencer la conversation avec la station centrale. Le commutateur proprement dit est construit d'après le système du commutateur suisse. Les tiges qui sont dirigées vers les relais peuvent glisser sur un plan incliné et reposent donc toujours contre le fond de ce plan faisant contact avec la lame qui communique avec le téléphone de l'employé. Quand un abonné informe la station centrale qu'il veut converser avec tel ou tel autre abonné, leurs lames mobiles sont poussées vers les relais respectifs, s'accrochent à leurs armatures et ne peuvent plus retomber. En même temps la communication entre les deux abonnés est établie. La lame mobile en se relevant exécute encore une autre fonction; elle touche un instant le contact d'une pile qui informe l'abonné appelant qu'on vient de donner suite à sa demande et qui sonne l'abonné appelé. Quand les deux abonnés ont terminé leur conversation et suspendent leurs téléphones ils envoient automatiquement sur la ligne, par le mouvement du commutateur, un courant qui passe par les relais respectifs et décroche les lames qui sont relevées. Ces lames retombent par leur propre poids dans la position de repos et les abonnés sont de nouveau séparés et en relation avec l'opérateur de la station centrale. On voit que ce système réduit les manipulations à un minimum. L'abonné d'abord n'a rien à faire que de décrocher son téléphone, de parler et de le raccrocher ensuite. L'opérateur de la station centrale en est quitte avec deux mouvements rapides; il n'a surtout pas à s'occuper de la séparation des deux abonnés, puisque cette séparation s'opère automatiquement. Par ces raisons les communications s'établissent avec rapidité et le système est très apprécié par les abonnés. D'un autre côté, les stations centrales demandent un personnel plus nombreux qu'avec d'autres systèmes, d'abord parce qu'on ne peut pas mettre un trop grand nombre d'abonnés en communication avec

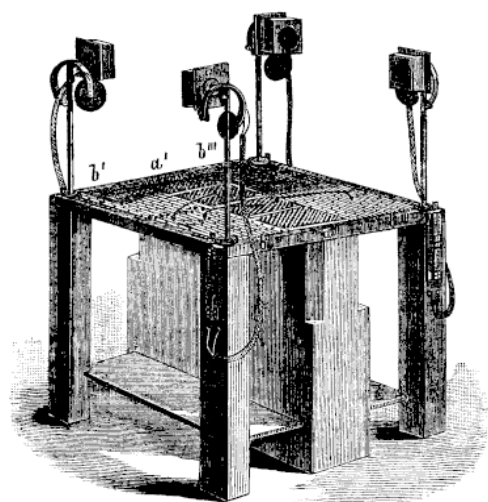
¹⁾ Voir „New York Electrical Review“, vol. 3, No 20.

le même opérateur et ensuite parce que ce service est très fatigant et énervant pour ces derniers, de sorte qu'on est obligé de diminuer les heures de travail journalier.

L'autre solution d'une station centrale sans annonceurs s'appelle le système *Law*. Chaque abonné a comme d'habitude son fil allant à la station centrale, mais tous les abonnés sont répartis par groupes, par exemple de 100 abonnés, et chaque groupe a à sa disposition un second fil commun à tous les abonnés du groupe. Avec un simple commutateur à 2 branches, l'abonné peut intercaler sa station sur son fil spécial ou sur le fil commun. A l'état de repos, la station de l'abonné est toujours intercalée sur le fil spécial. Le fil commun est en communication avec le téléphone que l'opérateur de la station centrale porte continuellement pressé contre l'oreille; ce dernier dessert donc tous les abonnés d'un groupe ayant un fil commun.

Un abonné qui désire une communication s'intercale sur le fil commun et indique à l'opérateur de la station centrale par exemple: „N° 13 demande N° 269“ sur quoi la communication est immédiatement établie par la station centrale. La manière d'opérer cette communication est démontrée par la figure 30 qui repré-

Fig. 30.



sente un commutateur pour 400 abonnés en forme de table de 85^{cm} de longueur et de largeur. On voit sur la plateforme de cette table entre *a'* et *a''* quatre carrés, chacun formé de 100 fiches qui sont en communication avec les fils spéciaux de 400 abonnés répartis en 4 groupes. De chaque côté de la table est assis un opérateur ou une opératrice portant appliqué à sa tête le téléphone qui, dans la figure, est accroché à la tige du microphone. Microphone et téléphone de

chaque opérateur sont en communication continuelle avec le fil commun d'un des quatre carrés *a' a''*. A côté de ces carrés se trouvent un certain nombre de plaques isolées *b' b''* et *b''' b''''*. Ces plaques sont semées de trous disposés pour la réception des fiches du milieu. Il y a en outre deux ou quatre plaques qui sont en communication avec une pile ou tout autre générateur d'électricité. Quand un abonné demande une communication, l'opérateur prend sa fiche et celle de l'abonné demandé et les entre dans deux trous d'une plaque quelconque; la communication est alors établie. Mais les abonnés n'ayant aucun moyen de se sonner l'un l'autre il faut que la station centrale, avant de poser la fiche de l'abonné demandé, appelle ce dernier en touchant un instant avec sa fiche l'une des plaques en communication avec la pile. Quand les deux abonnés ont fini, l'un d'eux s'intercale sur le fil commun et informe la station centrale qu'elle peut supprimer la communication. Abstraction faite du service énervant des opérateurs de la station centrale, le système Law présente incontestablement de grands avantages. Les communications s'établissent avec beaucoup de célérité, il n'y a nulle part, dans le circuit, des annonceurs ou autres électro-aimants, sauf ceux des récepteurs téléphoniques, la place qu'occupent les commutateurs centraux se réduit à un minimum et les frais de première installation des postes d'abonnés s'amoindrissent considérablement à cause de la suppression des machines magnéto-électriques pour l'appel.

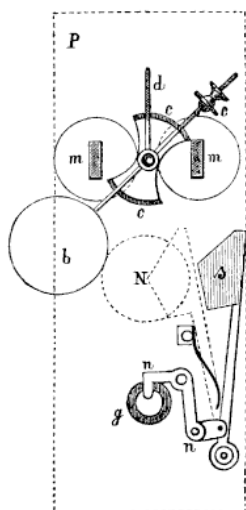
Nous ne pouvons pas encore nous former une opinion sur la question de savoir lequel des deux systèmes de commutateurs centraux, avec ou sans annonceurs, remportera finalement la victoire. Pour le moment les premiers sont en grande majorité, et il a été fait beaucoup pour les perfectionner. Nous allons nous occuper d'abord des différentes branches dans lesquelles ces perfectionnements ont eu lieu.

Quand chaque abonné a son annonceur à la station centrale et quand on en relie deux entre eux directement, leurs annonceurs restent intercalés dans la ligne, ce qui présente un certain inconvénient, parce que la résistance de la ligne est augmentée de 200 à 300 ohms, outre cela les extra-courants qui se produisent dans les électro-aimants nuisent à la reproduction de la parole, enfin le signal de l'appel ne se distingue pas suffisamment de celui de la fin de la conversation et amène ainsi beaucoup d'erreurs. On a obvié à ces déficiences par différents moyens. Dans les meubles à commutateurs du système allemand, on donne à chaque annonceur deux springjacks *a* et *b*. La ligne venant de l'abonné passe d'abord par le springjack *a*, ensuite par l'annonceur et finalement par le

springjack *b* pour aller à la terre. Quand un abonné appelle on plante la fiche à corde dans le springjack *b* et on exclut ainsi la terre, laissant l'annonciateur intercalé dans la ligne. L'autre bout de la corde est fixé dans le springjack *a* de l'abonné à appeler; l'annonciateur de ce dernier est donc exclu et un seul annonciateur est intercalé dans le circuit. Le problème est résolu mieux encore par le standard switch board de la Western electric manufacturing Company à Chicago. Nous avons décrit cette solution dans le volume VII du *Journal télégraphique*, pages 139 et suivantes. Ce commutateur est encore aujourd'hui l'un des meilleurs pour de petites stations centrales qui ne dépassent pas 500 abonnés. Les deux annonciateurs des abonnés y sont exclus de la ligne et à leur place il entre en fonction un nouvel *annonciateur de fin de conversation* (clearing-out relay) qui occupe un emplacement bien séparé de celui des autres annonciateurs, de sorte qu'on ne peut pas se tromper sur le signal.

Un autre système très ingénieux a été inventé par MM. les frères Naglo à Berlin. Le meuble du commutateur a la forme de ceux qui sont usités en Allemagne, chaque annonciateur a deux springjacks. A la place du clapet il y a seulement un trou circulaire dont le fond est noir. Derrière le trou se meut un disque blanc qui apparaît par le trou quand il se place concentriquement avec ce dernier. Les détails de cet annonciateur sont représentés vus de face par la fig. 31.

Fig. 31.



La plaque P est supposée enlevée ou transparente, *cc* est un aimant d'une forme particulière rappelant la forme de l'armature dans les horloges électriques Hipp. Cette armature peut tourner autour de l'axe dans son

centre. Un axe porte en outre le disque blanc *b* et les deux tiges *d* et *e*. Par un courant positif venant de l'abonné, l'armature tourne d'environ 45° et son pôle supérieur s'appuie contre le pôle gauche de l'électro-aimant, le disque blanc se place derrière le trou circulaire et le cercle N apparaît en blanc. L'armature s'arrête dans les deux positions, car elle peut être délicatement équilibrée par les deux tiges *d* et *e*. Dans la position figurée c'est la tige *e* qui a un petit surpoids, tandis que la tige *d* étant verticale n'a aucune influence; dans la position contraire la tige *d* fournit ce surpoids et la tige *e* et le disque, placés verticalement, sont en équilibre. La position du disque et de l'armature représentée par la figure 31 est la position ordinaire ou de repos, l'abonné appelle la station centrale par un courant positif. L'opérateur de cette dernière entre alors une fiche dans le trou du springjack *g*. Cette fiche pousse automatiquement en haut le levier coudé *nn*, et par ce fait un tiers environ du disque blanc est couvert par le pavillon rouge *s*. Quand l'abonné a fini sa conversation, il envoie un courant négatif comme signal de fin de conversation; le disque disparaît et le trou N se présente rouge et noir jusqu'au moment où la fiche est retirée du springjack *g*. On obtient ainsi quatre signaux différents, champ noir: position de repos; champ blanc: l'abonné appelle; champ blanc et rouge: l'abonné appelant est mis en communication avec l'abonné appelé; champ rouge et noir: la conversation a cessé mais les abonnés ne sont pas encore séparés. Beaucoup d'erreurs sont évitées de cette façon, mais le système présente encore d'autres avantages; on peut conférer à l'abonné la tâche d'appeler son co-abonné; il peut l'appeler à plusieurs reprises sans influencer la station centrale pourvu qu'il le fasse avec des courants positifs.

L'arrangement chez l'abonné pour inverser les courants est aussi très bien combiné. Une manivelle tournée à droite donne le signal d'appel, tournée à gauche, celui de fin de conversation; quand on la lâche elle retourne d'elle-même dans une position intermédiaire.

La simplification des manipulations pendant l'établissement et la suppression des communications entre les abonnés, a été l'objet de maintes recherches. On se heurte surtout contre le signal de fin de conversation à donner par l'abonné parce qu'il est souvent oublié, et cet oubli occasionne alors des malentendus et autres confusions. Les efforts faits dans cette direction tendent généralement à la production automatique du signal de fin de conversation. Ainsi M. Painter indique un arrangement qui s'applique aux machines d'appel magnéto-électriques. A la roue ou disque qui est tourné par la manivelle quand l'abonné appelle la station cen-

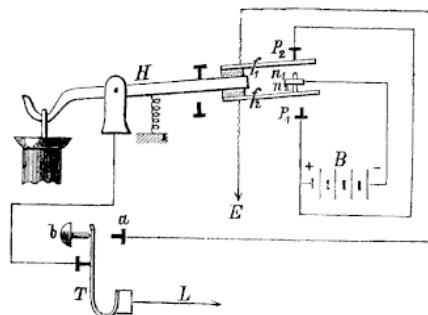
trale pour demander une communication, est attachée une autre roue qui est entraînée jusqu'à un certain point en tendant un ressort. A ce point cette dernière roue s'arrête, retenue par une espèce de rochet et le ressort reste tendu. Quand l'abonné a fini la conversation et suspend son récepteur, le commutateur automatique, en descendant, déclanche la roue additionnelle en retirant le rochet, et le ressort tendu peut entrer en action. La roue fait un demi-tour et entraîne avec elle l'armature de la machine magnéto-électrique. Le mouvement est assez vif et suffit amplement pour faire tomber le clapet d'un annonceur à la station centrale.

M. *Elsasser* a indiqué des arrangements ayant le même but pour les systèmes téléphoniques où l'appel est produit par des piles. Il munit le commutateur automatique d'un bec qui établit, pendant le mouvement d'une position extrême à l'autre, un contact passager avec une pile. Le courant envoyé de ce fait sur la ligne quand l'abonné suspend le récepteur, donne à la station centrale le signal de fin de conversation. On peut utiliser ce même contact passager pour produire automatiquement aussi le premier appel. L'abonné n'a, dans ce cas, rien à faire que de décrocher son récepteur et de le raccrocher quand il a fini sa conversation.

On a aussi proposé de maintenir dans toutes les lignes des abonnés un courant continu fourni par une pile commune de la station centrale. Au moyen de ce courant, on peut sensiblement réduire les manipulations. Le courant passe chez les abonnés par un relais dont l'armature reste attirée et interrompt le circuit local d'une pile et d'une sonnerie. Quand la station centrale veut appeler un abonné, elle introduit une fiche dans le springjack respectif et exclut ainsi la pile qui fournit le courant continu, en intercalant à sa place un annonceur de fin de conversation. Le courant continu cessant sur la ligne de l'abonné appelé, l'armature du relais de ce dernier est relâchée et son circuit local qui fait fonctionner la sonnerie est fermé. Quand l'abonné appelé décroche son récepteur, le commutateur automatique intercale ce dernier dans la ligne et ferme le circuit microphonique qui traverse le relais par une seconde hélice; l'armature est donc de nouveau attirée et le circuit de la sonnerie interrompu. Quand l'abonné raccroche son récepteur, le courant local, tout en traversant le relais, se transforme automatiquement en courant de ligne et fait tomber à la station centrale le clapet de fin de conversation. L'appel de la station centrale par l'abonné se fait de même automatiquement. Un arrangement analogue, avec courant continu sur les lignes, a été décrit dans le *Journal télégraphique*, vol. VII, page 260.

Un desideratum de la téléphonie actuelle, qui a donné lieu à beaucoup de recherches, c'est la possibilité, pour l'abonné, de parler à un autre abonné sans influencer la station centrale, c'est-à-dire de munir les abonnés de deux systèmes d'appel, l'un pour la station centrale, l'autre pour les co-abonnés. Un pareil système fonctionnant bien aurait de grands avantages, savoir: 1° la station centrale pourrait laisser aux abonnés le soin d'appeler l'abonné demandé; 2° l'abonné ne serait pas obligé de rester des minutes entières devant son microphone, tenant le récepteur à l'oreille; il sonnerait seulement et continuerait à vaquer à ses affaires jusqu'au moment où l'abonné demandé viendrait au téléphone; 3° les abonnés pourraient quitter le téléphone pour des recherches à faire dans des livres ou dans d'autres appartements et appeler de nouveau, une fois ces recherches terminées; 4° deux abonnés qui confèrent souvent ensemble pourraient rester reliés directement sans perdre la faculté d'appeler la station centrale. Nous avons déjà, au commencement de l'année 1881, c'est-à-dire à l'occasion de la construction du premier réseau suisse, songé à une solution de ce genre, mais bientôt on a dû en abandonner l'idée, parce que la construction d'électro-aimants polarisés, convenables pour les annonceurs de la station centrale, n'a pas réussi. Notre système était basé sur des courants inversés et les stations des abonnés étaient déjà munies de deux différents boutons d'appel dont l'un a dû plus tard être supprimé.

Fig. 32.



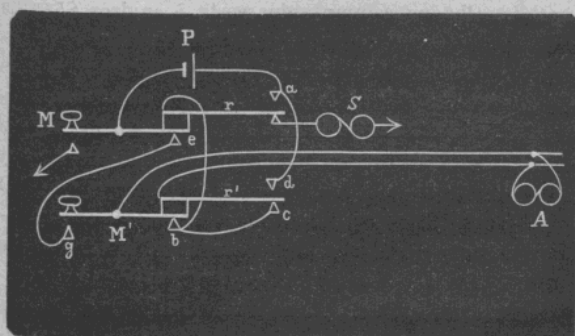
Le système *Naglo*, que nous avons décrit plus haut, résout le problème en partie, et M. *Elsasser* a publié une autre solution ¹⁾ dans laquelle la direction des courants est inversée par le mouvement du commutateur automatique. A cet effet il applique au commutateur H, fig. 32, deux lames métalliques f_1 et f_2 , qui sont isolées du massif du commutateur. Quand on presse sur le bouton b au moment où le récepteur est accroché au commutateur, le courant lancé sur la ligne est positif; il devient négatif quand le récepteur est décroché.

¹⁾ Voir „Elektrotechnische Zeitschrift“, vol. VI, page 16.

Une autre solution qui a pour but principal de laisser deux abonnés qui ont des relations suivies entre eux, en communication directe, sans les priver de la communication avec la station centrale, provient de M. Berthon, ingénieur en chef de la Société générale des téléphones à Paris. Le réseau de Paris étant établi sur le système des circuits métalliques, M. Berthon avait deux fils à sa disposition qu'il a utilisés de différentes manières pour atteindre son but.

Le principe de ce système est représenté par la figure 33 qui indique la combinaison chez un des deux

Fig. 33.



abonnés, le transmetteur et le récepteur téléphonique étant laissés de côté. M et M' sont deux manipulateurs, auxquels sont fixés, sans faire contact électrique avec eux, les ressorts r et r' . En s est la sonnerie d'alarme, P est la pile d'appel de l'abonné et A est l'annonceur à la station centrale; les flèches indiquent la communication avec la terre. Quand l'abonné veut appeler son co-abonné sans influencer la station centrale, il abaisse son manipulateur M, la pile P trouve alors d'un côté la terre, de l'autre côté le courant se dirige sur a , r , b et l'axe du manipulateur M', en même temps aussi sur c et r' , donc le courant entre dans les deux fils de ligne dans le même sens et ne peut pas influencer l'annonceur A, tandis que la sonnerie du co-abonné, qui est en communication avec la terre, entre en jeu. Si l'abonné veut appeler la station centrale, il abaisse le manipulateur M', alors le courant de la pile passe par a , d , r' dans le fil inférieur de la ligne et retourne par le fil supérieur g , e et l'axe du manipulateur M' à la pile. Dans ce cas l'annonceur A de la station centrale entre en fonction parce qu'il est parcouru par le courant. Quand la station centrale veut appeler un des abonnés, elle lance un courant qui parcourt les deux fils dans le même sens; elle fait donc absolument la même chose que les abonnés quand ils s'appellent entre eux. Ce courant, arrivant sur les deux fils, entre par M' et r' dans les enclumes de contact

b et c dans le ressort r et parcourt la sonnerie s pour aller à la terre. Le commutateur automatique (supprimé dans le dessin) intercale le téléphone dans le lacet qui alors n'a aucune communication avec la terre. D'après M. Berthon, ce système est très avantageux non seulement pour les abonnés mais aussi pour la station centrale à laquelle il épargne une masse de travail.

M. Elsasser s'est donné la peine de modifier le système Berthon pour l'appliquer aux stations d'abonnés qui sont desservies par un seul fil (c'est comme on sait la règle¹⁾), mais il nous semble vraiment trop compliqué pour avoir la chance de réussir dans la pratique; nous nous contentons donc de l'avoir mentionné.

Aussitôt que le nombre des abonnés d'un réseau dépasse celui des annonceurs d'un commutateur, il faut pourvoir la station centrale de deux, trois et plus de commutateurs et il faut établir des communications de commutateur à commutateur par des springjacks additionnels. Aussi longtemps que le nombre des commutateurs est petit, ces communications d'un commutateur à l'autre sont chose des plus faciles. Si par exemple l'abonné 37 demande l'abonné 321, du 7^e commutateur, l'opérateur du 1^{er} commutateur peut se convaincre par un coup-d'œil sans quitter sa place, si tel et tel fil d'intercommunication est libre et donner les ordres en conséquence. La fiche est placée par exemple dans le springjack marginal N° 3 et l'opérateur du 7^e commutateur est invité à combiner directement le fil d'intercommunication N° 3 avec l'abonné 321. Alors toutes les opérations ultérieures se font au 1^{er} commutateur comme si l'abonné 321 faisait partie de ce dernier.

Avec l'augmentation du nombre des commutateurs, les facilités des intercommunications disparaissent bien vite, tandis que le nombre des intercommunications augmente. On ne peut plus distinguer si les fils sont libres, il faut crier d'un bout de la salle à l'autre et le vacarme est général. On ne s'étonnera pas que, dans de pareilles circonstances, les erreurs et les malentendus soient fréquents. Parfois deux abonnés qui veulent se parler sont combinés par erreur sur des fils différents et ne peuvent pas même attirer l'attention de la station centrale pour corriger l'erreur, car ils n'ont plus de terre. D'autres fois trois abonnés sont intercalés sur le même fil ou bien deux abonnés sont coupés avant la fin de la conversation. Le service devient par suite pénible pour la station centrale et pour les abonnés. On a cherché à obvier à ces conséquences fâcheuses en demandant par écrit l'établissement des communications de commutateur à commutateur. Si nous maintenons l'exemple choisi plus haut, l'opérateur du pre-

¹⁾ Voir „Elektrotechnische Zeitschrift“, vol. VI, page 241.

mier commutateur devra écrire sur un billet: „III 321“ et expédier ce billet par un facteur à l'opérateur du 7^e commutateur qui par ce fait sera avisé de relier l'intercommunication N° 3 avec l'abonné 321. Le bruit des différents cris qui se croisent dans la salle est ainsi supprimé, mais le travail est ralenti et ce qu'on gagne d'un côté est perdu de l'autre. Cette solution ne peut donc non plus être regardée comme concluante et quand un réseau a atteint une fois 600 abonnés ou plus, il faut absolument songer à d'autres combinaisons plus efficaces. On a alors deux moyens à choisir: ou établir *plusieurs stations centrales*, ou construire les commutateurs d'après des principes tout nouveaux.

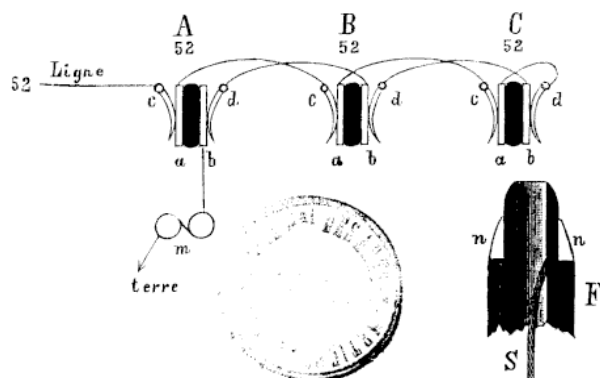
Très souvent on a eu recours à la première solution, et l'on a établi un plus ou moins grand nombre de stations centrales de 2 à 500 abonnés. Mentionnons comme exemple les réseaux de Paris et Berlin. Les stations centrales sont mises en relations entre elles par un nombre suffisant de fils d'intercommunication et plus de la moitié des communications doivent passer par deux stations centrales. Ce système présente plusieurs inconvénients graves. D'abord les communications par deux stations centrales sont considérablement ralenties et ensuite le service devient dispendieux, car outre le loyer pour un certain nombre de stations centrales on a à compter avec un personnel beaucoup plus nombreux parce qu'il est divisé en différents petits groupes et que le travail, pour un grand nombre de communications, est plus que doublé. Comme avantages de ce système nous n'en connaissons qu'un seul, c'est le gain que l'on fait sur le développement des lignes. La distance entre l'abonné et la station centrale la plus rapprochée est sensiblement plus courte que dans le cas contraire où il faut conduire tous les fils à un seul point central; malgré cet avantage réel, nous regardons le système d'une multiplicité de stations centrales comme une fausse route, et dans plusieurs Administrations, surtout aux Etats-Unis, on est revenu de ce système. En Suisse une seule ville, Zurich, appartenant autrefois à une Compagnie privée, possède deux stations centrales, mais nous pouvons ajouter que dans le cours de cette année l'une de ces stations sera supprimée malgré les grands frais d'environ fr. 130 000 que comporte cette modification pour remédier à un état de choses qui devient de plus en plus intolérable.

Reste à choisir un système convenable de commutateurs. En Allemagne on a essayé d'amener à chaque meuble d'annonceurs les springjacks de tous les abonnés qui sont en communication avec la station centrale. Admettons que le réseau ait 600 abonnés, il faudrait donc 12 meubles à 50 annonceurs et chacun de ces meubles serait muni de 600 springjacks. Le

système a deux points faibles. On peut bien mettre tel abonné en communication avec un autre dont la ligne aboutit à un meuble différent, mais on ne sait pas si cet autre abonné n'est pas déjà en communication avec un tiers; on établit donc la communication au pur hasard. Outre cela les meubles sont si spacieux dans toutes leurs dimensions qu'un seul, avec 600 springjacks, acquiert déjà des dimensions monstrueuses. Il faudrait donc, pour 600 abonnés, des locaux très étendus.

La vraie solution pour les grandes stations centrales a été trouvée dans le *commutateur multiple*. Il y en a de différents systèmes. Mentionnons d'abord le multiple *Perrin*, qui est construit pour un réseau de 800 abonnés. Chaque commutateur porte, à environ 85^{cm} de hauteur au dessus du plancher, une tablette supportant une série de 20 fiches avec leurs paires de cordes et des boutons de contact pour l'appel et pour l'intercalation du téléphone de l'opérateur. Au dessus de cette tablette s'élève un panneau rectangulaire qui est criblé de trous représentant les ouvertures de 800 springjacks. Tout en haut sont placés 100 annonceurs et un certain nombre d'annonceurs de fin de conversation. L'opérateur qui dessert un de ces commutateurs n'a qu'à s'occuper des abonnés dont les fils aboutissent à son commutateur. Le troisième commutateur, par exemple, dessert les abonnés 301 à 400. Quand un de ces abonnés appelle, le clapet de son annonceur tombe et l'établissement de la communication avec un abonné quelconque, par exemple avec le N° 27, se fait sans quitter la place et sans avoir recours à l'aide d'un autre opérateur. A cet effet les springjacks ont une construction toute spéciale; ils présentent chacun un trou dans lequel se trouve une tige qui en occupe la moitié du diamètre, dans le genre de la broche placée dans le trou des serrures à clef forée. Le cylindre à l'intérieur de chaque springjack se compose de deux lames métalliques isolées l'une de l'autre. Un ressort presse contre chacune de ces lames. La fiche destinée à entrer dans de pareils springjacks doit naturellement avoir la forme d'un tube. En entrant elle isole les deux lames et relie les ressorts entre eux. Les résultats de ces manipulations s'expliqueront mieux par la figure 34 ci-contre. Supposons le fil de l'abonné N° 52 entrant dans les springjacks 52 de trois commutateurs A, B et C (représentant un nombre quelconque de commutateurs consécutifs), les deux lames *a* et *b*, avec la partie isolante qui les sépare, représentent la tige placée au milieu du trou du springjack, *c* et *d* sont les ressorts qui, à l'état de repos, pressent contre ces lames, *m* est l'annonceur de l'abonné N° 52 et ne se trouve qu'au commutateur A, les springjacks N° 52 des autres commutateurs n'ayant point d'annon-

Fig. 34.



ciateurs. F est le bout d'une fiche tubulaire, le creux s'adaptant au diamètre de la tige juxtaposée. La partie noire de cette fiche est en ébonite ou autre matière isolante, *nn* est un anneau cône en métal et *s* est la corde métallique qui est en communication avec cet anneau. Quand l'abonné N° 52 appelle la station centrale, le courant passe par *Ac*, *Aa*, *Bc*, *Ba*, *Cc*, *Ca*, *Cd*, *Cb*, *Bd*, *Bb*, *Ad*, *Ab* et par l'annonceur *m* à la terre. Supposons que la fiche F soit entrée dans un des springjacks N° 52, que la corde passe par un annonceur de fin de conversation et aboutisse à une autre fiche qui est entrée par exemple dans le trou du springjack 761 d'un commutateur quelconque, alors les deux abonnés N° 52 et 761 sont reliés entre eux. L'anneau *nn* a supprimé le contact entre les ressorts *c* et *d* d'une part, et les lames *a* et *b* de l'autre, et a établi par contre le contact des deux ressorts entre eux. Supposons que la fiche soit poussée dans le springjack 52 du commutateur B. Le courant de l'abonné N° 52 passe alors par *Ac*, *Aa*, *Bc*, *n*, *s* et se dirige vers l'autre abonné. Le second chemin par *Bd*, *Cb*, *Cd*, *Ca*, *Cc* étant coupé en *Ba* qui est isolé. Il faut que l'opérateur à la station centrale ait un moyen de reconnaître qu'un abonné à appeler n'est pas déjà pris sur un autre commutateur. A cet effet il a une fiche d'essai qui se distingue de celle que nous avons figurée par le fait qu'au lieu d'un anneau *nn* elle n'a qu'un demi cercle *n*. La corde de cette fiche d'essai conduit à une sonnerie et à une pile et va ensuite à la terre. Quand l'opérateur veut s'assurer que l'abonné N° 52 n'est pas déjà engagé, il entre sa fiche d'essai dans un des springjacks N° 52, par exemple sur le commutateur C; le demi cercle *n* n'enlève que le ressort *d* et le met en contact avec la sonnerie et la pile. Le courant de la pile passe alors par la sonnerie *s*, *n*, *Ca*, *Cc*, *Ba*, *Bc*, *Aa*, *Ac* et appelle l'abonné N° 52; mais si l'abonné 52 est déjà pris, si par exemple une fiche est placée dans le spring-

jack A 52, le circuit d'essai est coupé entre *Aa* et *Ac*, la sonnerie reste muette et l'opérateur est ainsi informé que pour le moment l'abonné N° 52 n'est pas disponible. Cet arrangement présente certains avantages sur d'autres. D'abord il ne demande pas un fil spécial pour l'essai, ensuite avec l'essai on appelle en même temps l'abonné, s'il est libre; enfin les abonnés en communication entre eux ne sont aucunement gênés dans leur conversation par des essais faits sur leurs springjacks. Par contre le système présente un inconvénient; il faut retirer la fiche d'essai du springjack et la remplacer par la fiche définitive. Mais on pourrait obvier à cet inconvénient en construisant une fiche qui réponde aux deux usages.

Avec une légère modification, M. Perrin a adapté aussi un système de multiple à des réseaux construits d'après le principe des circuits métalliques. (Paris, Belgique, Espagne.)

Un autre système multiple est celui de M. Greenfield¹⁾ où les annonceurs sont remplacés par 17 récepteurs téléphoniques, représentant 102 abonnés qui, par des tubes acoustiques, sont mis en communication avec l'opérateur de la station centrale. Ce système ne s'adapte guère à des réseaux dont le nombre d'abonnés dépasse 800.

Le *Nashville multiple* est une autre solution du problème des commutateurs pour grandes stations centrales, et comme il présente certains avantages sur les autres et a été adopté pour les grands réseaux suisses (Genève, Zurich, Bâle), nous allons donner une description plus détaillée de ce système. Dans la courte période de son existence il a déjà parcouru plusieurs phases; sa dernière forme est représentée par la figure 35. Sur son devant, il présente deux assises *a* et *b* et une grande façade verticale *c*. L'assise *a* supporte de 32 à 40 leviers de contact dont la position de repos est verticale et qui, inclinés, intercalent le téléphone de l'opérateur de la station centrale dans la ligne de l'abonné. (Le premier levier de contact de la série droite est incliné, tandis que tous les autres sont droits ou en position de repos.) Devant les leviers de contact sont placés les boutons d'appel; il y en a une paire pour chaque levier. La partie comprise entre les deux assises est munie de 200 annonceurs formant 4 groupes de 50 et sous chaque groupe il y a dix annonceurs de fin de conversation; donc sur 200 abonnés 34 à 40 peuvent au besoin être mis simultanément en communication avec d'autres, c'est-à-dire que 40 % de tous les abonnés pourraient utiliser le téléphone simultanément. Sur

¹⁾ Voir: Dr. Wietlisbach, die Technik des Fernsprechwesens, page 225.

l'assise *b* logent de 34 à 40 paires de fiches à cordes (ces dernières se voient en dessous de l'assise *a*, alourdies par des poids à poulie). Au dessus de ces fiches, on remarque d'abord 200 springjacks arrangés en 4 groupes de 50. Ce sont les springjacks des 200 abonnés qui sont directement reliés au commutateur multiple en question. Si c'est le premier commutateur, ce sont les abonnés 1 à 200. Au-dessus des springjacks appartenant aux abonnés propres du commutateur sont placés les springjacks généraux, c'est-à-dire de tous les abonnés du réseau, y compris ceux du commutateur représenté. Le dessin montre 1200 de ces springjacks, ce qui correspond à un réseau de 1200 abonnés au maximum, mais on voit qu'il reste encore de la place pour 1800 autres springjacks, le système s'adapte donc à des réseaux allant jusqu'à 3000 abonnés. En *dd* sont suspendus deux microphones Blake pour les opérateurs qui desservent pendant les heures de la plus grande fréquence les 200 abonnés du commutateur. Pendant les heures plus tranquilles, un opérateur par commutateur suffit. La suspension des microphones est arrangée de telle façon que ces derniers soient abrités contre des secousses involontaires et puissent être montés ou descendus suivant la taille des opérateurs. Certaines communications sont figurées comme établies. En supposant toujours que nous ayons devant nous le premier commutateur, l'abonné 27 est mis en communication avec 1147, 55 avec 629, 62 avec 236, 145 avec 632, 177 avec 715, 184 avec 449. Les clapets ne sont pas encore relevés. La communication entre 62 et 236 est figurée dans l'état où le clapet de fin de conversation est déjà tombé, et la communication entre 145 et 632 dans le moment où la station centrale communique encore avec les deux abonnés. Pour toutes les autres communications, la station centrale s'est déjà exclue.

Chaque fiche est garnie à sa base d'un anneau en laiton qui communique avec le conducteur dans la corde. Quand la fiche est en repos à sa place, son anneau en laiton fait contact avec un tube cône du même métal qui garnit le fond du trou dans lequel la fiche repose. Ce tube cône étant en communication avec la terre, la fiche, c'est-à-dire la corde qui y aboutit, est constamment en communication avec la terre aussi longtemps que la fiche reste en repos à sa place. Aussitôt qu'on enlève la fiche pour l'introduire dans un springjack quelconque, sa communication avec la terre est supprimée automatiquement par le seul fait du mouvement de la fiche.

Fig. 35.

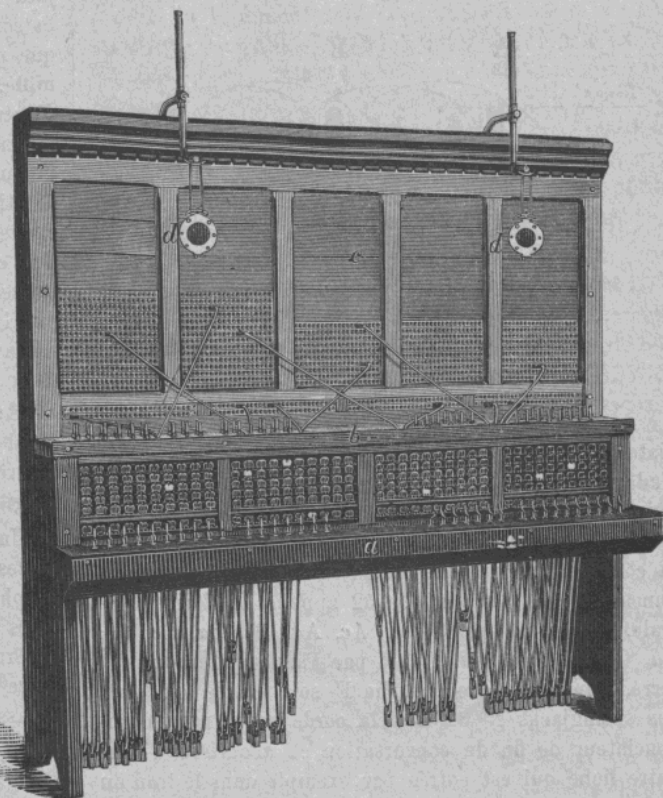
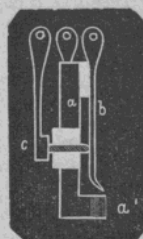


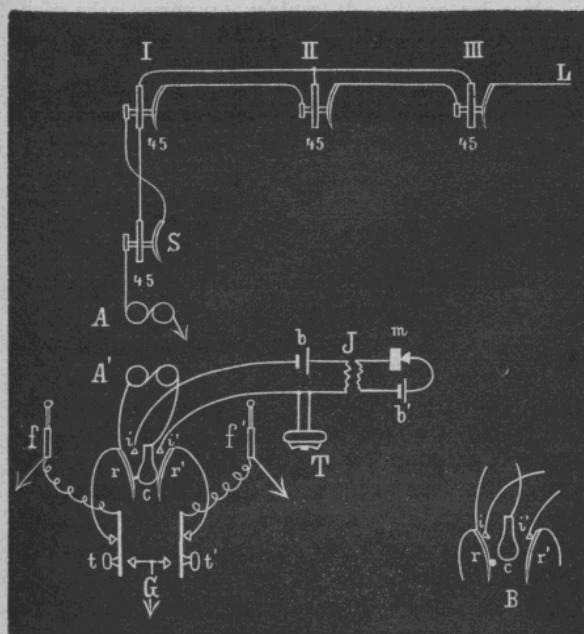
Fig. 36.



Chaque springjack se compose de trois parties essentielles dont la figure 36 donne en principe les détails; *a* est le massif qui en *a'* s'élargit de telle façon qu'on peut y appliquer le trou par lequel on entre la fiche, *b* est un ressort qui, à l'état de repos, presse contre la vis *c*. Les parties blanches sont des isolants. En arrière ces trois parties ont des rallonges auxquelles viennent se souder les fils conducteurs. La partie *a* est isolée des autres, la partie *b* fait contact avec *c*. Quand on entre une fiche par la partie *a'*, cette fiche fait contact avec *a* et *b* tandis que *c* est isolé.

Dans la figure 37, la forme des springjacks est un peu simplifiée; I, II et III représentent le même numéro de springjack de trois différents commutateurs. Le nombre des commutateurs n'est pour rien dans la question, car pour un nombre plus grand les communications représentées se répètent simplement, L est l'entrée de la ligne d'un abonné, disons N° 45; tous les springjacks généraux figurés portent donc le N° 45. En S est le springjack 45 de l'abonné et son annonceur A, qui communique avec la terre (flèche = terre). Tous les

Fig. 37.



massifs *a* des springjacks 45 sont reliés entre eux. Le fil de l'abonné entre dans le ressort *b* du dernier commutateur, passe par la vis *c* au ressort *b* de l'avant-dernier commutateur et ainsi de suite jusqu'à ce que la vis *c* du premier commutateur soit mise en communication avec le ressort *b* du springjack de l'abonné même. Si le numéro de l'abonné est entre 1 et 200, ce springjack se trouve sur le premier commutateur, pour tous les autres numéros il est à chercher ailleurs; ainsi, pour le N° 1521 il faut, après être arrivé avec le fil de l'abonné au premier commutateur, retourner avec le fil au 8^e commutateur pour trouver le propre springjack de l'abonné. Cela nous facilite le calcul du nombre de fils à établir entre les commutateurs. Pour huit commutateurs il y a à chaque commutateur 1600 springjacks généraux, donc 3200 fils; mais il faut revenir aux springjacks des abonnés, entre le 1^{er} et le 2^e commutateur avec 1400, entre le 2^e et 3^e avec 1200 et ainsi de suite; donc si nous indiquons par des chiffres romains les commutateurs et par des chiffres arabes les nombres des fils passant d'un commutateur à l'autre, nous obtenons la figure suivante:

I 4600 II 4400 III 4200 IV 4000 V 3800 VI 3600 VII 3400 VIII.

La manipulation du commutateur s'explique aussi par la figure 37. A' est un annonceur de fin de conversation, F et F' représentent la paire de fiches en rapport avec cet annonceur A, *t* et *t'* sont les boutons d'appel, G est une source quelconque d'électricité, *c* est le con-

tact du micro-téléphone de l'opérateur. A l'état de repos, le contact *c* presse contre les deux ressorts *r* et *r'*, mais *r* est garni d'une saillie isolante et ne peut donc pas faire contact avec *c*; les points de contact *i* et *i'* sont isolés des ressorts *r* et *r'*. Quand l'opérateur veut s'intercaler dans le fil d'un abonné, il donne au contact *c* la position figurée en B; alors *i* est en contact avec *r* et *i'* avec *r'*, tandis que *c* est isolé. T est le récepteur téléphonique de l'opérateur, *b* une pile d'essai, J la bobine d'induction, *m* le microphone et *b'* la pile du circuit microphonique.

Supposons que l'abonné N° 45 appelle la station centrale. Le courant passe par tous les commutateurs et l'annonceur A et va à la terre; le clapet A tombe. L'opérateur prend l'une quelconque des fiches (F), l'entre dans le springjack S' et donne en même temps au contact *c* la position B. Alors le fil de l'abonné N° 45 passe par S, F, *t*, *r*, *i*, *b*, J, T, *i'*, *r'*, *t'*, F' à la terre parce que F' est encore en repos. L'abonné N° 45 et l'opérateur sont reliés entre eux, N° 45 demande communication avec N° 821. Alors l'opérateur prend la seconde fiche F' de la paire et essaie de l'introduire dans le springjack 821. Si l'abonné 821 est déjà pris sur un autre commutateur il entend dans son récepteur, au moment où il touche la partie A du springjack, un faible craquement provenant de la pile d'essai *b*; mais si ce craquement ne se fait pas entendre il peut introduire la fiche, l'abonné 821 étant libre. Par l'abaissement du bouton *t'*, l'opérateur sonne l'abonné N° 821, et quand ce dernier répond l'opérateur et l'abonné N° 45 l'entendent à la fois et le premier s'exclut, intercalant à sa place l'annonceur de fin de conversation A. Le lecteur aura remarqué que l'opérateur s'intercale comme station intermédiaire entre les deux abonnés et non pas sur une bifurcation à la terre.

Il faut une certaine attention de la part de l'opérateur pour bien distinguer le signal qui indique si l'abonné est libre ou non, car le craquement dans le téléphone se produit à plusieurs reprises, d'abord quand on intercale le téléphone, ensuite quand on enlève la fiche de son trou, une troisième fois quand on touche le massif du springjack si l'abonné est déjà pris ou quand on entre le springjack si l'abonné n'est pas pris, une quatrième fois quand on appelle l'abonné demandé, une cinquième fois quand on lâche le bouton d'appel, et finalement une sixième fois quand on s'exclut du circuit des deux abonnés.

L'établissement des fils de communication entre les commutateurs multiples est une grosse besogne qui demande beaucoup de travail et d'attention. Pour que le lecteur puisse se rendre compte de ce montage, il faut s'imaginer être placé derrière les multiples; on

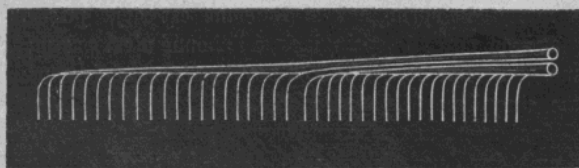
voit alors les lames de contact de tous les springjacks avec leurs œillets (fig. 36). Le derrière de chaque commutateur est divisé comme le devant en cinq compartiments séparés par des cloisons. Ces cloisons et les parois des multiples jouent un rôle important dans la conduite et la fixation des nombreux fils.

On commence le montage par les fils qui, dans chaque commutateur, réunissent les springjacks des abonnés avec les springjacks généraux portant les mêmes numéros, car ce montage est indépendant du montage général et souvent il est, par cette raison, déjà achevé par le fournisseur. Toutes les lames à œillets forment des couches horizontales, et chaque série horizontale de springjacks possède 2 couches horizontales de lames à œillets. La couche inférieure se compose des contacts *a*, la couche supérieure des contacts *b* et *c*; les springjacks des abonnés forment donc 4 couches de lames, les springjacks généraux 60 couches, si les commutateurs sont montés pour 3000 abonnés.

Au lieu de simples fils isolés on se sert, pour le montage, de câbles à 21 fils (le 21^e fil comme réserve). Ces câbles ont un diamètre de 11 1/2 à 12 mm. Les 21 fils sont entourés de six couches différentes; de l'intérieur à l'extérieur on rencontre, 1^o une spirale serrée de fils de coton, 2^o du papier paraffiné, 3^o une enveloppe en feuilles de plomb, 4^o du papier paraffiné, 5^o une spirale serrée en fils de coton, 6^o un tissu épais en coton, le tout soigneusement imprégné de paraffine. Chaque fil à l'intérieur de cette enveloppe sextuple est isolé par deux spirales serrées en fil de coton paraffiné. Le 1^{er} fil est rouge et blanc, le 10^e rouge et le reste blanc. Cette variation de couleurs facilite la reconnaissance des fils. Le fil de cuivre nu a un diamètre de 0 mm,6.

On commence par l'introduction des câbles pour les contacts *b* des springjacks des abonnés. A cet effet, on introduit de chaque côté de chaque commutateur 5 câbles qui vont jusqu'au milieu du commutateur et se bifurquent comme les dents d'un peigne, voir fig. 38.

Fig. 38.



Chaque câble sortant du commutateur est courbé en bas et conduit dans un canal en bois le long des commutateurs jusqu'au premier commutateur où l'attache ne peut se faire que plus tard. Après avoir soudé les

points de contact *b* de tous les springjacks des abonnés, on place les couches de contact des springjacks généraux en commençant par la couche inférieure.

Chaque cloison *a*, à la hauteur d'une paire de couches de contact, 4 trous horizontaux par lesquels entrent les câbles desservant ces deux couches. Pour monter la couche inférieure, on entre par chacune des cloisons du dernier commutateur un câble qui s'attache aux 20 contacts de ce compartiment et descend le câble directement dans le canal pour le relever à la cloison de l'avant-dernier commutateur où on l'attache aux contacts *a* portant les mêmes numéros. Ici on entre de nouveaux câbles, qui sont conduits au commutateur à côté, et ainsi de suite jusqu'au 1^{er} commutateur. Les œillets ont donc à recevoir deux fils, mais dans certains cas trois ou seulement un. Par les communications *a*, deux trous horizontaux dans les cloisons sont occupés, les deux autres restent pour les contacts *b* et *c*. Les contacts *b* du dernier commutateur sont mis en communication avec les lignes des abonnés, les contacts *c* avec les contacts *b* de l'avant-dernier commutateur, et ainsi de suite jusqu'au premier. Arrivé ici, il faut attacher aux contacts *c* du premier commutateur les câbles qui, en attendant, ont été posés dans le canal. Pour la seconde couche, il faut à cet effet relever les câbles qui arrivent des springjacks des abonnés N^{os} 81—100, 181—200, 281—300, 381—400 et 481—500. Les couches suivantes se montent comme la première et la seconde couche.

Puisque tous les câbles, aussitôt qu'ils quittent les lames de contact, sortent ou par les cloisons ou par les parois des commutateurs et descendent verticalement dans le canal commun il n'y a, malgré le grand nombre de fils et de soudures, aucun encombrement. Derrière chaque paire de parois et derrière chaque cloison, il se forme une colonne verticale de câbles qui trouve sa continuation dans le canal commun, et après le montage il est possible d'arriver par derrière aux springjacks.

Le montage d'une station centrale pour 1600 abonnés demande de 5 à 6 mois, et la longueur des câbles à 20 fils nécessaires dépasse 6 kilomètres.

Deux *dérangements* se sont jusqu'à présent manifestés dans les commutateurs multiples; le premier est un contact continu entre le massif d'un springjack et la ligne de l'abonné, et le second le manque de contact dans un springjack entre le ressort et la vis (*b* et *c*). Le premier dérangement fait croire qu'une ligne est continuellement occupée; pour localiser ce dérangement, on isole la ligne dérangée au parafoudre et on introduit au springjack général du dernier commutateur une fiche en ébonite en faisant l'essai avec le téléphone au pre-

mier. On avance avec la fiche en ébonite vers le premier commutateur, et là où cesse le craquement dans le téléphone se trouve le springjack dérangé.

Le second dérangement se manifeste par l'interruption de la ligne de l'abonné. Pour le localiser, on isole la ligne au parafoudre; on entre ensuite dans le springjack du dernier commutateur une fiche qui touche le ressort sans le séparer de la vis et on avance vers le premier. Cette fiche d'essai est en communication avec la terre à travers une pile. Quand le clapet tombe au moment où l'on insère la fiche d'essai dans le springjack du commutateur n , alors le springjack du commutateur $n+1$ est en défaut. Si l'on n'arrive pas à faire tomber le clapet, c'est le springjack de l'abonné qui est en défaut.

Pour les stations centrales, surtout quand elles ont un grand nombre d'abonnés à desservir, le choix du système d'appel et des transmetteurs et récepteurs devient une question importante. L'appel avec générateur est peu commode parce qu'il engage les deux mains de l'opérateur, l'une par la manivelle, l'autre par le bouton de contact; il faut donc faire abstraction de ce système. L'inverseur de courant que nous avons décrit en 1883¹⁾, associé aux deux piles, remplace ce générateur et peut à la rigueur suffire pour les stations centrales les plus grandes, mais les courants lancés sur les fils des abonnés sont saccadés, pénètrent par ce fait presque partout et sont désagréables pour l'oreille des abonnés. Pour perfectionner le système d'appel, l'Administration des télégraphes suisses a établi à Genève un moteur à eau d'une force de $\frac{1}{8}$ de cheval, qui actionne un générateur magnéto-électrique assez puissant pour desservir 1600 abonnés, soit pour appeler simultanément sur 16 à 20 fils. L'armature du générateur fait 900 tours à la minute et consomme par jour de 7 à 8 mètres cubes d'eau à 5 centimes, de sorte que la dépense de ce chef atteint par jour de 35 à 40 centimes. Ce système d'appel répond très bien à toutes les exigences du service et ne peut guère être amélioré.

Quant aux systèmes micro-téléphoniques, la question principale consiste à se décider pour des appareils fixes ou mobiles. Le système le plus mobile est le micro-téléphone représenté par la figure 39, qui se compose d'un transmetteur Edison à pastille de charbon et d'un récepteur Bell réunis entre eux par l'aimant de ce dernier et attaché au commutateur par un cordon triple ou quadruple. Ce système est encore aujourd'hui l'un des meilleurs; il porte à la fois le récepteur à l'oreille et le transmetteur devant la bouche de l'opérateur et laisse ce dernier complètement libre dans ses allures, mouvements et positions. Les seuls défauts que ce système présente, c'est que le micro-téléphone est trop

Fig. 39.



lourd, que la reproduction de la parole par le transmetteur Edison, quoique nette, est trop faible et que le cordon se recoquille trop souvent. Un second système est celui du microphone fixe ou mi-fixe et du récepteur mobile. Le système fixé à la tête par un ressort courbé est à rejeter, car, d'après notre expérience personnelle, il ne convient pas aux téléphonistes du sexe féminin. Reste le récepteur à porter à l'oreille par la main gauche. Un récepteur léger comme le „Pony“, le „téléphone montre“ ou tout autre système analogue convient le mieux. En Suisse, on combine le téléphone récepteur de telle façon avec la pile du microphone que cette pile est fermée au moment où l'opérateur enlève le récepteur de son assise. De cette façon, on n'est pas obligé de se servir de piles Daniell, et le service de la station centrale est considérablement allégé. Comme microphone fixe ou mi-fixe, c'est-à-dire pouvant être haussé ou abaissé au moyen d'une vis, les microphones Berliner à granules de graphite, Theiler et Blake, sont également recommandables. Pour réduire les dimensions de ces microphones, il faut placer les bobines d'induction à part.

Le système dans lequel le téléphone et le microphone sont fixes ne convient pas et devrait être abandonné.

Le montage des stations centrales pour circuit métallique a déjà été mentionné. Il devient une nécessité dans tous les réseaux où les abonnés sont reliés à la station centrale par deux fils, à l'exclusion de la terre. Tout système de commutateur peut être modifié pour qu'il réponde à cette nouvelle exigence. M. Ternant a, dans le *Journal télégraphique*, vol. VI, pages 26 et suivantes, publié une description détaillée des stations centrales de Paris qui sont établies d'après ce système. Les fiches sont doubles de même que les cordons et springjacks, mais on peut aussi résoudre le problème par d'autres arrangements plus simples, parmi lesquels nous mentionnons spécialement celui de M. Perrin, dont nous avons décrit plus haut le commutateur multiple. Un disque en métal placé devant chaque springjack et

¹⁾ *Journal télégraphique*, vol. VII, page 142.

une petite modification de la fiche suffisent pour adapter la station centrale aux circuits doubles.

f. Plusieurs stations sur un seul fil.

Le système actuel consistant à desservir chaque abonné d'un réseau téléphonique par un fil spécial (dans certains réseaux même par un double fil) est luxueux. Il y a certainement des abonnés qui utilisent leur fil presque continuellement, mais la moyenne dépasse rarement dix conversations par fil et par jour, de sorte que la plupart du temps les fils sont inoccupés et qu'ils ne rendent pas même le dixième du travail qu'ils pourraient rendre. Le contraste avec les fils télégraphiques est frappant; ces derniers sont souvent utilisés jusqu'à la dernière limite. On y travaille avec des appareils multiples et rapides pour épuiser plus complètement leur capacité, tandis que les fils téléphoniques des abonnés restent muets pendant les neuf dixièmes du temps. Cet état de choses nous rappelle une fois de plus que la téléphonie est encore dans son enfance et que, dans cette direction aussi, d'importantes améliorations sont à réaliser.

On a étudié à diverses reprises le moyen de mettre plusieurs abonnés sur un seul fil, et nous avons des solutions par différents inventeurs parmi lesquels nous mentionnons spécialement les frères Connolly et M^c Tigh, Leduc, Bartelous, Österreich, Elsasser, Zetzsche, Ericsson, Cedergrén, Paul, Carey, Barret, Rosebrugh, Hartmann et Braun, Stephen. En télégraphie rien de plus simple que de mettre plusieurs stations sur le même fil, mais en téléphonie la situation est complètement changée, les abonnés ne sont pas des employés auxquels on peut donner des instructions spéciales. On ne peut pas les ennuyer avec des appels qui ne les concernent pas; l'abonné demande que sa conversation ne puisse pas être surprise par d'autres abonnés du même fil; toutes ces conditions, qui exigent des arrangements compliqués, n'existent pas pour le télégraphe. Il faut pour les téléphones des installations qui rappellent un peu ce qui en télégraphie est indiqué par „appel individuel“ ou „rappel des bureaux“¹⁾, et en effet plusieurs des inventions qui ont été faites pour résoudre ce problème de la téléphonie, ont emprunté les principes fondamentaux des dits arrangements télégraphiques. Une bonne solution serait d'un grand avantage pour la téléphonie. On pourrait d'abord diminuer le grand nombre de fils qui, dans les villes, se croisent dans toutes les directions au-dessus des toits, ou avec le même nombre de fils desservir un nombre beaucoup plus grand d'abonnés. Ensuite on pourrait facilement

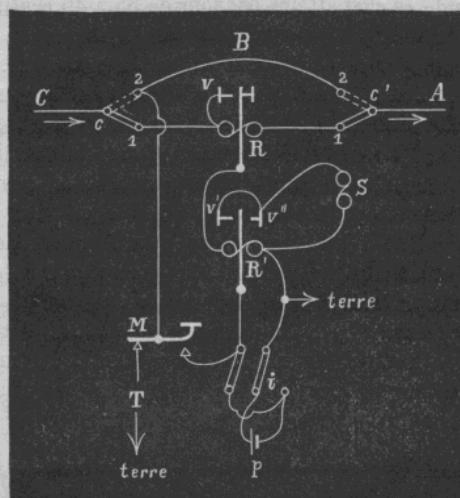
desservir par un seul fil les villages qui environnent les centres de population.

Les conditions que doit remplir un bon système d'appel individuel sont les suivantes: 1° la station centrale doit pouvoir appeler chaque abonné sans que les autres abonnés placés sur le même fil soient dérangés; 2° chaque abonné doit pouvoir appeler la station centrale sans déranger les autres abonnés; 3° quand un abonné est en communication avec la station centrale ou par l'intermédiaire de celle-ci avec un autre abonné, il devra être impossible aux autres abonnés, placés sur le même fil, d'épier ou d'interrompre la conversation; 4° deux abonnés placés sur le même fil doivent pouvoir converser entre eux.

Les solutions proposées peuvent être groupées en trois catégories, la première se restreint à deux abonnés sur un même fil ou quatre sur un fil double, la seconde à un fil qui, sans station, court jusqu'à un point plus ou moins éloigné de la station centrale et de ce point rayonne vers un nombre indéterminé d'abonnés (étoile) et la troisième catégorie comprend les systèmes d'après lesquels un nombre indéterminé d'abonnés est échelonné le long d'un fil (chapelet).

La solution qui consiste à placer deux abonnés sur un fil et à pouvoir appeler chacun d'eux à volonté est relativement simple aussi longtemps qu'il ne s'agit que du rappel. Il ne faut que munir les deux abonnés de relais polarisés dont l'un répond aux courants positifs, l'autre aux courants négatifs. Mais aussitôt qu'on veut remplir les autres conditions d'un bon appel individuel la chose se complique un peu. Nous reproduisons ci-après la solution de MM. Grassi et Beux avec quelques petites modifications que nous y avons introduites. La figure 40 représente la station intermédiaire B.

Fig. 40.



¹⁾ Voir *Journal télégraphique*, vol. IV, page 757 et suivantes.

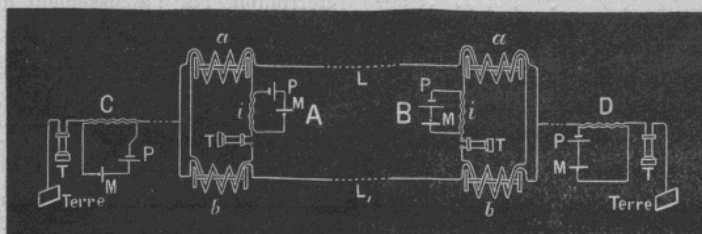
Dans la direction de C est situé la station centrale, dans la direction de A la station de l'autre abonné A. La position de repos des deux commutateurs c et c' est sur 1. Un courant positif, venant de la station centrale et parcourant la ligne dans la direction des flèches traverse le relais polarisé R, mais il n'agit pas sur son armature tandis qu'il actionne l'armature du relais de la station A qui ferme le circuit local de la sonnerie. Un courant négatif, venant de la station centrale, n'agit pas sur l'armature du relais en A, mais sur celle du relais R dans la station B, cette armature fait alors contact avec la vis v et ouvre au courant un chemin plus court à la terre par l'armature de R et le relais polarisé R'. L'armature du relais R' est attirée vers la gauche et en faisant contact avec la vis v' ferme le circuit local de la pile p et actionne ainsi la sonnerie d'appel s .

Le relais polarisé de la station centrale répond à un courant négatif. Si donc A veut appeler C, il place son inverseur de pile de telle façon que le courant négatif se dirige de A vers C. Ce courant n'a, comme nous l'avons vu plus haut, aucune influence sur l'armature du relais R de la station B. Par contre la station A peut appeler B par un courant positif. En B l'armature du relais R s'incline alors vers la vis v et le courant s'écoule à la terre par le relais R'. On remarque bien que dans le relais R' ce courant marche en sens opposé à celui qui le traverse quand C veut appeler B, l'armature de R s'incline donc vers la vis v'' et ferme ainsi le circuit de la sonnerie d'alarme s . La station B place d'abord le commutateur c sur 2 quand elle veut appeler A et en plaçant son inverseur de pile i convenablement, envoie au moyen du manipulateur M un courant négatif vers C ou positif vers A. La première condition de l'appel individuel est ainsi satisfaite. On reconnaît facilement que c'est aussi le cas pour les autres. Quand A parle avec C, la station B ne pourrait intercaler son micro-téléphone T qu'en interrompant la ligne vers A ou C', car les deux commutateurs c et c' sont combinés de telle façon qu'on ne peut les placer à la fois sur le point 2, et quand B parle avec l'une ou l'autre station extrême le circuit est toujours interrompu en sens opposé.

L'armature du relais R ne retourne pas d'elle-même contre le butoir de repos quand elle a été inclinée vers la vis v , la station B est donc obligée de la ramener à la position de repos au moyen d'un bouton. L'armature du relais R' est munie d'une aiguille visible qui incline vers la gauche ou vers la droite suivant la direction d'où vient l'appel et indique ainsi à B quelle station veut lui parler.

Sur de longues distances, par exemple pour relier deux réseaux téléphoniques entre eux, on emploie souvent un second fil comme fil de retour au lieu de la terre (Paris-Bruxelles). Les raisons qui ont suggéré ce système à double fil seront discutées en détail quand nous parlerons de l'induction. Pour le moment nous ne parlons de ces circuits métalliques qu'au point de vue de l'emploi d'un seul circuit double pour l'utilisation simultanée de deux communications téléphoniques. Plusieurs inventeurs, parmi lesquels nous mentionnons spécialement MM. *Elsasser*, le Dr. A. M. *Rosebrugh*, J. A. *Barrett* et J. J. *Curry* se sont occupés du problème et ont publié des solutions qui se ressemblent tellement qu'il faut les regarder comme une seule invention. La question de la priorité est épineuse et nous n'essaierons pas de la résoudre. La figure 41 montre l'installation de quatre stations téléphoniques sur un circuit double. Tandis qu'A communique avec B, C peut aussi communiquer avec D. LL_1 est le circuit double. Les deux stations A et B ne sont pas en communication directe avec ce circuit, mais y sont reliées par les deux bobines d'induction a et b . On appelle ces bobines *translateurs*. Quand l'abonné A parle contre son microphone M, les courants d'induction engendrés dans la bobine d'induction i traversent les fils primaires des deux translateurs a et b et engendrent dans les fils secondaires de ces translateurs, qui font partie du circuit métallique LL_1 , des courants tertiaires, qui dans les deux parties de LL_1 ont des directions opposées. A la station B, ces courants tertiaires se transforment dans les translateurs a et b en courants quaternaires qui traversent le téléphone. Au milieu, entre les translateurs de la station A, est attaché au circuit métallique LL_2 un fil allant par la station téléphonique C à la terre. La même chose se répète à

Fig. 41.



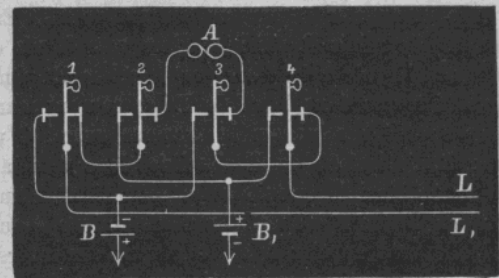
l'autre extrémité du circuit métallique avec la station D. Les courants engendrés par ces deux stations traversent aussi le circuit métallique LL_1 , mais ils ont en L la même direction qu'en L_1 ; ils influencent donc dans le même sens les transformateurs a et b des stations A et B, et par conséquent il ne peut pas se produire de courant dans les téléphones de ces deux stations. Le principe en vertu duquel les quatre stations peuvent fonctionner simultanément sans qu'il se produise aucun dérangement, repose donc sur la différence des courants; A et B produisent des courants circulaires dont une partie minime seulement se perd en terre, tandis que C et D engendrent des courants qui se bifurquent sur les deux parties du circuit LL_1 , les traversent en même sens et retournent par la terre. Les translateurs doivent être équilibrés très exactement, et dans ce but leurs noyaux sont mobiles pour renforcer ou affaiblir les effets de l'un ou de l'autre, si la balance est dérangée par l'inégalité des résistances des fils L et L_1 ou par une autre cause quelconque. Un inconvénient qui s'attache à ce système c'est l'impossibilité de placer deux circuits métalliques, soit quatre fils, sur les mêmes poteaux, car alors le mélange des signaux atteint un tel degré qu'on comprend sur un circuit tout ce qui se dit sur l'autre. C'est pour cette raison que nous n'avons pas grande confiance dans le développement en quadruplex qu'on a donné au système, en réunissant à leurs extrémités deux circuits métalliques par des lacets dans lesquels la 5^e et 6^e station sont intercalées au moyen de translateurs; les fils allant à la terre sont attachés entre les translateurs et passent par la 7^e et 8^e station. Le duplex fonctionne sur un circuit métallique entre New-York et Philadelphie sur une distance de 150 km., et d'autres essais faits entre Toronto et Hamilton, au Canada, distance 64 km., ont aussi réussi, tandis qu'entre Mayence et Francfort on a dû abandonner ces expériences.

L'arrangement reproduit par la figure 41 n'est que la dernière phase de cette combinaison. L'invention avait d'ailleurs des précédents, moins parfaits, il est vrai, mais qui n'en présentent pas moins un certain intérêt. Ainsi M. Elsasser n'établissait d'abord aucune communication directe entre le lacet et la terre, mais intercalait un condensateur à chaque bout de la ligne double. D'un autre côté M. Rosebrugh laissait de côté les translateurs et munissait d'hélices différentielles les téléphones intercalés directement dans le lacet. Chaque téléphone des deux stations A et B avait donc deux hélices et au milieu entre elles était attaché le fil allant par la station C ou D à la terre. L'effet est le même que dans la figure 41. Ces courants engendrés

par C ou D agissent en sens opposé sur les deux hélices de A ou B et par conséquent ces téléphones restent muets; mais si l'on parle entre le microphone de A ou B il se produit des courants circulaires qui ne peuvent pas entrer dans les téléphones C et D.

Une autre combinaison, imaginée également pour des circuits téléphoniques à deux fils, a pour auteur M. Ader de Paris. D'après ce système, quatre stations indépendantes d'abonnés peuvent être intercalées sur un circuit double. A l'état de repos le lacet est complet à la station centrale et déchiré, c'est-à-dire en communication avec la terre, au milieu des 4 abonnés. Quand la station centrale veut appeler l'un ou l'autre des 4 abonnés, elle interrompt l'un des deux fils et envoie dans l'autre un courant positif ou négatif qui, suivant la ligne choisie et la direction du courant, agit sur l'un des quatre relais. Quand un abonné décroche son téléphone le lacet devient complet partout, la terre est exclue et la conversation téléphonique peut suivre son cours régulier. Tout cela se comprend mieux à l'aide des figures 42 et 43.

Fig. 42.

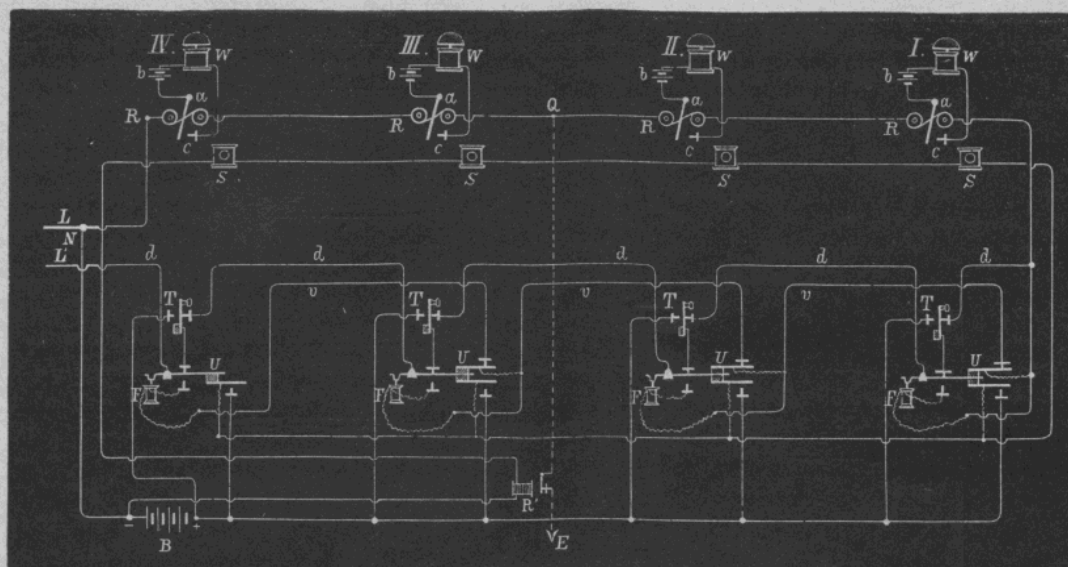


Le dessin N° 42 représente les 4 boutons d'appel 1 à 4 de la station centrale. A est l'annonceur qui se met en fonction quand l'une des 4 stations de la figure appelle. Après l'appel, la station centrale intercale à sa place un micro-téléphone. L et L_1 sont les deux fils du lacet ou du circuit double, B et B_1 deux piles d'appel. Un courant arrivant par L traverse les boutons d'appel 4, 3, l'annonceur A, les boutons d'appel 2, 1 et retourne par L_1 à son lieu d'origine. Quand la station centrale abaisse le bouton d'appel 1, un courant négatif est lancé sur la ligne L_1 et L est interrompu. Par l'abaissement du bouton 2 un courant positif entre sur L_1 . De même des courants négatifs et positifs sont lancés sur la ligne L par les manipulateurs 3 et 4.

La figure 43 ¹⁾ montre la combinaison des 4 stations d'abonné I à IV, intercalées dans le lacet LL_1 .

¹⁾ Cette figure est empruntée à un article de M. Elsasser dans „Elektrotechnische Zeitschrift“, vol. VII, page 80.

Fig. 43.



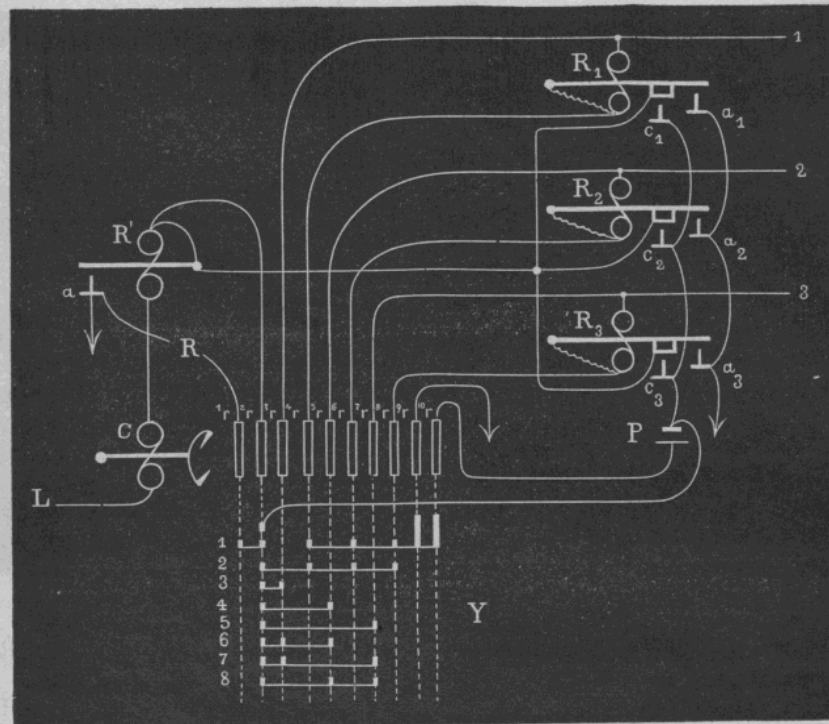
Chacune de ces stations se compose d'un appareil micro-téléphonique indiqué pour plus de simplicité par un téléphone F, d'un commutateur automatique U, d'un bouton d'appel T, d'un avertisseur S, d'un relais polarisé R, d'une sonnerie d'appel W et d'une pile locale b . Outre cela les 4 stations ont encore en commun un relais R' et une pile B. L'appel émanant de la station centrale parcourt le circuit suivant: Quand le courant 1 est abaissé, un courant négatif arrive sur L_1 et traverse d'abord tous les commutateurs automatiques U et boutons d'appel T des 4 stations d'abonnés et les fils d , ensuite il traverse les relais R des deux stations I et II et par le point Q et l'armature du relais R' il trouve la terre par laquelle il retourne à son point d'origine. Des relais R des deux stations I et II, celui de la station I répond à des courants négatifs, l'autre à des courants positifs; à la station I le circuit de la pile locale b est donc fermé et la station est appelée. Quand la station centrale presse le bouton 2, le courant parcourt absolument le même chemin, mais il est positif et actionne par conséquent le relais de la station II. Par l'abaissement des boutons 3 ou 4 à la station centrale, des courants négatifs ou positifs sont lancés sur L, traversent les relais des stations d'abonné III et IV et retournent par Q à la terre. Le courant négatif actionne le relais de la station III, le courant positif celui de la station IV. L'une quelconque des 4 stations d'abonnés qui est appelée, disons III, décroche son téléphone et par ce mouvement change complètement les communications. Il s'établit d'abord un contact entre le pôle positif de la pile B et la lame inférieure

du commutateur automatique, et par ce contact un courant émanant de cette pile s'établit et traverse les quatre avertisseurs S. Par ce courant un double but est atteint. D'un côté l'armature de R' est attirée et la communication du système avec la terre interrompue, de l'autre côté tous les avertisseurs qui montraient auparavant un disque avec inscription „libre“ portent à sa place un autre disque avec l'inscription „occupé.“ Le lacet est complet, sans terre des deux côtés. Le courant arrivant de la station centrale par L passe par les 4 relais, les commutateurs automatiques U et les fils v des stations I et II, le micro-téléphone F de la station III, le fil d entre III et IV, le bouton T et le commutateur U de la station IV et retourne par le fil L_1 à la station centrale. Il est impossible de surprendre la conversation car si une autre station, par exemple II, décrochait son téléphone, le circuit serait interrompu entre T et U de la station III. Quand la conversation est terminée et le téléphone de nouveau accroché, le tout retourne à l'état de repos. Les avertisseurs montrent de nouveau l'indication „libre“ et la voie de Q à la terre est ouverte.

Quand une des stations d'abonné abaisse son bouton d'appel T, le courant positif de la pile B passe par les fils d et les boutons T et commutateurs U sur L, et retourne par L directement au pôle négatif de B.

Les relais R et S sont polarisés, mais ils n'ont pas d'électro-aimants proprement dits. A la place de l'électro-aimant est une hélice très plate qui se meut entre les pôles d'un fort aimant. Suivant la direction du courant, cette hélice est attirée vers l'un ou l'autre

Fig. 44.



pôle et ferme en R le courant de la pile *b* ou change le disque dans l'avertisseur S. Cette hélice sans noyau en fer présente de grands avantages vis-à-vis d'électroaimants polarisés, car on n'a jamais à craindre l'inversion de la polarité, soit par des courants trop forts soit par des décharges atmosphériques.

La manipulation du système Ader est des plus simples, les abonnés procèdent pour l'appel comme s'ils étaient seuls intercalés sur un lacet; à la station centrale aussi aucune complication ne se présente; outre cela le secret des conversations est sauvegardé. Mais d'un autre côté, il y a aussi des inconvénients à mentionner: les abonnés intercalés sur un lacet ne peuvent pas converser entre eux et quand un abonné est en conversation avec la station centrale ou au-delà, les autres abonnés peuvent déranger cet entretien en pressant leur bouton ou en décrochant le téléphone. Finalement la communication entre les 4 abonnés demande de 6 à 8 fils; l'application du système est donc restreinte au cas où les 4 abonnés se trouvent dans le même bâtiment.

M. Elsasser est parvenu à éliminer le second inconvénient, mais en sacrifiant la simplicité des communications, et comme l'inconvénient nous paraît avoir peu d'importance pratique il est douteux que ces modifications fassent renoncer à l'arrangement primitif de M. Ader.

L'importance de la première catégorie de combinaisons, en vue de permettre de placer plus d'une station téléphonique sur un fil, est singulièrement amoindrie par ce fait que plusieurs des inventions qui s'y rapportent ne sont applicables que dans les réseaux à fil double qui sont aujourd'hui encore en grande minorité. Les catégories qui vont suivre maintenant ne contiennent par contre que des arrangements qui s'adaptent au système à fil simple avec retour à la terre. Nous allons parler d'abord des systèmes à étoile, dans lesquels le fil unique rayonne d'un certain point vers les abonnés.

M. W. Oesterreich a pris un brevet pour une combinaison qui appartient à cette catégorie. La partie essentielle du système est un commutateur automatique placé au point de bifurcation du fil unique vers les abonnés. La station automatique qui est représentée par la fig. 44 se compose du commutateur proprement dit, d'un relais polarisé R' et d'autant de relais ordinaires R₁, R₂, R₃ qu'il y a d'abonnés reliés au commutateur. Le commutateur de la figure 44 est disposé pour 3 abonnés dont les lignes sont indiquées par 1, 2 et 3. Une pile P et une résistance R complètent l'arrangement. Les flèches signifient communication avec la terre. Le commutateur proprement dit n'est pas visible dans le dessin, mais on comprendra ses fonctions par ce qui suivra. Il consiste en un cylindre mobile

autour d'un axe horizontal. Sur ce cylindre, qui est en matière isolante, sont encastrées, sur huit rayons, des pièces de contact. La partie Y démontre le revêtement du cylindre développé en plan avec les huit rangées de pièces de contact sur lesquelles glissent dix lames de ressort r^1 à r^{10} . Le cylindre est mis en rotation par la station centrale, au moyen de courants électriques qui parcourent l'électro-aimant C, dont l'armature, se terminant en échappement, avance le cylindre d'une dent à chaque fermeture du circuit. Cette disposition ressemble beaucoup à celle des cadrans électriques qui sont mis à l'heure par une horloge type. Au lieu de faire tourner le cylindre par l'électricité elle-même, on peut produire la force de rotation par un poids; dans ce cas les impulsions électriques ne font que déclencher d'une dent la roue d'échappement. Le poids, avant d'arriver à son point inférieur, ferme le circuit d'une sonnerie d'alarme qui donne aux personnes présentes à la station du commutateur le signal de remonter le poids.

Le cylindre peut prendre huit positions différentes correspondant aux huit rangées de contact 1 à 8 (voir Y). Quand le cylindre a une position telle que les pièces de contact de la rangée 1 touchent les ressorts, il y a communication électrique entre les ressorts r^1 et r^2 et entre les ressorts r^4 , r^6 , r^8 , r^9 et r^{10} . Quand, par un courant électrique passant par l'électro-aimant C, le cylindre avance d'une dent, c'est la rangée des contacts 2 qui se place sur les 10 lames r , et il y a communication électrique entre les ressorts r^2 , r^4 , r^6 et r^8 . Ainsi pour chacune des 8 positions du cylindre on trouve facilement les communications électriques qui s'établissent.

Le commutateur a la position de repos quand les contacts de la rangée 1 se trouvent sous les ressorts. Chacun des trois abonnés peut alors appeler la station centrale sans déranger les autres. Quand par exemple l'abonné 2 appelle, le courant prend le chemin suivant: Par 2 il traverse le relais R_2 , car dans la direction du ressort r^5 il y a interruption, et par les ressorts r^6 et r^9 il parvient à la terre. Mais le passage du courant par les ressorts r^6 et r^9 ne dure qu'un instant excessivement court, car l'armature du relais R_2 touche le butoir a_2 qui ouvre au courant un chemin plus direct à la terre. Il y a en même temps un second contact établi par l'armature du relais; une pièce isolée fixée à l'armature bute contre c_2 , et un courant de la pile P peut passer par c_2 , R' , C et la ligne L vers la station centrale et retourner de là par la terre à P. Ce courant n'a pas la bonne direction pour faire mouvoir l'armature du relais polarisé R' , ni une force suffisante pour actionner le relais C, donc il ne fait pas autre

chose que d'appeler la station centrale. Cette station envoie un courant énergique pour faire avancer le cylindre d'une dent et ainsi la position 2 se trouve établie. Ce courant arrivant passe par L, C, R' , r^2 , r^1 et une résistance artificielle R à la terre, l'armature du relais polarisé R' touche le butoir a et ouvre ainsi au courant un chemin plus direct à la terre. La position 2 du commutateur cylindrique obtenue, la conversation par téléphone entre l'abonné appelant et la station centrale peut commencer.

Dans cette position 2 les autres abonnés peuvent se mêler à la conversation; ils peuvent aussi appeler, mais cela ne produit qu'un coup sec et court pour les interlocuteurs qui, par ce fait, comprennent qu'un autre abonné demande aussi la station centrale. Les trois interlocuteurs peuvent alors s'entendre entre eux pour décider lequel des deux abonnés doit avoir la préférence.

Pour établir la communication à travers la station centrale avec l'abonné d'une autre ligne, la station centrale donne au commutateur cylindrique la position 3 si c'est l'abonné 1 qui a appelé la position 4 pour l'abonné 2, la position 5 pour l'abonné 3. Pour les cas où un abonné en demande un autre du même fil, on a les positions 6, 7 et 8. Par la position 6, l'abonné 1 est mis en relation avec l'abonné 2, par 7 l'abonné 1 avec 3 et par 8 l'abonné 2 avec 3. Le chemin que parcourt le courant dans chaque cas spécial est facile à suivre: dans la position 6, par exemple, où l'abonné 1 est mis en communication avec l'abonné 2, le courant arrivant de 1 passe, sans traverser le relais R_1 , par le ressort r^3 dans les ressorts r^2 et r^5 . Par r^5 le courant arrive chez l'abonné 2, par r^2 il atteint la station centrale qui est intercalée en bifurcation pour pouvoir recevoir le signal de fin de conversation.

Après la fin d'une conversation, la station centrale ramène toujours le commutateur cylindrique dans la position de repos, mais elle doit pouvoir s'assurer que cette position est en effet atteinte. Dans ce but, il y a entre les rangées de contact 8 et 1 un contact qui correspond au ressort r^2 et communique avec un pôle de la pile P, et les deux derniers contacts de la rangée 1 sont allongés vers la rangée 8. Quand le cylindre passe de la position 8 à la position 1, le ressort r^2 glisse un moment sur le contact qui est en communication avec un pôle de la pile P, tandis que l'autre pôle communique par les ressorts r^9 et r^{10} avec la terre; un courant momentané atteint donc la station centrale et y donne, sur un galvanomètre, le signal indiquant que le cylindre a effectivement atteint sa position de repos.

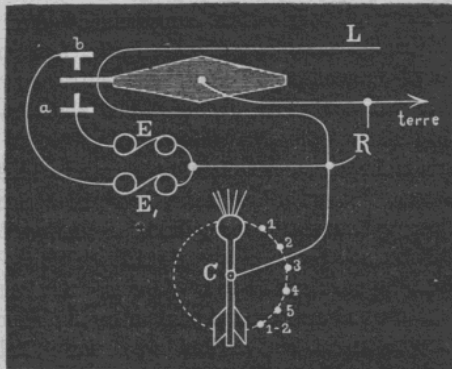
Pour que la station centrale puisse appeler un abonné elle n'a qu'à avancer le cylindre du commutateur au-

tomatique jusqu'à la position voulue, pour l'abonné 3 par exemple jusqu'à ce que la rangée 5 des contacts Y soit arrivée sous les ressorts r .

Les inventions de M. A. L. Paul d'un côté, et de MM. Cedergrén et Ericsson de l'autre, se ressemblent tellement que l'inspiration de l'un des inventeurs par l'invention de l'autre paraît être incontestable.

Au point de bifurcation du fil unique vers les différents abonnés, M. Paul place un commutateur automatique (fig. 45) qui se compose principalement des parties

Fig. 45.



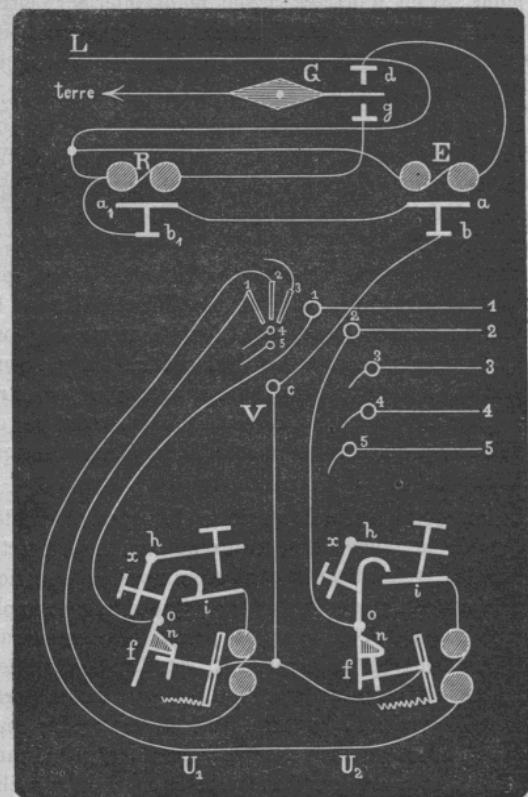
suivantes: d'un galvanomètre à faible résistance et à aiguille lourde, d'un cadran C sur lequel se meut une aiguille qui établit les contacts avec et entre les abonnés, deux électro-aimants E et E', et une résistance artificielle R de 600 ohms. Par des courants qui traversent l'électro-aimant E, l'aiguille du cadran est avancée par degrés comme l'aiguille d'un cadran d'horloge électrique. La position que l'aiguille occupe dans la figure 45 est la position de repos ou zéro dans laquelle toutes les lignes des abonnés sont en contact avec l'aiguille, ce qui est accusé par les 5 traits, représentant les lignes des abonnés. Si le courant passe par l'électro-aimant E, l'aiguille du cadran, se trouvant sur un chiffre quelconque, est déclanchée et retourne d'un bond sur zéro. La station centrale peut envoyer le courant à travers l'un quelconque des deux électro-aimants E ou E'. Quand le courant, arrivant par L, est positif, l'aiguille aimantée du galvanomètre est poussée vers la station a , par un courant négatif vers le butoir b et le courant qui auparavant a dû passer par la résistance R ou les stations de tous les abonnés, trouve un chemin plus court à la terre par l'aiguille aimantée elle-même.

A la station centrale, les courants peuvent être lancés sur la ligne au moyen d'un manipulateur inverseur du courant ou par un appareil spécial ayant

un cadran et une manivelle par laquelle on donne, à la main, les mouvements que l'on veut voir exécuter par l'aiguille du cadran de la station automatique.

Dans l'appareil de MM. Ericsson et Cedergrén, on retrouve tous les détails de celui de M. A. L. Paul et d'autres encore qui en font une des inventions les plus ingénieuses parmi celles qui concernent les autres distributeurs automatiques pour téléphonie. Une description de cet appareil a paru dans le *Journal télégraphique*, vol. X, page 145, mais cette description n'est pas complète et l'appareil a subi depuis lors certaines modifications importantes; nous complétons donc la description en nous tenant à la figure 46. L'instrument

Fig. 46.



est disposé pour cinq abonnés, et à l'endroit de la bifurcation il fonctionne tout-à-fait automatiquement et sans pile. Il ne demande donc, sauf dérangement, aucun autre entretien que celui qui consiste à nettoyer de temps en temps les points de contact.

L'appareil se compose:

1° D'un cadran V dont c est le centre. L'aiguille qui se meut sur ce cadran est, pour plus de clarté

supprimée dans le dessin. Verticalement au dessus du centre c se trouvent 5 points de contact 1 à 5 qui, quand l'aiguille est dans la position de repos (verticale), font tous contact avec elle, par conséquent aussi avec le point c . Sur la circonférence du cadran il y a de nouveau 5 contacts 1 à 5 reliés aux lignes qui se dirigent vers les abonnés.

2° D'un électro-aimant E, résistance des deux bobines 200 ohms. Quand l'armature a est attirée, elle quitte le butoir b et interrompt le circuit à cet endroit.

3° D'un électro-aimant R qui, sous tous les rapports, est analogue à l'électro-aimant E.

4° D'un galvanomètre G dont le multiplicateur n'a que 35 ohms de résistance. L'aiguille aimantée de ce galvanomètre est en communication continue avec la terre, et par ses oscillations à gauche et à droite elle fait contact avec les butoirs d ou g .

5° De cinq électro-aimants polarisés dont deux seulement U_1 et U_2 sont visibles, tandis que les trois autres, U_3 , U_4 et U_5 sont supprimés dans le dessin. Trois fils conduisent vers chaque électro-aimant polarisé, deux venant des points du cadran qui portent les mêmes numéros et un venant de l'axe c de l'aiguille et communiquant avec toutes les armatures. Les deux bobines d'un électro-aimant polarisé ont ensemble une résistance de 1750 ohms. La position de repos est indiquée par U_1 , la position de travail par U_2 . Il y a encore une troisième position dont nous parlerons plus tard. f est un levier de contact tournant autour du pivot o . Il y a en n un bec en matière isolante qui arrête l'armature dans la position de repos et l'isole du levier f et qui, dans la position de travail, empêche le retour de l'armature à la position de repos. Un ressort, non indiqué dans le dessin, est destiné à donner au levier f la position de travail. h est un second levier à deux bras qui a son axe en x . Les leviers h de tous les 5 électro-aimants polarisés ont le même axe unique x et sont immobiles entre eux. Si l'un des leviers h passe de la position U_1 à celle de U_2 , les 4 autres leviers doivent suivre ce même mouvement.

La station centrale appelle l'un quelconque des 5 abonnés de la manière suivante. Pour appeler par exemple l'abonné 1, elle envoie un courant positif sur la ligne. Ce courant entre par L dans le commutateur automatique, traverse le multiplicateur G, passe par b , a , a b au centre c du cadran et par là dans l'aiguille qui repose sur les 5 contacts 1 à 5. Depuis ce point, le courant se bifurque à travers les 5 électro-aimants polarisés U vers les abonnés où il trouve la terre. Le courant étant positif, il ne peut pas déranger la position de repos de l'armature des électro-aimants U (voir U_1), il la confirme plutôt; il ne peut non plus

mettre en branle les sonneries des abonnés parce que ces sonneries répondent seulement à des courants inversés, comme elles émanent des machines magnéto-électriques, ce courant positif n'influence donc sur tout son parcours que l'aiguille du galvanomètre G. Cette aiguille est très lourde; elle se compose de trois fortes tiges d'acier aimanté et est maintenue dans la position neutre par un fort aimant directeur et un pinceau de poil de blaireau qui frotte un rateau en acier. Elle fait par conséquent des mouvements relativement lents, et en retournant vers sa position de repos elle ne dépasse guère celle-ci, étant arrêtée doucement par le pinceau. Outre cela, quand elle a atteint les butoirs d ou g elle reste en contact avec eux pendant environ une seconde. Le courant positif la fait dévier vers d , et par ce contact un nouveau chemin de beaucoup moins de résistance s'ouvre au courant à travers l'électro-aimant E vers la terre. L'armature a , qui est en communication avec une roue à rochet de l'aiguille du cadran V, est attirée et fait avancer cette aiguille d'un pas, de sorte qu'elle se place sur le point 1 qui est en communication avec le premier abonné. Maintenant le chemin est libre entre la station centrale et le premier abonné par L, b_1 , a_1 , a , b , c et l'aiguille du cadran, aucun électro-aimant n'est plus dans le circuit. La station centrale et l'abonné 1 peuvent s'appeler par machine magnéto-électrique sans rien déranger, car le galvanomètre ne répond pas à ces courants inversés. Les autres 4 abonnés sont isolés et ne peuvent ni déranger la communication établie ni surprendre la conversation.

Si, au lieu du premier abonné, la station centrale veut en appeler un autre, disons le 4^e, elle envoie 4 courants positifs sur la ligne et l'aiguille se place sur le point 4 qui est en communication avec le fil de l'abonné du même chiffre.

Le signal de fin de conversation donné, la station centrale envoie un courant négatif d'une durée d'environ 2 à 4 secondes. L'aiguille G fait une déviation de l'autre côté et bute contre g , de sorte que le courant s'écoule par l'électro-aimant R à la terre. Au moment où l'armature a_1 de cet électro-aimant quitte le butoir b_1 , la ligne vers l'abonné est coupée et le courant entier passe par R. Par l'attraction de l'armature a_1 , la roue à rochet de l'aiguille V est libérée et cette dernière retourne à la position zéro, poussée par un ressort en spirale qui a été remonté par l'avancement de l'aiguille. Tout rentre ainsi dans l'état de repos.

Pour les appels des abonnés par la station centrale, les électro-aimants polarisés U ne jouent aucun rôle. Leur raison d'être s'aperçoit seulement en examinant l'appel de la station centrale par un abonné quelconque. Supposons que l'abonné 1 veuille appeler la station

centrale. Il sonne comme s'il était seul sur la ligne. Les courants alternatifs passent par 1 dans le ressort f de l'interrupteur U_1 , le ressort i , les bobines de l'électro-aimant et par les contacts rassemblés 1 à 5, $c b a a_1 b_1$, trouve la ligne vers la station centrale. Ces courants trouvent bien dans les points de contact rassemblés 1 à 5 quatre autres chemins vers les abonnés 2 à 4, mais seulement pendant un moment excessivement court, car l'armature de l'électro-aimant U_1 est immédiatement conduite dans la position indiquée par U_2 et arrêtée dans cette position par le bec n . Toutes les communications sont changées par ce fait. L'armature fait contact avec le levier f , le contact du levier f avec le ressort i est interrompu; il s'est redressé sous l'action de son ressort et a repoussé le levier h , de sorte que celui-ci abaisse le ressort i . Mais tous les 5 leviers h étant solidaires entre eux, les autres ont aussi baissé les ressorts respectifs c , donc tous les autres électro-aimants sont interrompus et le courant de l'abonné 1, en entrant par f dans l'armature et de là directement dans l'aiguille V n'a qu'un seul chemin, celui vers la station centrale sur lequel se trouve un électro-aimant. L'aiguille G ne bouge pas et la communication entre l'abonné et la station centrale est établie sans que l'aiguille V ait quitté la position de repos. Quand la conversation est terminée, la station centrale envoie un courant négatif sur la ligne qui met en action l'électro-aimant R . L'armature a_1 , en suivant l'attraction, n'a pas à ramener l'aiguille V à zéro, mais elle donne aux leviers h qui ont la position de U_2 la position de repos représentée par U_1 , et l'armature de U_1 reprend aussi sous l'action du ressort la position de repos.

Quand un abonné veut parler avec un autre abonné dont la ligne rayonne du même commutateur automatique, si par exemple 3 demande 5, la station centrale avec laquelle l'abonné 3 s'est mis en relation par son appel, envoie 5 courants positifs sur la ligne et place ainsi l'aiguille V sur 5. Les deux abonnés 3 et 5 et la station centrale sont alors reliés entre eux. Pour remettre, après la fin de la conversation, tout en état de repos, la station centrale envoie un courant négatif et l'armature de l'électro-aimant R remplit alors deux fonctions: d'abord elle ramène l'aiguille V à zéro et ensuite elle donne aux leviers h la position de repos représentée par U_1 .

Ce système de l'utilisation d'un seul fil pour plusieurs abonnés remplit parfaitement les conditions que nous avons énumérées au commencement de cet article, et les abonnés peuvent manipuler leur appareil comme s'ils étaient seuls sur la ligne. En fait d'inconvénients on peut citer le nombre considérable de contacts (il n'y en a pas moins de 19 dans le commutateur automa-

tique) et la pile assez puissante qu'il faut entretenir à la station centrale pour actionner avec sûreté les armatures des électro-aimants E et R , car ces armatures ont à exécuter un travail mécanique important. A cet effet il faut un courant d'au moins 0,05 ampères. Si le commutateur automatique est placé à une distance de n kilomètre, le nombre minimum d'éléments nécessaire à la station centrale se calcule d'après les formules suivantes: $16 + 3n$ pour le fil d'acier de 2^{mm} de diamètre, $16 + n$ pour le fil de fer de 3^{mm} et $16 + \frac{1}{3}n$ pour le fil de bronze silicieux de 2^{mm}.

Quand il y a moins de 5 abonnés à relier à la station centrale, on relie les bornes non utilisées avec la terre à travers une résistance artificielle de 110 ohms.

Quelquefois il est plus convenable de distribuer les abonnés sur un seul fil, l'un après l'autre, en *chapelet*; la répartition des abonnés est alors celle de bureaux télégraphiques. Pour ce problème aussi différentes solutions ont déjà été trouvées. M. *Elsasser* ¹⁾ a modifié le système d'appel individuel Wittwer et Wetzer pour bureaux télégraphiques ²⁾ dans ce sens qu'il s'adapte à des stations téléphoniques qui sont intercalées dans un fil. A cet effet il faut compléter l'appareil Wittwer et Wetzer au moyen d'un contact électrique et munir chaque station d'abonné d'un relais polarisé. La station centrale, en arrêtant les mouvements d'horlogerie des stations d'abonné à la position voulue de l'aiguille, peut ainsi fermer le circuit local d'une pile et d'une sonnerie d'alarme chez un abonné quelconque, sans déranger les autres abonnés placés sur le même fil. L'abonné appelé interrompt ce circuit local en décrochant le récepteur téléphonique. Les autres abonnés sont exclus de la ligne par un courant négatif venant de la station centrale qui établit par l'armature des relais polarisés et le contact accessoire de l'appareil Wittwer et Wetzer, un chemin direct à travers les autres stations. M. le Professeur *Zetzsche* a encore un peu modifié cet arrangement et a, en outre, publié deux autres solutions de l'intercalation des abonnés en forme de chapelet ³⁾ qui sont assez intéressantes. D'après le premier de ces deux systèmes chaque station d'abonné est pourvue, outre les appareils téléphoniques, de deux relais polarisés, d'une sonnerie d'appel avec pile locale, d'un bouton d'appel, d'une pile de ligne et d'un rhéostat. La station centrale doit pouvoir envoyer à volonté des courants de force différente, autant de différences de force qu'il y a de stations intercalées sur la ligne. Le cou-

¹⁾ Voir «*Elektrotechnische Zeitschrift*», vol. IV, page 165.

²⁾ V. «*Zeitschrift für angewandte Elektrizitätslehre*», vol. III, page 439 et notre notice dans le «*Journal télégraphique*», vol. V, page 219.

³⁾ Voir «*Elektrotechnische Zeitschrift*», vol. IV, page 257.

rant de force unique n'actionne que le premier relais de la première station, le courant de force double actionne le second relais de la première station et le premier relais de la seconde station et ainsi de suite, de sorte que pour la station n il faut un courant n fois plus fort que pour la première, et ce courant actionne le premier relais de la station n et tous les relais des stations précédentes. L'attraction de l'armature du premier relais d'une station interrompt la ligne vers les stations suivantes et ferme le circuit local de la sonnerie qui sonne jusqu'au moment où le téléphone est décroché. L'attraction des armatures du premier et second relais ouvre un chemin à travers la station à l'exclusion des appareils téléphoniques; les stations non appelées sont ainsi exclues de la ligne pendant la conversation de la station appelée. A la fin de la conversation, la station centrale lance sur la ligne un courant de la force n et de sens opposé qui remet toutes les armatures dans leur position de repos. Quand une des stations d'abonné veut appeler la station centrale, elle n'a qu'à abaisser son bouton d'appel; un courant qui n'influence pas les relais et ne peut par conséquent déranger les autres stations, décroche alors l'annonceur de la station centrale.

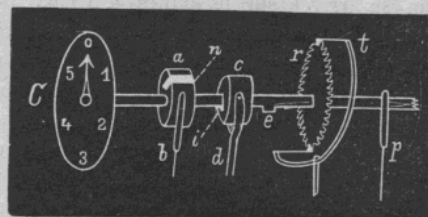
Le second arrangement ne demande qu'un relais polarisé par station d'abonné. Tous les électro-aimants et sonneries des abonnés sont, à l'état de repos, intercalés dans la ligne, donc quand la station centrale appelle (par des courants qui n'influencent pas les armatures des relais) toutes les sonneries fonctionnent à la fois et il faut pour chaque abonné un signal spécial comme dans la télégraphie. La station appelée en décrochant son téléphone exclut tous les abonnés situés plus loin. A la station centrale incombe alors encore la tâche d'exclure aussi de la ligne les stations qui sont intercalées entre elle et la station appelée, ce qui se fait par un courant qui influence les armatures des relais polarisés. Après la fin de la conversation, il faut naturellement ramener les relais dans leur position de repos.

MM. *Hartmann et Braun* à Bockenheim, près Francfort s./M., ont construit un appareil qui paraît présenter une solution plus complète de l'intercalation en chapelet de différentes stations téléphoniques sur un seul fil. L'appareil répond à toutes les conditions qu'on peut exiger d'un pareil système et s'adapte facilement aux différents systèmes téléphoniques à appel magnéto-électrique et à pile. Extérieurement l'appareil a la forme d'une boîte à appel magnéto-électrique. Sur la surface antérieure se trouvent, en bas, l'embouchure du microphone et, en haut, deux disques, l'un à gauche avec manivelle portant les indications: „mise

au repos“, „mise sur appel“, „appel“ et „conversation“, l'autre à droite avec aiguille et autant de chiffres sur la périphérie qu'il y a de stations intercalées sur la ligne. Les téléphones récepteurs, la manivelle de l'inducteur magnéto-électrique et les timbres de la sonnerie d'appel complètent l'extérieur de la station.

A l'intérieur de la boîte la partie la plus importante du système est un axe, combiné avec l'aiguille du cadran de droite mentionné plus haut. Cet axe remplit différentes fonctions; nous le représentons donc par la figure 47 pour mieux comprendre le jeu de l'appareil. C est le cadran extérieur dont l'aiguille peut

Fig. 47.



occuper une position zéro ou de repos et cinq autres positions correspondant à 5 abonnés sur la ligne. Derrière le cylindre a vient un second cylindre c qui est complètement libre sur l'axe et peut, au moyen du levier d , être avancé ou reculé librement sur l'axe. Mais cet axe a en e un bec qui, à l'état de repos, correspond exactement à l'excavation i du cylindre c . Plus en arrière vient une roue à rochet r avec l'échappement t ; finalement une lame à ressort p glisse sur l'axe et fait contact avec lui. Sur un point du cylindre a est fixé un secteur en matière isolante n , mais dans chaque station ce secteur se trouve en un autre endroit du cylindre. Chez l'abonné 1, le secteur est placé de telle façon qu'il entre sous le ressort b quand l'aiguille est sur le chiffre 1; chez l'abonné 2 ce cas aura lieu quand l'aiguille est sur 2 et ainsi de suite.

Quand toutes les aiguilles sont sur zéro, le circuit de ligne passe dans chaque station d'abonné par le ressort b , le cylindre a , l'axe, le ressort p et un électro-aimant polarisé dont l'armature est combinée avec l'échappement t ; rien n'est donc intercalé que ces électro-aimants des différentes stations. Si donc d'une manière quelconque des courants alternatifs sont lancés sur la ligne, ces courants agitent les armatures des électro-aimants polarisés, les échappements t entrent en action, la roue d'échappement r se meut et avec elle l'axe et l'aiguille du cadran qui passe, l'un après l'autre, sur tous les chiffres de ce dernier.

Chaque station a une machine magnéto-électrique comme il est dit plus haut, pour produire ces courants alternatifs, mais elle n'est pas intercalée dans le cir-

cuit. Si une station veut en appeler une autre ou la station centrale elle est obligée, pour effectuer cette intercalation, de conduire la manivelle du premier cadran sur „mise sur appel.“ Par ce mouvement de la manivelle, le levier d est poussé à droite et le cylindre c passe sur le bec e , ce qui est possible vu que le bec correspond avec l'entaille i creusée dans le cylindre c ; le bec apparaît alors du côté gauche du cylindre c et l'axe est de nouveau libre. Si maintenant l'abonné tourne sa machine magnéto-électrique, il fait marcher les aiguilles de tous les abonnés, y compris la sienne. Pour appeler par exemple l'abonné 4, il tourne la manivelle de la machine magnéto-électrique jusqu'au moment où l'aiguille est arrivée sur le chiffre 4. Chez l'abonné 4, le secteur isolant n du cylindre a est alors arrivé sous le ressort b et le courant ne peut plus passer par l'axe; il est au contraire obligé de traverser l'électro-aimant d'une sonnerie d'alarme. L'abonné appelant place alors la manivelle du premier cadran sur „appel“, ce qui a pour effet de changer les courants alternatifs de la machine magnéto-électrique en courants de même sens qui n'influencent plus les relais polarisés, mais mettent en branle la sonnerie d'appel de l'abonné 4.

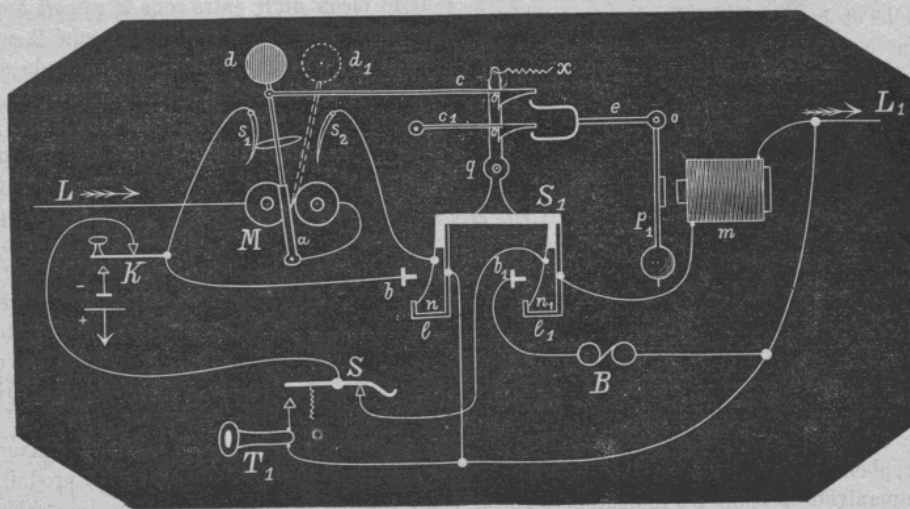
En décrochant les téléphones récepteurs, les deux abonnés peuvent alors converser entre eux, puisque par le mouvement du crochet le micro-téléphone s'intercale à la place de la sonnerie d'appel; mais les autres abonnés ne peuvent pas surprendre cette conversation ni la déranger, parce que leur téléphone n'est pas intercalé dans le circuit et parce que le cylindre c ne peut pas passer de l'autre côté du bec e , ce dernier ne correspondant pas avec l'entaille i dans le cylindre c .

La conversation finie, il faut ramener l'aiguille sur zéro et reconduire le cylindre c dans sa position de repos. La station centrale est traitée comme un autre abonné et elle procède pour l'appel comme un de ces derniers. Si les abonnés ont oublié de reconduire les aiguilles sur zéro, elle peut le faire à leur place.

Ce système d'appel nous paraît être très bien imaginé; nous nous demandons seulement de quelle manière on peut éviter le dérangement de l'une ou de l'autre des aiguilles ou comment on peut reconduire une aiguille en erreur sur zéro, si le dérangement a eu lieu.

Un autre système qui paraît être assez répandu dans le Nord de l'Angleterre en donnant des résultats très satisfaisants, est celui de *M. Johnston Stephen*. Cet inventeur s'est servi du principe des pendules de différentes longueurs que Bizot, dans son temps, a proposé pour l'appel individuel des bureaux télégraphiques. Par la figure 48, nous essayons de donner les détails schématiques de ce système qui permettent d'en comprendre le fonctionnement. Cette figure montre l'ensemble d'une station d'abonné, intercalée avec un certain nombre d'autres stations analogues sur une ligne unique. Par T_1 est représenté l'appareil micro-téléphonique, K est le bouton d'appel et B la sonnette d'appel, le reste sert à l'individualisation. M est un électro-aimant polarisé dont l'armature a peut acquérir deux positions, celle de repos d quand un courant positif a traversé la ligne LL_1 dans la direction des flèches et la position d_1 quand ce courant était de direction opposée. S_1 est un levier qui remplit les fonctions d'un manipulateur Morse double; les deux bras coudés l et l_1

Fig. 48.



sont isolés l'un de l'autre, les ressorts isolés n et n_1 font contact avec eux en position de repos. Le levier S_1 a son axe en q et son bras supérieur est attiré vers la droite par le ressort à boudin x , mais retenu en position verticale par les deux crochets c et c_1 . Le pendule p_1 a dans chaque station d'abonné une autre longueur; il oscille autour du point o et entraîne dans son mouvement le levier e avec sa fourchette; m est un électro-aimant ordinaire.

Pour comprendre le fonctionnement de cet appareil, nous expliquons d'abord l'appel de la station centrale par un abonné et la mise en communication de cet abonné avec un autre situé sur le même ou sur un autre fil. On peut distinguer 6 périodes ou temps de cette opération.

1^{re} période. L'abonné appelle la station centrale (qui est située à gauche de la fig. 48) en abaissant le bouton K. Le courant passe par s_1 , a et l'électro-aimant M sur la ligne L à la station centrale et retourne par la terre; il traverse dans les stations des abonnés qui se trouvent entre la station appelante et la station centrale les électro-aimants m et M, mais ne produit qu'une très légère secousse aux pendules p_1 et ne peut pas altérer la position des armatures a parce que le courant n'a pas la bonne direction à cet effet. La communication avec la station centrale des abonnés situés à droite de la figure 48 est interrompue pendant que le bouton K est abaissé.

2^e période. L'abonné décroche son téléphone et indique à la station centrale avec quel autre abonné il désire être mis en communication, après quoi l'abonné raccroche de nouveau son téléphone.

3^e période. La station centrale individualise l'abonné appelé. A cet effet elle a une espèce de métronome auquel elle peut donner à volonté la vitesse d'oscillations du pendule d'un abonné quelconque. Ce métronome, en faisant ses oscillations, envoie des courants positifs sur la ligne qui n'affectent pas les armatures a mais influencent tous les pendules p_1 ; pourtant c'est seulement celui des pendules dont la vitesse d'oscillation correspond à celle des émissions de courant qui atteint peu à peu une amplitude suffisante et peut soulever les deux crochets c et c_1 sur quoi le levier S_1 s'incline, avec sa partie inférieure, vers la gauche. Le courant intermittent de la station centrale passe alors dans la station ainsi individualisée par $M a s_1 K S n_1 b_1$ et la sonnerie B.

4^e période. La station appelée décroche son téléphone et apprend de la station centrale que tel autre abonné désire se mettre en communication avec elle. Après cette communication, le téléphone est de nouveau raccroché.

5^e période. La station centrale individualise l'abonné appelant comme elle a individualisé dans la 3^e période l'abonné appelé.

6^e période. La station centrale lance un courant négatif sur la ligne (ou sur les lignes si les abonnés appelant et appelé se trouvent sur différentes lignes). Par ce courant toutes les armatures a se mettent dans la position d_1 , le contact s'établit avec le ressort s_2 et chez les abonnés appelant et appelé le crochet c s'accroche de nouveau au bras supérieur du levier double S_1 . Par ce mouvement de l'armature a le disque d_1 devient visible et indique, dans toutes les stations, que la ou les lignes sont occupées. Chez les abonnés appelant et appelé la sonnerie B se met en branle et chez tous les autres abonnés les courants passent par $M a s_2 n l$, et par conséquent le téléphone T_1 aussi bien que le bouton K sont exclus, et il est impossible à tous ces abonnés de déranger les abonnés conversants ou de surprendre leur conversation.

Quand les deux abonnés ont fini leur conversation, l'un d'eux lance au moyen du bouton K un courant négatif à la station, l'informant ainsi qu'elle peut remettre la ou les lignes en état de repos, sur quoi la station centrale envoie un courant positif, qui ramène toutes les armatures a dans la position représentée par la figure 48. Chez les abonnés qui étaient en conversation entre eux, le crochet c ramène en même temps le levier S_1 dans la position de repos indiquée par la figure 48.

D'autres études ont été faites pour atteindre le but de la plus complète utilisation des fils, les téléphones multiplex et l'application du système Delany à la téléphonie; mais si intéressantes que soient ces études en elles-mêmes, elles n'ont pas encore pris corps, ce sont plutôt des idées, qui peuvent être utiles à un inventeur futur pour trouver un système plus parfait que ceux connus aujourd'hui.

M. Maurice Leblanc s'est proposé comme problème à résoudre, que les postes $A A_1$, $B B_1$, $C C_1$. . . montés sur une même ligne puissent converser simultanément entre eux, A avec A_1 , B avec B_1 , C avec C_1 , etc., et cela sans qu'ils puissent s'influencer mutuellement, et il appelle ce système *téléphone multiplex*¹⁾.

On voit tout de suite que le but à atteindre est poussé beaucoup plus loin que dans les systèmes décrits plus haut où, sauf dans le cas de la téléphonie duplex et quadruplex, sur une ligne donnée, une seule conversation à la fois est possible, malgré le nombre plus ou moins grand d'abonnés placés sur le même fil. C'est donc le principe des télégraphes harmoniques de

¹⁾ Voir „Lumière électrique“, vol. XX, page 97.

Gray et des multiples Meyer, Schäffler et Baudot qu'il veut appliquer à la téléphonie.

En utilisant le système du télégraphe harmonique de Gray, chaque station téléphonique serait munie d'un diapason; les diapasons de deux stations qui se parlent devraient vibrer à l'unisson. Donc si A s'entretient avec A₁, B avec B₁, C avec C₁ tous les six diapasons vibrent, mais ils ont trois périodes différentes. Le diapason de la station qui parle est muni d'un diaphragme microphonique devant les pôles de l'aimant, et les vibrations de ce diaphragme transforment les amplitudes des vibrations. Le diapason de la station qui entend est placé sur une boîte à résonnance de laquelle deux tubes conduisent aux oreilles de l'interlocuteur. On entend donc en A₁ la note du diapason A et les paroles, de même en B₁ ce qui se dit en B et ainsi de suite. Pour supprimer la note du diapason il faut choisir des diapasons qui font au moins 6000 vibrations à la seconde; leur son particulier devient alors imperceptible à l'oreille et il ne reste que la parole.

Il n'est pas nécessaire d'insister sur les grandes difficultés que présenterait l'introduction de ce système dans la pratique.

La seconde idée est celle de diviser le temps en sections excessivement courtes et de donner à chaque paire d'abonnés les mêmes sections de temps. Supposons que trois paires d'abonnés AA₁, BB₁ et CC₁ conversent simultanément entre eux et que la seconde soit coupée en 90 sections. Chaque paire d'abonnés aurait donc la ligne à elle seule 30 fois par seconde, ce qui suffit pour s'entendre et se comprendre. Il faudrait à cet effet, aux deux bouts de la ligne commune, des distributeurs marchant synchroniquement jusqu'à environ $\frac{1}{100}$ de seconde près. Le système Delany se prêterait le mieux à ce but, et nous avons déjà indiqué cette solution dans la conclusion de notre article sur le télégraphe multiple Delany. (*Journal télégraphique*, vol. IX, page 90.)

g. Téléphonie domestique, militaire, etc.

Les appareils des stations d'un réseau téléphonique sont trop chers et trop encombrants pour être employés dans la maison d'une chambre à une autre. D'abord on n'a pas besoin d'appels aussi puissants que dans un réseau où il faut quelques fois pouvoir sonner à des dizaines de kilomètres de distance; ensuite on peut, au lieu de placer une pile à chaque station, se servir d'une pile commune.

Des tentatives ont été faites de divers côtés, en vue d'accommoder le téléphone à ces besoins domestiques; mentionnons par exemple MM. Ch. Mildé fils et C^{ie}. Toute la station peut être placée sur une table, un

pupitre, un bureau, à la portée des personnes assises devant ces meubles. L'appareil complet n'a que quelques centimètres de largeur et de longueur et est mobile, étant attaché par une corde flexible à la paroi. Un microphone système Ader à planchette résonnante oblique rempli, avec la bobine d'induction et un bouton d'appel, le socle de l'appareil. Le téléphone récepteur en forme de montre est accroché devant la planchette résonnante à un crochet mobile qui opère les changements nécessaires dans les circuits. Le tout représente un appareil utilisable, de formes élégantes, pour le prix très modique de fr. 20 par station, non compris les fils conducteurs d'une station à l'autre, le montage et la pile.

Une station domestique remplissant le même but a été construite par M. le Dr. Hasler à Berne. La station est arrangée pour être vissée contre une paroi; elle est renfermée dans une boîte de la forme et de la grandeur d'une boîte à inducteur magnéto-électrique; la partie supérieure contient la sonnerie, la partie inférieure un microphone Blake avec ses accessoires; le téléphone récepteur, de la forme usuelle, est accroché à gauche, comme à l'ordinaire; au dessous du microphone est appliqué le bouton d'appel.

M. Heller à Nuremberg a aussi construit une station téléphonique très simple destinée au service domestique. La station complète ressemble beaucoup à celles employées par la Société générale des téléphones à Paris; le microphone est aussi du système Ader et le récepteur a la forme d'une montre. Sur quatre petits aimants en forme d'équerre est plantée la bobine avec son noyau en fer doux qui est en contact avec les quatre extrémités de même polarité. Les quatre autres extrémités des aimants remontent à la hauteur du noyau et le diaphragme est donc sous l'influence de deux polarités, l'une au centre et l'autre sur quatre points équidistants de la circonférence. Comme force électro-motrice, M. Heller se sert d'une pile sèche. Une pile sert à plusieurs stations, il faut par conséquent établir entre deux stations 3 conducteurs.

Mais c'est le *Bouton téléphone* de M. Barbier qui a fait le plus de bruit. L'idée primitive était de créer un téléphone qui puisse, dans des installations de sonneries domestiques déjà existantes (dans des hôtels, grandes fabriques ou usines, etc.), remplacer le bouton d'appel sans qu'on soit obligé de rien changer au réseau des fils conducteurs. Dans ces installations de sonneries, chaque appartement a son bouton d'appel duquel partent deux fils qui se dirigent vers un centre où il y a une pile et une sonnerie. Souvent, à côté de la sonnerie, il y a encore un tableau à numéros qui

Fig. 49.



indique quel bouton a été pressé. D'autres fois tous les boutons se trouvent dans un seul local, le bureau du chef, etc., et plusieurs sonneries sont disposées dans les bureaux des employés subalternes. Or ce bouton d'appel est complété en téléphone. La figure 49 montre les parties essentielles d'un de ces boutons-téléphones. Le cadre à gauche est le socle, vu de derrière, qui se visse contre la paroi à la place du bouton ordinaire. A droite du socle et relié à ce dernier par un cordon à 3 conducteurs isolés, se trouve le bouton-téléphone proprement dit, qui à l'ordinaire est retenu contre le socle par les 4 brides à ressort G. En E on voit une partie de l'embouchure, en M une partie du diaphragme du téléphone. En T on peut distinguer les deux bobines des électro-aimants et A représente l'un des aimants d'une paire d'aimants dont le second est caché sous le bois du couvercle. C'est le bouton d'appel qui, lorsqu'il est poussé, établit le contact entre la vis placée dessous le ressort h et ce dernier. Quand on remet le bouton-téléphone à sa place sur le socle, l'embouchure du téléphone presse contre le ressort n du socle et interrompt le contact entre ce ressort et la pièce métallique m; le circuit du téléphone est ainsi interrompu et on ne peut dès lors se servir du bouton-téléphone que comme d'un bouton ordinaire, en pressant sur C. Mais aussitôt qu'on détache le bouton-téléphone de son socle, le contact entre n et m se rétablit et le téléphone est intercalé. On peut alors le porter à la bouche et donner des ordres à l'autre bout de la ligne ou le porter contre l'oreille pour recevoir la réponse. Le socle du bouton-téléphone doit être légèrement modifié dans la pièce où est placée la sonnerie, en ce sens que le

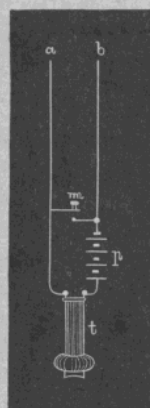
ressort n, quand son contact avec m est interrompu, doit faire contact avec une autre pièce métallique. Du bouton-téléphone placé près de la sonnerie partent donc 3 fils, tandis que les autres n'en ont que deux.

L'installation n'est pas plus compliquée lorsque la sonnerie est combinée avec un tableau à numéros; on peut ainsi, à peu de frais, compléter une installation de sonneries par un système de téléphones permettant non seulement d'appeler quelqu'un, mais, en même temps, de lui donner des ordres.

Les installations de sonneries sont rarement arrangées de telle façon qu'on puisse appeler des deux côtés. Dans un hôtel l'étranger désire bien pouvoir appeler tel ou tel domestique, mais il ne veut pas être appelé; des circonstances analogues se présentent pour d'autres installations de sonneries, les transformations dont nous avons parlé plus haut peuvent donc suffire pour la plupart des cas; mais si dans des cas spéciaux il devient désirable de pouvoir appeler des deux côtés, le bouton-téléphone répond alors aussi à cette exigence. Il faut, à cet effet, appliquer à côté du tableau et de la sonnerie, une planchette sur laquelle il y a autant de boutons d'appel que de numéros dans le tableau. Pour ne pas être obligé d'installer à côté de chaque bouton-téléphone une sonnerie, on place au-dessous de la dite planchette une bobine d'induction avec interrupteur automatique, dans le circuit primaire de laquelle circule le courant de la pile, quand on presse un certain bouton spécial. Les courants saccadés ainsi produits dans le circuit secondaire sont dirigés sur le bouton-téléphone que l'on a en vue en pressant, parmi

les boutons placés près du tableau, celui qui porte le même numéro. Le cliquetis résultant des oscillations de la membrane du téléphone est si fort qu'on peut facilement l'entendre dans toute une chambre ou bureau. Mais pour pouvoir agir de l'endroit où est situé le tableau sur un bouton-téléphone quelconque, il faut complètement changer les communications que nous avons discutées plus haut, car là le téléphone n'est pas intercalé, le circuit n'est pas même fermé. On rencontre une difficulté, si l'on veut se servir des anciennes communications du système de sonneries. De chaque bouton d'appel ne partent que deux fils, mais dans un système de fil double on ne peut pas donner des signaux dans les deux directions si l'on ne place pas une pile à chaque bout. La difficulté a été détournée par un procédé ingénieux de M. le Dr. d'Arsonval en complétant le bouton-téléphone par 4 éléments accumulateurs. L'arrangement schématique de ce système est rendu par la figure 50. *a* et *b* sont les

Fig. 50.



deux fils qui conduisaient à l'ancien bouton de sonnerie remplacé par le bouton-téléphone, dont *m* est le bouton d'appel, *p* l'accumulateur et *t* le téléphone récepteur. Les formes du bouton-téléphone représentées par la fig. 49 sont maintenues, on a seulement placé dans le socle les quatre très petits éléments de l'accumulateur. Chaque élément se compose de deux lames en fer, plongeant dans une pâte humide à base de potasse, le tout est hermétiquement renfermé dans un vase en ébonite. Le courant partant de la pile qui est située près du tableau, polarise dans un instant les 4 éléments de chaque bouton-téléphone et le courant de polarisation est justement assez fort pour équilibrer le courant de la pile, de sorte que cette dernière est arrêtée dans son action et se comporte comme une pile à circuit ouvert. Pour appeler depuis le tableau, on n'a donc qu'à mettre en fonction la bobine d'induction dont les courants, d'une intensité beaucoup plus grande, maîtrisent le courant de polarisation et produisent le cliquetis dans la membrane du téléphone. Pour appeler depuis un bouton-téléphone on n'a qu'à presser le bouton *m*; l'accumulateur est ainsi fermé en court circuit et la pile près du tableau, n'étant plus contrebalancée, exerce son action sur le clapet respectif et la sonnerie.

On peut, pour éliminer l'inconvénient qui résulte de l'usage d'un seul téléphone comme transmetteur et récepteur, placer dans chaque appartement deux bouton-téléphones l'un à côté de l'autre.

M. le Dr. Herz a fait encore un pas en avant dans la question du bouton-téléphone en y appliquant, outre le téléphone récepteur, un microphone. Ce microphone, de dimensions très réduites et ressemblant, dans son arrangement, au système de M. de Jongh, est logé dans le socle du bouton-téléphone. En enlevant le couvercle on a alors le récepteur téléphonique en mains et le diaphragme du microphone fixé contre la paroi. La pile, nécessaire à l'exploitation du microphone, est commune à tous les bouton-téléphones d'un système. Le contact variable du microphone est obtenu de la manière suivante. Dans un disque en charbon sont pratiqués plusieurs trous obliques dans lesquels glissent des cylindres en charbon, en pressant, par leur poids, sur le diaphragme qui est également en charbon. Pour appesantir les petits cylindres et assurer un bon contact, ils sont garnis, à leur bout opposé au diaphragme, d'une tête en métal et imitent ainsi la forme d'une cartouche.

La combinaison de pareils bouton-téléphones perfectionnés avec des sonneries et tableaux, est assez compliquée et demande beaucoup de fils, plusieurs commutateurs de genres différents et d'autres accessoires qui laissent en doute la question de savoir si le système plus simple, sans microphone, n'est pas à préférer dans la plupart des cas.

Les téléphones dont on se sert dans le *service militaire* sont d'une autre nature. Ici il s'agit d'avoir des appareils portatifs qui puissent supporter des chocs sans se déranger. Il faut munir les stations de microphones pour obtenir une reproduction aussi forte que possible, à cause des bruits étrangers qui souvent voilent ou couvrent complètement les reproductions téléphoniques. Il est en outre plus difficile de comprendre dans la campagne ouverte de tous côtés, que dans une chambre ou autre espace fermé. Quant aux lignes, on peut utiliser le même matériel qui sert aussi à la télégraphie militaire.

M. Rauschenbach à Schaffhouse a construit des stations téléphoniques militaires qui, dans les exercices des troupes suisses, ont donné des résultats satisfaisants pour le service des avant-postes.

Une autre application du microphone au service militaire a été indiquée par M. Drawbaugh. Le microphone est enfermé dans un instrument qui, extérieurement, affecte les formes d'un grand tire-bouchon. L'axe est un tube en métal qui se termine en vrille. Ce tube contient un autre tube de plus petites dimensions dans lequel un charbon pointu oscille entre deux charbons cylindriques. On fait entrer la vrille

à l'endroit voulu, dans le sol, et on conduit deux fils vers un endroit abrité ou fortifié, où se trouve le téléphone récepteur et la pile. Il est alors possible de distinguer les mouvements qui ont lieu autour de l'endroit où la vrille est placée et cela, suivant les circonstances, sur un rayon assez étendu. Si par exemple le microphone est placé sur une route, on entend de loin la cavalerie au trot. En plaçant plusieurs microphones pareils à différents endroits on peut ainsi, d'un seul point, explorer une contrée jour et nuit et éviter une surprise. Le petit volume des appareils microphoniques, leur poids insignifiant et le fait qu'ils sont transportables sont autant de facilités pour le service en campagne, de sorte que le téléphone est, dans certains cas, préféré même au télégraphe militaire.

De petits réseaux téléphoniques sont aussi installés dans les mines où ils rendent de grands services. Ils portent essentiellement le caractère des installations domestiques, mais des précautions spéciales sont à prendre contre l'humidité qui règne généralement dans ces régions souterraines. L'isolation des conducteurs, la propreté des contacts, l'oxydation des parties métalliques et surtout la fermeture hermétique des contacts variables du microphone, sont les points essentiels qu'il faut soigner dans les installations de ce genre.

La téléphonie joue aussi un rôle très important dans le service des sapeurs-pompiers. En cas d'incendie, le temps est le facteur le plus important. Parmi les différentes installations, la meilleure sera par conséquent celle où le plus petit intervalle de temps s'écoulera entre le commencement d'un incendie et l'envoi des premiers secours. Dans certaines villes on a établi des postes d'alarme publics desquels on peut, à toute heure du jour ou de la nuit, appeler le secours du corps de garde des sapeurs-pompiers. La difficulté que présente l'usage de ces postes de secours consiste en ce que, souvent, le public ne sait pas bien se servir des appareils mis à sa portée. Dans d'autres localités, les officiers du corps des sapeurs-pompiers sont reliés avec leur commandant soit directement soit indirectement par une station centrale.

Dans les localités pourvues d'un réseau téléphonique ce sont naturellement les abonnés qui se trouvent dans la position la plus favorable, car ils peuvent immédiatement après le commencement d'un incendie dans leur immeuble appeler au secours. Dans les réseaux qui n'ont point de service de nuit, il faut cependant des arrangements spéciaux à cet effet. Les fils de tous les abonnés qui désirent jouir de cette faculté de pouvoir appeler au secours pendant la nuit peuvent être

réunis sur une tige métallique à laquelle est aussi rattaché le fil allant au poste de garde des sapeurs-pompiers. Mais avec cette combinaison quand un abonné appelle, son courant se bifurque dans la direction de tous les abonnés, dérange ces derniers, et il peut arriver que ce soit précisément le poste qu'on veut réveiller qui n'entende pas l'appel. Pour éviter ces inconvénients il suffit de munir les stations des abonnés d'un interrupteur permettant de couper la communication avec la terre. Les abonnés ont alors, à la fin du service du jour, à interrompre la terre. La station centrale s'assure si l'abonné n'a pas oublié de se mettre dans cette position. Tout abonné qui ne s'est pas exclu de la terre n'est pas mis en communication avec la tige métallique et ne peut donc pas se servir de son téléphone pendant la nuit. Si l'un quelconque de ces abonnés veut appeler le poste de garde il n'a qu'à rétablir la communication avec la terre et à appeler, son courant ne trouvant d'autre chemin que vers le poste de garde. Si l'on ne veut pas munir les stations des abonnés d'un interrupteur, on peut relier la tige métallique avec la terre par un relais très délicat mais peu résistant; l'armature ferme alors le circuit d'une pile qui envoie un courant d'appel au poste de garde; pourtant la première solution nous paraît être plus sûre.

Une dernière application de la téléphonie dont nous voulons parler, mais qui n'est point du tout la moins importante, c'est l'emploi du téléphone pour le service de la télégraphie. L'Administration des télégraphes de l'Empire germanique a sans doute le mérite d'avoir compris la première l'importance de l'assimilation de la téléphonie avec la télégraphie et d'en avoir fait un emploi considérable. On compte en effet actuellement en Allemagne près de 4000 stations télégraphiques desservies par des appareils téléphoniques. Nulle autre Administration ne peut se vanter d'un pareil développement de la téléphonie dans la télégraphie.

Les craintes énoncées par ci par là que la téléphonie ne peut que nuire à la télégraphie sont victorieusement réfutées par cette fusion intime des deux genres de services. En effet ils s'entraident; le téléphone est puissant dans les petites distances où le télégraphe ne peut pas lutter avec lui, mais aussitôt que la distance augmente, l'importance du téléphone diminue et finalement c'est le télégraphe qui domine incontestablement. D'un autre côté, le téléphone combiné avec le télégraphe peut pénétrer dans des localités qui sont trop petites ou pas assez riches pour alimenter une station télégraphique proprement dite. L'installation d'une station téléphonique est très simple et peu coûteuse, la manipulation des appareils ne demande pas

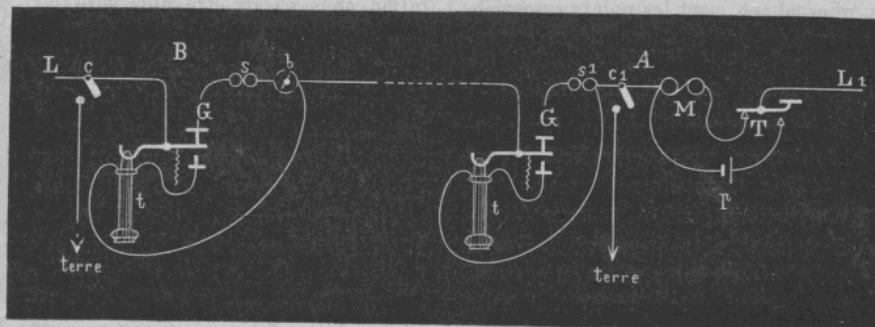
un long apprentissage, on peut donc établir des stations téléphoniques faisant le service de bureaux télégraphiques dans des conditions beaucoup plus favorables pour les communes que celles qu'il faut exiger pour l'installation d'un bureau télégraphique. En Suisse, toute commune qui désire être reliée au bureau télégraphique le plus rapproché par une ligne téléphonique doit supporter la moitié des frais de la construction de cette ligne. La commune a en outre à fournir un local, son chauffage et éclairage pour y installer les appareils et doit pourvoir au service de cette station téléphonique. Tout le reste, l'installation et l'entretien des appareils et de la ligne, le service de la station de transmission, etc., incombe à l'Administration.

La combinaison d'une ligne téléphonique avec un bureau télégraphique est des plus simples et ne demande aucune description spéciale. Téléphone et télégraphe étant indépendants l'un de l'autre, on n'a qu'à reproduire sur une feuille de papier la réception orale et ce document servira comme télégramme original pour la transmission télégraphique et vice-versa.

Quelquefois on ne construit pas une ligne ou fil spécial pour la station téléphonique, mais on l'intercale sur

un fil télégraphique. Ce genre d'intercalation est surtout employé quand la station téléphonique à créer est située sur la route du fil télégraphique et lorsque ce fil est peu chargé de correspondances télégraphiques. Le système d'appel employé en Suisse pour la téléphonie permet cette intercalation sans trop de difficulté. La figure 51 donne les détails de cette installation; LL_1 est le fil télégraphique, A est le bureau télégraphique par l'entremise duquel les communications de la station téléphonique B sont transmises sur le réseau télégraphique et vice-versa. M est l'appareil Morse, T le manipulateur et p la pile. Le système micro-téléphonique de chaque station est, pour plus de simplicité, représenté par le téléphone t ; c et c_1 sont des interrupteurs de la terre, G sont des générateurs magnéto-électriques, s des sonneries marchant avec des courants alternatifs, b est la boussole de la station téléphonique. Quand la ligne LL_1 est utilisée pour la télégraphie la communication avec la terre est interrompue en c et c_1 , les courants télégraphiques passent par les sonneries s et s_1 mais ne peuvent pas les influencer parce qu'ils ne sont pas alternatifs. Il convient cependant de choisir une direction des courants télégra-

Fig. 51.



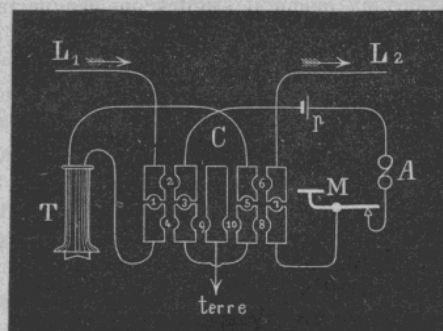
phiques telle qu'ils renforcent les aimants permanents de ces sonneries au lieu de les affaiblir. Les générateurs G sont, comme on le sait, automatiquement exclus de la ligne quand ils ne sont pas en action. Si la station B veut transmettre par téléphone un télégramme en A, elle regarde d'abord si la boussole b est tranquille, c'est-à-dire si la ligne est libre. Dans le cas de l'affirmative, elle établit la communication avec la terre en c et sonne. Les sonneries s et s_1 se mettent en branle et les bureaux télégraphiques à la droite de B entendent un faible roulement de l'armature de leur récepteur qui leur indique la nature de cet appel. La station A, après avoir établi la communication avec la terre en c_1 , répond aussi par le générateur et la conversation peut commencer sans possibilité de dérangement de la part des bureaux télégraphiques. Pendant tout ce temps

la ligne LL_1 peut être utilisée par télégraphe à la gauche de L jusqu'au dernier bureau et à la droite de L_1 jusqu'à A. Le même arrangement peut aussi servir quand la ligne télégraphique est exploitée par le système du courant continu.

Une autre intercalation de stations téléphoniques dans un fil télégraphique à courant continu a été indiquée par M. Zetzsch¹⁾. Quand il y a des stations téléphoniques des deux côtés du bureau télégraphique qui fait le service de translation, il s'agit surtout d'éviter, dans le téléphone, des courants qui puissent affaiblir l'aimantation. La figure 52 représente le bureau télégraphique chargé de faire l'intermédiaire entre des stations téléphoniques intercalées dans la ligne

¹⁾ Voir *Electrotechnische Zeitschrift*, vol. V, page 211.

Fig. 52.



L_1, L_2 à droite et à gauche. A est l'appareil Morse, M le manipulateur, p la pile, T l'appareil micro-téléphonique, C un commutateur à fiches à 5 lames, dont 4 sont coupées au milieu. Dans la règle les fiches sont placées dans les trous 1, 3, 5 et 7, le courant circule dans le sens des flèches et renforce l'aimant dans le système micro-téléphonique. Le téléphone est intercalé dans la ligne mais sans pouvoir être utilisé. Quand on veut téléphoner avec une station à gauche du bureau de transmission, on n'a qu'à planter une fiche dans l'un ou l'autre des deux trous 9 et 10. La ligne L_2 est alors indépendante de la ligne L_1 et la direction du courant n'est pas changée. Si, au contraire, le téléphone T doit être mis en communication avec une station téléphonique placée sur ligne L_2 , il faut planter les fiches dans les trous 2, 4, 6 et 8 (et encore dans 9 ou 10 pour établir la communication avec la terre). La direction du courant dans le téléphone restera la même aussi dans ce cas. On peut en outre exclure le téléphone de la ligne en plantant les fiches dans les trous 2, 4, 5 et 7 ou seulement dans 2 et 7.

Mentionnons encore, pour terminer ce sous-chapitre, une invention de M. *Harvey Brown*, par laquelle il veut employer le principe du téléphone pour la télégraphie sans pile. Le transmetteur consiste en un électro-aimant polarisé dont les pôles de polarité opposée sortent des bobines. Sur ces pôles repose un levier en fer doux dont l'extrémité est fixée par une articulation à l'un des pôles, tandis que le levier dépasse l'autre pôle et aboutit en un manche. Ce levier joue le rôle du levier d'un manipulateur; quand on l'abaisse il ferme le circuit métallique de l'aimant dont l'influence sur les bobines devient presque nulle. Il en résulte un flux électrique qui parcourt la ligne et qui, sans être assez puissant pour faire marcher un appareil télégraphique, peut produire des signaux très distincts dans un téléphone. Au lieu de donner la forme usuelle

à ce récepteur, on peut le transformer en boîte fixe avec large embouchure qui reproduit les signaux Morse à distance de sorte qu'on n'est pas obligé de rapprocher l'oreille et qu'on peut copier tout à l'aise les dépêches reçues à l'ouïe.

6. Théorie du téléphone.

Dans une étude complète sur la téléphonie, comme celle que nous nous sommes proposé de présenter à nos lecteurs, on peut se demander à quelle place il convient de traiter la question théorique: devrait-elle figurer en tête d'une étude de ce genre ou venir à la suite et comme conséquence de l'exposé des différents systèmes et des expériences relatées dans ce travail. Sans vouloir exprimer une opinion formelle à cet égard, nous tenons cependant à expliquer pour quels motifs nous avons choisi cette dernière place. Dans notre pensée, la théorie résulte principalement des expériences et des investigations; plus grand est leur nombre et plus elles sont variées, plus on peut espérer rapprocher la théorie de la vérité. Nous considérons donc la théorie comme un résultat final, comme une conclusion de nos recherches, et c'est pour cette raison que nous avons placé ce chapitre après et non pas avant la description des appareils.

Toutes les théories présentent un côté incertain et même lorsqu'elles sont adoptées, nous savons rarement si nous pouvons les regarder comme définitives. Elles résultent, d'un côté, des observations des phénomènes de la nature et, de l'autre, de déductions mathématiques; mais quelquefois les phénomènes de la nature sont mal interprétés et quoique les résultats de l'analyse et de la synthèse mathématique soient des vérités absolues, leur application aux phénomènes de la nature n'est pas toujours exempte d'erreurs. Nous avons dans l'histoire des sciences naturelles l'exemple de plusieurs cas où l'investigation et le calcul mathématique ont conduit à des théories erronées.

Quant à la téléphonie, nous sommes encore loin d'une théorie complète, malgré le grand nombre de travaux émanant de personnes très compétentes et d'un savoir incontestable. Tout ce que nous possédons actuellement doit être considéré comme des matériaux accumulés en vue d'une construction à réaliser dans l'avenir. Beaucoup de phénomènes sont encore inexpliqués et plusieurs thèses des théories qui ont déjà vu le jour sont embarrassées d'obscurités et de doutes.

Partant des faits acquis, nous savons qu'on peut reproduire la parole à des distances inaccessibles à la voix humaine. Cette reproduction peut avoir lieu de trois manières différentes, d'abord en utilisant un télé-

phone Bell comme transmetteur et un autre téléphone Bell comme récepteur, les deux intercalés dans le même circuit; ensuite en utilisant un microphone comme transmetteur et un téléphone Bell comme récepteur, les deux intercalés dans le même circuit; et finalement en plaçant le microphone et le téléphone dans deux circuits différents qui s'influencent au moyen d'une bobine d'induction.

Dans le premier cas, on peut distinguer différents phénomènes qui se succèdent et dont chacun est la conséquence du phénomène précédent. Les ondes sonores frappent contre le diaphragme du téléphone récepteur, ce diaphragme entre en vibrations mécaniques, les vibrations changent l'état magnétique du récepteur et ces changements produisent des courants électriques dans le circuit. Les courants ainsi engendrés produisent, dans l'état magnétique du téléphone récepteur, des changements qui, à leur tour, font vibrer le diaphragme de ce dernier et finalement ces vibrations produisent des ondes sonores.

Il existait, dans les premiers temps de la téléphonie, des sceptiques qui doutaient de ces transformations multiples et voulaient expliquer la reproduction de la parole par un simple phénomène acoustique; mais cette idée est réfutée depuis longtemps et avec raison, car elle est absolument insoutenable sous plusieurs rapports; nous mentionnerons seulement la lenteur de la propagation qui serait une conséquence inévitable de cette théorie. Nous savons qu'à toute distance, par exemple à 100 kilomètres, la reproduction de la parole est instantanée, puisque la réponse nous revient sans aucun délai, ce qui serait impossible si le phénomène était purement acoustique.

La reproduction de la parole au moyen du téléphone est faible, dans certaines circonstances excessivement faible, et certaines lettres de l'alphabet restent quelquefois inintelligibles, surtout les lettres sifflantes et gutturales. La précision de la reproduction laisse même beaucoup plus à désirer que nous ne le croyons généralement. Nous devinons une grande partie des lettres par la position qu'elles occupent dans les mots. Nous avons d'ailleurs, dès notre enfance, contracté l'habitude de deviner certaines lettres, car la parole même qui frappe directement notre oreille n'est souvent pas facile à saisir, beaucoup de personnes ne parlant pas distinctivement. Nous continuons ainsi cette habitude avec le téléphone qui altère le son de certaines lettres. La situation empire naturellement si la personne qui parle dans le téléphone ne sait pas bien parler; mais nous ne nous préoccupons pas de ce cas dans notre investigation, car il n'a rien à faire avec la théorie du téléphone. Les imperfections de la

reproduction de la parole par le téléphone se manifestent surtout quand il s'agit d'une langue inconnue ou de noms propres; il devient quelquefois nécessaire dans ce cas de transcrire les consonnes d'une manière ou d'une autre, par exemple *r* par „rose“, *s* par „so-leil“, *v* par „violettes“ et ainsi de suite.

Pour établir une théorie du téléphone il faut étudier les différents phénomènes qui se succèdent, chercher les causes des altérations des consonnes, du grand affaiblissement de la parole et maints autres points qui demandent à être élucidés.

Le professeur Bell, l'inventeur du téléphone, a aussi le premier donné une théorie de son fonctionnement. D'après lui le courant circulant dans une ligne téléphonique est ondulatoire, sans aucune interruption, mais traversant le point du potentiel électrique zéro. Ce principe fondamental de la théorie de M. Bell est attaqué de différents côtés, par exemple par M. de Loicht-Labye, qui prétend que des courants interrompus peuvent aussi servir à la reproduction de la parole. Nous reviendrons sur cette question. M. Bell applique au téléphone les théories bien connues de l'acoustique dont l'essentiel est le suivant: Ces ondes acoustiques ou électriques peuvent graphiquement être représentées par une courbe sinusoidale; un corps qui est en vibrations simples et uniformes produit un ton simple; c'est le cas qui se présente avec un diapason. Un diapason vibrant produit, quand on le place devant un téléphone récepteur dans le circuit téléphonique, des ondulations électriques parfaitement régulières, une sinusoïde pure. Mais d'autres sons provenant d'autres instruments, d'une corde de violon, d'un tuyau d'orgue, etc., ne se composent pas de vibrations simples, ce sont des sons composés d'un son fondamental et de plusieurs sons harmoniques. Si le son fondamental est l'*Ut*, alors les sons superposés harmoniques sont l'*ut*₁, *fa*₁, *ut*₂, *re*₂, *fa*₂, *ut*₃, et suivant que l'un ou l'autre de ces sons harmoniques est plus prononcé, le timbre du son est modifié. Le même son produit par un violon, une flûte, un cornet à piston, la voix humaine, possède un autre caractère, un autre timbre, parce que ce sont d'autres tons harmoniques qui jouent un rôle prépondérant. La différence entre les voyelles ou diphtongues *a*, *é*, *i*, *o*, *ou*, *é*, *eu*, *u* consiste aussi dans des différences de force des sons harmoniques; M. Helmholtz est même parvenu à produire toutes les voyelles mécaniquement. Quand un ton quelconque, ainsi composé, parvient à notre organe de l'ouïe, nous pouvons admettre qu'il a été produit par des vibrations complexes, l'*Ut* faisant 64,66 vibrations par seconde, l'*ut*₁ 258,65, le *fa*₁ 344,87, l'*ut*₂ 517,3, le *re*₂ 581,96, le *fa*₂ 689,74, l'*ut*₃ 1034,6. Mais ces différents systèmes de vibrations n'existent pas simulta-

nément et indépendamment l'un de l'autre dans l'air; ils se confondent au contraire en une seule espèce de vibrations complexes qui renferment en elles les caractères de toutes les différentes vibrations. On peut reproduire la chose graphiquement, en superposant plusieurs sinusoides de différentes longueurs de vibration et en représentant les caractéristiques de toutes, dans une seule ligne. Cette ligne sera alors irrégulière, mais elle montrera toujours une période caractéristique. Les ondes sonores qui frappent contre notre oreille et produisent la sensation d'un son complexe, portent le même caractère d'une période bien définie.

Il en est de même de la sensation que les consonnes produisent sur notre oreille, seulement les vibrations sont encore plus complexes que pour les voyelles. Certaines consonnes ne peuvent être prononcées qu'avec une durée très courte et en les faisant précéder ou suivre d'une voyelle, comme *b, p, d, t*. A d'autres on peut donner une durée plus ou moins longue comme à *r, s, f, l, m, n*. M. Bell, en appliquant la théorie de l'acoustique à son téléphone, a simplement passé sous silence les difficultés. Il admet que les ondes complexes produisent dans le diaphragme du transmetteur des vibrations de même forme qui se reflètent une troisième fois dans les ondulations du courant électrique et une quatrième fois dans la membrane du téléphone récepteur, mais il ne s'occupe pas des détails d'imperfection et d'affaiblissement que montrent ces reproductions. Dans une théorie complète il faut au contraire déterminer le phénomène dans toutes ses périodes consécutives, savoir exactement ce qui se passe dans le diaphragme, dans l'aimant et dans le circuit électrique.

Les courants transmis de téléphone à téléphone sont très faibles. On peut encore entendre dans un téléphone les interruptions d'un circuit qui a 100 megohms de résistance, si la force électro-motrice ne dépasse pas celle d'un élément Daniell. Le courant a alors seulement la force de $1,116 \times 10^{-8}$ ampères. Brough et Pellat, dans leurs investigations, sont arrivés à peu près aux mêmes résultats. Pour démontrer quelle petite énergie le téléphone demande pour réagir, M. Pellat a chargé un condensateur de 0,33 microfarad 160 fois à la seconde et l'a déchargé à travers un téléphone. Il pouvait alors diminuer la force électro-motrice jusqu'à 0,0005 volts et les décharges s'entendaient encore dans le téléphone, quoique la quantité d'électricité, 160 CV, ne dépassât pas un 40 millionième d'une unité de quantité. L'énergie dépensée devient alors si petite qu'elle devrait s'accumuler pendant 10 000 ans pour pouvoir élever un gramme d'eau d'un degré centigrade de température.

Les faibles courants circulant dans le téléphone ou, en d'autres mots, la sensibilité excessive de cet instrument, ont été constatés de différentes manières. Si l'on veut se servir du téléphone seulement comme répéteur des signaux télégraphiques, on n'a pas besoin de pile. Les courants telluriques ou ceux engendrés par les plaques de terre qui sont enfoncées dans le sol humide, suffisent amplement pour fournir l'électricité nécessaire pour le service.

Les courants électriques qui se développent dans le circuit téléphonique, quand on parle contre la membrane d'un téléphone, sont plus difficiles à mesurer, car ils sont très irréguliers, varient avec la hauteur de la voix, les voyelles, les consonnes palatales ou explosives et autres détails de la parole. MM. Cross et Page¹⁾ ont cherché à déterminer la force de ces courants, surtout pour les voyelles *a, o, i* et la diphtongue *ou*, mais en les prononçant principalement contre des microphones. Dans ce cas, les courants sont en général sensiblement plus forts que si l'on se sert comme transmetteur d'un téléphone Bell. On obtient les plus forts courants téléphoniques quand on combine la bobine d'induction avec le microphone. La force moyenne des courants varie alors entre 0,79 et 0,07 milliampères, donc dans des limites assez larges, suivant le genre de microphone employé et la voyelle prononcée ou chantée. En général la voyelle *o* et la diphtongue *ou* donnaient les plus forts courants, la voyelle *i* les plus faibles. Pour éviter les variations d'intonation qui se font remarquer dans l'électro-dynamomètre au commencement de la prononciation d'une voyelle, les expérimentateurs n'ont fermé le circuit que quand la voix était en plein développement.

Cette différence dans les forces des courants engendrés par la prononciation des voyelles peut être démontrée de plusieurs manières. Une des plus frappantes est celle indiquée par M. le professeur Fick. Il mettait les nerfs d'une grenouille en rapport avec un circuit téléphonique. Quand on parle alors contre le téléphone, la grenouille manifeste des contractions énergiques. Les courants étaient ensuite affaiblis jusqu'à un tel degré que les contractions étaient sur le point de disparaître. Si dans ces circonstances on disait dans le téléphone „zucke“ la grenouille montrait des contractions, tandis qu'avec les mots „liege still“ elle restait immobile. Le téléphone est d'ailleurs plus sensible que le nerf d'une grenouille, ce qui a été constaté par M. le Dr d'Arsonval. Il excitait ce dernier au moyen d'une bobine d'induction et éloignait la bobine induite jusqu'au point où les contractions cessaient complète-

¹⁾ *The telegraphic Journal and electrical Review*, vol. XVII, page 412.

ment. Il remplaçait alors la grenouille par un téléphone et entendait le bruit distinctement. En continuant l'éloignement de la bobine d'induction jusqu'au point où, dans le téléphone aussi, cessait toute manifestation accessible à l'ouïe, il a cru pouvoir déterminer la sensibilité qu'il a fixée à 200 fois plus grande que celle de la grenouille. Nous pensons seulement que M. d'Arsonval n'a pas tenu compte des différences de résistance. A travers la grenouille les courants d'induction étaient probablement sensiblement moins forts que dans le téléphone, une vraie comparaison des deux sensibilités est donc seulement possible en maintenant dans les deux expériences la même force de courant.

Malgré la grande sensibilité du téléphone il ne dépasse pas, dans cette qualité, un galvanomètre très délicat, par exemple celui de Sir W. Thomson. Son seul avantage sur les galvanomètres repose dans la facilité avec laquelle il peut indiquer les plus faibles courants alternatifs pour lesquels les galvanomètres restent muets.

Si l'on veut essayer d'analyser le phénomène de la reproduction de la voix par le téléphone il faut partir du cas le plus simple, deux téléphones Bell comme transmetteur et récepteur dans le même circuit, et étudier d'abord les *mouvements de la membrane* du transmetteur et du récepteur. Ces mouvements sont si faibles que leur nature est restée longtemps inconnue. Deux opinions opposées se combattaient dès le commencement; certains savants étaient d'avis qu'ils étaient de nature moléculaire, d'autres les regardaient comme vibratoires. M. Antoine Breguet, qui d'ailleurs s'est distingué par des travaux scientifiques sur l'électricité appliquée, niait nettement la possibilité de mouvements vibratoires du diaphragme. La plus intéressante controverse qui ait eu lieu à ce sujet s'est produite entre M. le Comte du Moncel, d'un côté, et MM. Navez père et fils, de l'autre¹⁾. Le premier défendait les mouvements moléculaires, les deux autres les mouvements vibratoires. Différentes observations semblaient donner raison à M. du Moncel. D'abord il était impossible de constater de visu les mouvements vibratoires, mais d'autres expériences les mettaient aussi fort en doute. Si l'on couvre la membrane d'une plaque de bois, verre, caoutchouc ou autre matière, et si l'on parle contre ce couvercle on peut, quoique faiblement, transmettre la parole. De même on peut l'entendre au téléphone récepteur quand sa membrane est ainsi cachée. Des couches de différents liquides, eau, huile, etc. sur la membrane n'empêchent pas la transmission de

la parole. De même quand on donne à la membrane des dimensions inusitées, des épaisseurs jusqu'à plusieurs centimètres de sorte qu'on n'ait plus une membrane devant soi, mais un véritable bloc de fer, la parole se transmet encore. Les plus curieuses expériences furent celles que l'on fit avec des récepteurs sans membrane aucune. Des sons musicaux se transmettaient encore dans ce cas, quoique avec grande faiblesse, et quelquefois on pouvait même distinguer quelques sons articulés. Ces phénomènes entrent très probablement dans la catégorie de celui que Reis a déjà expérimenté dans son récepteur téléphonique. Quand on place dans une longue bobine une tige en fer et qu'on fait passer par la bobine des courants intermittents, il se produit dans la tige en fer des mouvements moléculaires qui sont accompagnés d'un faible son parce que la tige tout entière se raccourcit et s'allonge, bien entendu dans des limites excessivement restreintes. Le son ainsi produit acquiert le caractère d'un ton musical si les intermittences du courant sont suffisamment rapides et régulières. Il est probable que dans un récepteur téléphonique sans membrane, la reproduction du son se fait aussi par des raccourcissements et des allongements successifs du noyau en fer doux.

Outre les investigateurs déjà nommés, il faut aussi citer M. Ader qui a modifié les expériences pour élucider cette question de la reproduction de la parole sans diaphragme. Cette controverse, quoiqu'elle ait perdu aujourd'hui son actualité, a pourtant aidé à éclaircir différents points obscurs dans la théorie du téléphone. Il a été constaté que quoique le diaphragme joue le rôle prépondérant parmi les corps en mouvement, d'autres corps y participent aussi. Dans un téléphone, récepteur ou transmetteur, tout est en mouvement, outre le diaphragme, le noyau, la bobine, même la douille. L'inverse de ce phénomène est celui qui se produit lorsqu'une personne parlant dans le téléphone, au lieu de le tenir devant la bouche, le presse simplement contre la gorge, la poitrine ou même le front. Dans ce cas les paroles prononcées se transmettent néanmoins, ce qui indique que toutes les parties du corps de la personne qui parle prennent, à un plus ou moins haut degré, part aux mouvements oscillatoires qui agissent sur le téléphone.

Des expériences de date plus récente ont démontré que les mouvements utiles du diaphragme sont de nature vibratoire, mais il résulte de ce qui a été dit plus haut qu'à côté de ces mouvements vibratoires il existe encore des mouvements moléculaires. Il est peu probable cependant que ces derniers contribuent beaucoup à la force et à la netteté de la parole reproduite; il y a même des expérimentateurs qui sont d'avis que la pa-

¹⁾ Voir les Bulletins de l'Académie royale de Belgique, année 1878, et aussi *Journal télégraphique* de 1878, Nos 2 à 7.

role serait plus nette si l'on pouvait complètement supprimer les mouvements moléculaires.

L'étude la plus complète sur les mouvements du diaphragme, aussi bien dans le transmetteur que dans le récepteur, nous a été donnée par M. Mercadier¹⁾. Il s'est occupé principalement de ces mouvements en laissant de côté les phénomènes intermédiaires de la reproduction de la parole. Les diaphragmes des téléphones sont des plaques en fer ou en acier minces et élastiques. Elles ont comme toutes les plaques, lames ou tiges élastiques des vibrations qui leur sont propres, d'une vitesse déterminée qui, pour des lames, peut être calculée par la formule $n = ke/l^2$ où n est le nombre des vibrations complètes par seconde, e l'épaisseur et l la longueur de la lame en millimètres et k un coefficient qui, pour le fer et l'acier, est 5320134. Le nombre des vibrations observées diffère très peu du nombre trouvé par le calcul. La même formule, avec une légère modification, est aussi applicable aux disques élastiques circulaires. Dans ce cas nous avons $n = k_e e/d^2$ où n et e gardent leur signification précédente, d est le diamètre du disque et k_e un coefficient qui est fonction du coefficient d'élasticité et de densité du disque. M. Mercadier a, pour les disques aussi, comparé les vibrations observées avec celles que l'on obtient par le calcul. Pour déterminer les vibrations, il a placé les diaphragmes sur trois points en liège formant un triangle équilatéral. Si l'on choisit les trois points de support dans un cercle qui a environ un diamètre de 0,68 du diamètre du diaphragme, les trois points de support touchent la première ligne nodale et la plaque est libre de vibrer dans la vitesse de la première harmonique. Les vibrations sont déterminées électriquement et enregistrées par un chronographe comme celles des diapasons. Un courant passe par un électro-aimant placé au dessous du centre du disque et par l'attraction de ce dernier le courant s'interrompt. Pour reproduire les vibrations qui correspondent au son fondamental, il faut fixer le disque au centre et faire agir l'électro-aimant sur un point de la circonférence. Les difficultés qui accompagnent cette seconde méthode ont conduit M. Mercadier à la négliger et à s'en tenir à la première.

Par différentes séries d'expériences, avec des disques de toutes dimensions, il a été constaté que la théorie ne concorde pas avec les vibrations observées et cela d'autant moins que les disques sont moins épais. Cette discordance ne peut pas s'expliquer autrement que par le manque d'homogénéité de la matière. Même en

choisissant l'acier ou le fer avec le plus grand soin, on y rencontre toujours des soufflures ou des agglomérations; un examen microscopique montre encore d'autres irrégularités. Il faut ajouter à tout cela que par le laminage des plaques il s'est formé deux axes d'élasticité qui contribuent aussi à la dissymétrie générale.

On peut rendre visible ces irrégularités dans les disques élastiques par les figures harmoniques de Chladni. Si l'on couvre les disques de sable fin ou de poudre de lycopode, ce dépôt s'amasse sur les lignes nodales et l'on voit alors que la première ligne nodale n'est presque jamais circulaire; quelquefois elle est ovale ou triangulaire et souvent elle a des formes encore plus irrégulières. C'est ainsi le cas avec les lignes nodales plus compliquées des sons harmoniques supérieurs. Pour l'oreille, l'irrégularité dans la matière des disques se manifeste par des sons discordants; souvent on entend même deux sons fondamentaux qui ne diffèrent que d'un comma ou d'une note entière.

Les irrégularités dans la matière des diaphragmes rendent très incertain ou impossible le calcul du son particulier ou propre et de ses harmoniques, qui sont la conséquence des vibrations libres, mais cela a finalement peu d'importance, l'essentiel est de constater l'existence de ces dernières et d'étudier leur rôle dans les transmissions téléphoniques. Le nombre des vibrations libres d'un diaphragme est très restreint; mais si l'on produit devant un téléphone l'échelle entière des sons musicaux il les reproduit tous. Bien plus encore, si l'on parle contre le téléphone et si l'on produit ainsi des ondes sonores très complexes qui n'ont aucun rapport avec les vibrations libres, il les reproduit aussi. Les vibrations de la voix humaine (abstraction faite des sons harmoniques), varient entre les vitesses de 65 à 1044 ondulations par seconde, tandis que les membranes de nos téléphones ont des vibrations beaucoup plus rapides. Il y a donc, à côté des vibrations libres, d'autres vibrations qu'on peut désigner comme *forcées* et ce sont presque uniquement ces dernières qui servent à la transmission de la parole. Il y a certainement des circonstances où l'on peut reconnaître l'influence des vibrations libres; ainsi, si l'on produit la gamme musicale devant le téléphone, on reconnaît une préférence de ce dernier pour certaines notes qui sont reproduites avec plus de force. Lorsque ce cas se produit, c'est que l'on est tombé sur une note dont la vitesse de vibration correspond avec une des vibrations libres du téléphone, mais dans les reproductions ordinaires auxquelles sert le téléphone le rôle des vibrations libres est presque nul. Ce fait peut être constaté très facilement en supprimant complètement les vibrations libres.

¹⁾ Voir *Lumière électrique*, vol. XVIII, pages 222, 289, 351, 403 et 443.

Quand on applique au diaphragme des coups de marteau, de sorte que sa surface cesse d'être plane, il n'est plus apte à produire les vibrations libres et pourtant il sert presque aussi bien pour la reproduction téléphonique qu'un diaphragme intact. On sait qu'en touchant légèrement avec le doigt le bord d'une sonnette ou d'un verre en vibrations libres ou le bout d'un diapason, les vibrations sont arrêtées presque instantanément; dans le téléphone un pareil obstacle n'influence guère la transmission. On peut couvrir la plaque de cire, d'édredon, de liège ou de toute autre matière apte à supprimer les vibrations libres sans modifier la transmission. On arrive aux mêmes résultats si l'on perce le diaphragme d'un grand nombre de trous, de sorte qu'il ait plutôt l'apparence d'une écumoire, ou si on enlève plus de la moitié du diaphragme en le découpant en forme d'une roue à 5 ou 6 rais. On peut encore aller plus loin dans la suppression des caractères d'une plaque vibrante, c'est-à-dire rendre l'élasticité et la rigidité nulles, sans que la possibilité de la transmission de la parole disparaisse. M. Mercadier a éparpillé de la limaille de fer sur un papier, une plaque de mica ou de caoutchouc, etc., et quelques grains seulement suffisaient déjà pour reproduire la parole. Certainement la force de la reproduction était, jusqu'à un certain point, en rapport avec le nombre des grains de limaille de fer, mais même en couvrant un papier complètement avec la limaille, cet amas de grains indépendants n'acquiert jamais les caractères d'une plaque vibrante. Le même effet se produit au moyen d'un treillis en fil de fer très fin. On peut donc dire qu'une plaque en fer élastique et rigide n'est pas indispensable mais utile pour les reproductions téléphoniques.

En ce qui concerne la limaille de fer, M. Mercadier a constaté qu'en augmentant toujours la quantité on arrive à un point où une augmentation des grains n'augmente plus la force de la reproduction. Le côté intéressant dans cette observation, c'est que la quantité de limaille qui produit l'effet maximum, est une fonction de l'aimantation du téléphone.

Ce qui constitue la règle pour le diaphragme du transmetteur s'applique aussi à celui du récepteur, seulement les vibrations forcées de ce dernier sont sensiblement plus faibles que celles du premier. Quant au rapport entre les amplitudes des deux diaphragmes, les opinions varient sensiblement. M. W. Siemens estime la force de la parole primitive 10 000 fois plus grande que celle de la reproduction, tandis que M. Vierordt descend jusqu'au rapport de 577 à 1.

Les intéressantes études de M. Mercadier sur les mouvements de la membrane du téléphone complètent utilement celles de M. le professeur Hagenbach de Bâle

sur le même objet¹⁾. D'après M. Hagenbach le diaphragme d'un téléphone ne peut suivre, dans ses mouvements, les forces qui agissent sur lui, que si ces mouvements ou vibrations sont excessivement petits. Sous cette condition le diaphragme se comporte comme une mince membrane de caoutchouc et la rigidité du diaphragme joue seulement un rôle secondaire. Cela explique aussi pourquoi, dans tous les téléphones récepteurs qui donnent une reproduction très forte, la netteté de la parole laisse beaucoup à désirer. Les amplitudes de la membrane sont alors si considérables que des vibrations libres s'y mêlent et transforment sensiblement le timbre du son. Il y a pourtant des circonstances dans lesquelles les conséquences de la rigidité se font remarquer même pour les vibrations infiniment petites, et M. Hagenbach en a constaté une avec les tiges sonnantes de König. Ces tiges vont de 4096 jusqu'à 32 768 vibrations doubles à la seconde, c'est-à-dire de l' ut_3 jusqu'à l' ut_5 . La tige qui donne 32 768 vibrations doubles représente l' ut_5 . Peu de personnes sont capables d'entendre ce son; pour quelques-unes l'audition cesse déjà avec le mi_7 , pour d'autres avec le sol_7 . On peut en général admettre que notre organe de l'ouïe n'est plus affecté par des sons dont la vitesse dépasse 30 000 vibrations doubles par seconde. Quand on reproduit les sons par le téléphone, cette limite supérieure descend sensiblement plus bas; quelquefois on n'entend plus au delà de l' ut_3 ou mi_7 , et pour des personnes différentes qui ne sont pas douées de la même sensibilité pour les sons allant directement à l'oreille, la limite supérieure dans le téléphone est la même. Il en résulte que le diaphragme est incapable de suivre les vibrations excessivement rapides des sons au delà de mi_5 . Quelquefois il arrive qu'un son isolé, disons le sol_6 ou le re_7 , peut encore être entendu très faiblement. Dans ces cas exceptionnels, on est tombé sur un son harmonique propre au diaphragme; cette exception est une conséquence de la rigidité de la membrane et confirme la règle.

On pourrait se demander où est le siège de cette incapacité du téléphone pour la reproduction des sons élevés, dans le diaphragme, dans le magnétisme ou dans le circuit électrique; on obtient la réponse à cette question en modifiant l'un après l'autre le magnétisme, le circuit et le diaphragme. C'est par la modification de ce dernier seulement que l'on arrive à changer la limite supérieure des sons perceptibles à l'oreille, c'est donc le diaphragme qui ne peut pas suivre les vibrations très rapides.

Après plusieurs essais infructueux, différents savants sont arrivés à rendre les vibrations du diaphragme

¹⁾ Uebertragung hoher Töne durch das Telephon. Wiedemann's Annalen, vol. VI, page 407.

visibles. M. Bosscha a fixé sur le diaphragme un poil de porc et a observé les mouvements de la pointe de ce poil au moyen d'un microscope. Il a constaté pour les plus faibles courants qui peuvent encore produire un son, des amplitudes de la membrane de 1,3 à 2,9.10⁻⁶ millimètres, c'est-à-dire environ $\frac{1}{200}$ de la longueur d'onde de la lumière jaune. M. Salet a choisi une autre méthode pour déterminer l'amplitude des oscillations. Il a collé sur le diaphragme une plaque en verre et devant celle-ci une seconde plaque à une distance telle que les anneaux de Newton pouvaient être produits entre elles. Si alors le téléphone émet un son continu et si devant la double plaque en verre l'on place un disque tournant qui a des fentes radiales on voit, avec une vitesse donnée de rotation du disque, les anneaux de Newton nettement à travers les fentes, mais si la rotation est accélérée ou retardée les anneaux commencent à osciller et on peut déterminer l'amplitude de ces oscillations; M. Salet a trouvé 2 à 3 dix millièmes de millimètre.

Tout dernièrement M. le Dr. O. Frölich a publié de nouvelles méthodes pour rendre visibles les oscillations du diaphragme du téléphone¹⁾. On colle sur le diaphragme, entre le centre et le bord, un petit miroir et on reflète dans ce miroir les rayons d'une source de lumière comme cela se fait pour les galvanomètres à miroir. Le point de lumière sur l'écran montre alors un faible mouvement. Cette méthode et les suivantes ont surtout été appliquées aux diaphragmes des téléphones récepteurs dont les mouvements sont beaucoup plus faibles que ceux des diaphragmes des téléphones ou microphones transmetteurs et qui montrent encore d'autres anomalies dont nous parlerons plus tard. Au lieu d'employer la méthode objective, on peut aussi observer l'image d'une échelle dans le petit miroir au moyen d'un petit télescope hollandais. M. Melde a transmis les vibrations du diaphragme sur une corde tendue. Au milieu du diaphragme est fixé une extrémité d'un fil de fer de 40 cm de longueur et de 0 mm,6 de diamètre, tendu par un ressort à boudin attaché à l'autre bout; le fil est parallèle au plan du diaphragme. On peut ainsi produire des vibrations visibles du fil, et si l'on fixe sur le fil un petit miroir, au milieu, entre deux nœuds, on reçoit sur l'écran des mouvements très agrandis. M. le Dr. Robert Weber à Neuchâtel s'est, le premier, servi des flammes dansantes de König pour nous donner une des plus jolies reproductions visuelles des vibrations du diaphragme, mais il a travaillé avec des courants de pile et le mérite d'avoir appliqué la méthode aux mouvements pro-

duits par la parole articulée revient à M. le Dr. Frölich. On fixe sur le diaphragme un morceau de liège avec surface légèrement sphérique et on applique au dessus un réservoir très étroit dont le fond est une membrane de caoutchouc tendu qui touche la surface du liège. Un tube conduit le gaz dans le réservoir et un bec de gaz fournit la flamme dansante qu'on observe dans un miroir tournant autour d'un axe vertical. Les flammes montrent pour chaque voyelle et pour chaque hauteur de son une image caractéristique. Les expériences ont surtout été faites avec les voyelles *a*, *e*, *i*, *o* et la diph-tongue *ou*, chantées par une voix de bariton devant le téléphone. Les hauteurs du son chanté étaient l'*Ut*, le *mi*, l'*ut*, et le *mi*. Les différences de la forme de l'image de la flamme pour une voyelle donnée, par exemple pour le *o*, suivant la hauteur dans laquelle elle était chantée, sont remarquables. Les consonnes ne donnent guère une image caractéristique, car cette image est toujours absorbée par celle de la voyelle qui accom-pagne la consonne.

M. Frölich a constaté par les images des flammes les mouvements d'une membrane contre laquelle on parle ou chante directement et ceux d'une membrane actionnée par le courant téléphonique dans le téléphone récepteur. La différence entre ces deux images est frappante, et en nous occupant de cette partie de l'étude de M. Frölich nous arrivons à la *modification de la phase* dans les téléphones. Il est généralement connu qu'on peut, avec les figures de Lissajous, déterminer le rapport entre les vibrations de deux diapasons; la même méthode se recommande pour la comparaison des vibrations d'un diapason et d'un diaphragme ou des deux diaphragmes du transmetteur et du récepteur. Quand deux diapasons n'ont qu'approximativement la même vitesse de vibration, les images de Lissajous passent d'un trait à des ellipses accentuées qui, dans leur forme, se rapprochent peu à peu du cercle pour passer de nouveau au trait par des ellipses de plus en plus accentuées; donc malgré la différence entre les diapasons on obtient toujours des figures géométriques, tandis qu'avec un diapason et un diaphragme influencés par les mêmes impulsions électriques les figures de Lissajous sont très irrégulières. Par ce phénomène il est constaté que les vibrations sonores subissent dans le téléphone des modifications importantes, et cela déjà dans le téléphone transmetteur, mais plus encore dans le téléphone récepteur et toujours dans le sens de la complication, c'est-à-dire qu'aux vibrations simples d'un diapason s'ajoutent d'autres vibrations d'où résulte un son composé. M. le Dr. Frölich obtient absolument les mêmes résultats avec ses images des flammes. Les images des membranes sur lesquelles les ondes sonores

¹⁾ Optische Darstellung der Vorgänge im Telephon. *Electro-technische Zeitschrift*, vol. VIII, page 210.

agissent directement sont toujours plus simples que celles produites par le diaphragme du téléphone récepteur. Voici un exemple d'une série d'observations: lorsque la membrane, actionnée directement par les ondes sonores de la voyelle *a*, chantée en *mi*, produit une simple languette, l'image obtenue du diaphragme du téléphone récepteur, montre trois languettes pointues de différentes longueurs. Dans chaque hauteur la transformation est autre; l'image d'une voyelle se transforme le moins quand elle est chantée bas et la transformation augmente avec la hauteur du son. Il est étonnant que malgré ces transformations on comprenne très bien les voyelles, sauf peut-être l'*i*, par le téléphone.

Les modifications que subissent les consonnes dans le téléphone sont beaucoup plus importantes. En général on comprend encore bien les consonnes *b*, *d*, *f*, *r* et *t*, moins bien *n*, *p*, *w*, *m*, mal les consonnes *s*, *h*, *k*, *j* et on confond surtout *m* avec *n*, *j* avec *c* et *h* et *s* avec *v*. En général les consonnes gutturales, sifflantes et aspirées, sont mal reproduites.

Nous avons déjà vu que les vibrations d'un diaphragme ne peuvent plus être représentées par une sinusoïde, si elles sont complexes. Elles sont alors plus ou moins irrégulières mais d'une irrégularité qui se répète continuellement si le son original ne change pas. Cette courbe irrégulière ou période est caractéristique pour chaque son complexe. Or si la membrane du téléphone récepteur fait d'autres vibrations que celle du téléphone transmetteur, la période des ondes est différente dans un cas et dans l'autre, c'est-à-dire que le temps dans lequel la force du courant a passé pour la première fois la valeur zéro, la *phase* du mouvement, a subi une modification. Cette modification de la phase est nettement démontrée par les expériences de M. Frölich. La phase subit encore, entre deux téléphones, un autre changement, mais qui n'influence pas la fidélité de la transmission, c'est son déplacement. Chaque membrane atteint la plus grande vitesse quand elle passe par sa position de repos ou d'équilibre; le diaphragme du transmetteur produit donc dans ce moment le plus grand changement du magnétisme et par conséquent le plus fort courant magnéto-électrique, mais dans le téléphone récepteur ce courant produit la plus forte attraction ou répulsion du diaphragme, c'est-à-dire le maximum de l'amplitude. De cette manière le diaphragme du récepteur est toujours en arrière de celui du transmetteur, et cela d'un quart d'une vibration double. C'est M. S. Thompson qui pour la première fois a constaté ce déplacement de la phase.

Les causes de la modification de la phase ont été cherchées dans le courant électrique qui se développe de téléphone à téléphone par les variations du magné-

tisme dans les noyaux. Parmi les savants qui ont étudié cette partie de la théorie, nous citons MM. Du Bois-Reymond ¹⁾, Helmholtz ²⁾, Fr. Weber ³⁾, Vaschy ⁴⁾, Wietlisbach ⁵⁾, Aaron ⁶⁾, Hermann ⁷⁾. Nous donnons un abrégé de ces déductions d'après M. le prof. G. Wiedemann ⁸⁾.

Soient donnés deux circuits qui s'influencent réciproquement et soit intercalé dans l'un le téléphone T, dans l'autre le téléphone T₁. Soit dans le circuit du téléphone T la résistance W, l'intensité du courant I, le potentiel du circuit sur lui-même Q et le potentiel des masses magnétiques sur le circuit P, et dans le circuit du téléphone T₁ les valeurs analogues W₁, I₁, Q₁, finalement R le potentiel des deux circuits l'un sur l'autre, alors on a, d'après les lois d'induction, comme elles ont été découvertes par M. Neumann:

$$I W = \frac{dP}{dt} - Q \frac{dI}{dt} - R \frac{dI_1}{dt} \quad 1)$$

$$I_1 W_1 = -Q \frac{dI_1}{dt} - R \frac{dI}{dt} \quad 2)$$

on peut écrire le potentiel électro-magnétique P:

$$P = P_0 + A \sin. 2\pi n t$$

et les équations

$I = C \sin. (2\pi n t + \alpha)$ et $I_1 = C_1 \sin. (2\pi n t + \alpha_1)$ satisfont aux équations 1) et 2) si les amplitudes sont

$$C = \frac{A}{Q} \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{W_1}{2\pi n Q_1}\right)^2}{\left(\frac{W}{2\pi n Q} + \frac{W_1}{2\pi n Q_1}\right)^2 + \left(1 - \frac{R^2}{Q Q_1} - \frac{W W_1}{(2\pi n)^2 Q Q_1}\right)^2}}$$

$$C_1 = -\frac{AR}{Q Q_1} \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{W}{2\pi n Q} + \frac{W_1}{2\pi n Q_1}\right)^2 + \left(1 - \frac{R^2}{Q Q_1} - \frac{W W_1}{(2\pi n)^2 Q Q_1}\right)^2}}$$

Les phases s'expriment par

$$\lg. \alpha = \frac{\left[1 + \left(\frac{W_1}{2\pi n Q_1}\right)^2\right] \frac{W}{2\pi n} + \frac{R^2 W_1}{Q_1^2 2\pi n}}{\left[1 + \left(\frac{W_1}{2\pi n Q_1}\right)^2\right] Q - \frac{R^2}{Q_1}}$$

$$\lg. \alpha_1 = \frac{\frac{W_1}{2\pi n Q_1} + \frac{W}{2\pi n Q}}{1 - \frac{R^2}{Q Q_1} - \left(\frac{W}{2\pi n Q}\right) \left(\frac{W_1}{2\pi n Q_1}\right)}$$

¹⁾ Archiv für Physiologie 1877, pages 573, 582. Archives de Genève 1878, LXI, page 120, LXII, page 76.

²⁾ Telephon und Klangfarbe, „Wiedemann's Annalen“, vol. V, page 448.

³⁾ „Vierteljahrsschrift der züricher naturforschenden Gesellschaft“, 1^{er} Juillet 1878.

⁴⁾ Théorie du téléphone. „Lumière électrique“, vol. XVI, p. 144.

⁵⁾ Zur Theorie des Telephons. „Zentralblatt für Elektrotechnik“, vol. VI, page 790.

Die Theorie des Mikrotelephons. „Wiedemann's Annalen“, vol. XVI, page 595.

⁶⁾ Theorie des Mikrophons. „Wiedemann's Annalen“, vol. VI, page 403.

⁷⁾ „Pflügers Archiv“, XVI, 1878, pages 264 et 314.

⁸⁾ „Die Lehre von der Elektrizität“, vol. IV, page 289.

Si les deux téléphones sont dans le même circuit pour lequel nous adoptons les valeurs W_0 et Q_0 , alors on obtient pour l'amplitude du courant

$$C_0 = \frac{A}{Q_0 \sqrt{1 + \left(\frac{W_0}{2\pi n Q_0}\right)^2}} \text{ et pour la phase}$$

$$\text{tg. } \alpha_0 = \frac{W_0}{2\pi n Q_0}.$$

Il résulte de ces équations que le changement du timbre des sons transmis par le téléphone peut être constaté mathématiquement, car l'amplitude du courant variable C_1 ou C_0 dépend de n qui indique le nombre des oscillations du potentiel P , c'est-à-dire du nombre des vibrations du son qui excite le téléphone récepteur. La retardation de la phase dépend de la nature du circuit et de la vitesse des oscillations.

Dans le téléphone récepteur l'amplitude dépend essentiellement de la valeur n , donc les sons hauts sont toujours plus fortement reproduits que les sons bas. Or nous avons déjà vu que le caractère ou le timbre d'un son composé dépend de la force relative des sons harmoniques et par conséquent le téléphone change le timbre des sons. Plus sont hauts les sons qui agissent sur le téléphone récepteur, moins on peut apercevoir de changement ni dans le timbre, ni dans la force; pour les sons bas il en est tout autrement. Ceci explique aussi pourquoi on comprend en général les voix masculines moins bien que les voix féminines.

Dans des conditions ordinaires le changement du timbre de la voix ne peut pas être très important, puisque souvent nous perdons complètement la faculté de l'apprécier. Nous reconnaissons le timbre des différentes personnes qui nous parlent par téléphone. Une autre expérience nous montre bien que le timbre des paroles reproduites par le téléphone est changé. Une personne, essayant le téléphone pour la première fois, ne comprend rien, elle entend seulement une voix lointaine de polichinelle; il faut donc s'habituer à une influence sonore tout-à-fait nouvelle. Nous avons déjà vu que les vibrations libres des membranes sont un obstacle à la parfaite reproduction des ondes sonores et il est même possible qu'elles soient la principale cause des modifications du timbre; car dans certains cas, quand $W/2\pi n Q$ et $W_1/2\pi n Q_1$ (voir plus haut) sont si petits qu'on peut négliger leurs carrés, alors les amplitudes C_1 et C_0 sont indépendantes du nombre n des oscillations. On a dans ce cas

$$C = \frac{A Q_1}{Q Q_1 - R^2}; \quad C_1 = \frac{-A R}{Q Q_1 - R^2}; \quad C_0 = \frac{A}{Q}$$

et les phases sont

$$\text{tg. } \alpha = \frac{\frac{W}{2\pi n} Q_1 + \frac{R^2}{Q_1} \frac{W_1}{2\pi n}}{Q Q_1 - R^2}; \quad \text{tg. } \alpha_1 = \frac{\frac{W_1}{2\pi n} Q + \frac{W}{2\pi n} Q_1}{Q Q_1 - R^2};$$

$$\text{tg. } \alpha_0 = \frac{W_0}{2\pi n Q_0}.$$

Si d'un côté il est impossible de trouver une membrane qui reproduise la parole sans modifier son timbre, on peut certainement d'un autre côté améliorer beaucoup la reproduction par un choix bien étudié de la membrane. Si elle est trop épaisse, les vibrations libres jouent un trop grand rôle, et si elle est trop mince les lignes de force magnétique la traversent et un côté de la membrane devient pôle austral et l'autre pôle boréal. Une membrane qui se trouve dans ces conditions ne peut guère, par ces oscillations, influencer l'aimantation du noyau en fer doux qui porte la bobine du téléphone, parce que les deux polarités en mouvement sont trop rapprochées l'une de l'autre et se neutralisent réciproquement dans leurs effets sur le noyau en fer doux. Par conséquent les courants d'induction sont faibles et la reproduction est défectueuse; ces conditions défavorables changent complètement si les lignes de force de l'aimant sont déviées de leur direction par le diaphragme et se noient pour ainsi dire dans ce dernier. Le diaphragme devient dans ce cas un aimant annulaire avec une polarité au centre, une autre à la circonférence, et les oscillations de ce diaphragme qui, au centre, a une seule polarité, ont beaucoup plus d'influence sur le noyau que dans le cas précédent. Souvent on a cherché, en connaissance de cause ou non, nous ne voulons pas le décider, à produire, même dans un diaphragme très mince, l'aimant annulaire en rapprochant de la circonférence du diaphragme le second pôle de l'aimant permanent du téléphone. Nous avons reproduit une pareille construction par notre figure 2, page 28. Il résulte de ce qui précède que les figures 6 et 8, page 30, représentent aussi de bonnes constructions au point de vue théorique, tandis que la construction figure 9, page 32, et les téléphones à action double de MM. Siemens et Halske et de M. Charrière ne sont pas recommandables, quoique l'on puisse croire au premier abord qu'ils présentent des constructions bien justifiées. Dans ces téléphones à action double le diaphragme devient nécessairement un aimant transversal et perd, par ce fait, son influence sur la bobine.

Par une autre raison les téléphones à plusieurs pôles près du centre, comme par exemple le téléphone à sifflet de MM. Siemens et Halske et les téléphones Ader et Gower, ne surpassent pas les téléphones unipolaires, comme on pourrait le croire en voyant leur

construction. Ils donnent bien une reproduction forte, mais moins nette que celle d'un téléphone unipolaire. Il est probable que deux pôles agissant à la fois sur la membrane favorisent la formation de vibrations libres, puisqu'ils créent deux foyers d'un maximum d'amplitude entre lesquels se produit un point ou une ligne nodale. Ces téléphones à deux pôles se prêtent mieux à la transmission qu'à la réception; on remarque en général que les mêmes téléphones ne servent pas également bien aux deux buts.

Nous ne pouvons pas quitter le téléphone pour parler de l'action du microphone, sans mentionner le *condensateur chantant*, parce que ce phénomène jette aussi un peu de lumière sur les fonctions du téléphone. Différents observateurs, comme MM. Herz, Dunant et Dolbear, ont constaté qu'un condensateur d'une certaine construction spéciale, intercalé à la place d'un téléphone récepteur dans le circuit secondaire d'une bobine d'induction, pouvait reproduire les sons musicaux chantés dans un téléphone ou microphone intercalé dans le circuit primaire de la même bobine. M. Dolbear a même construit un téléphone basé sur le principe de deux plaques juxtaposées dont l'une, par les charges et décharges de l'autre, fait des mouvements vibratoires. C'est probablement M. W. Holtz qui le premier a observé un phénomène qui est le précurseur du condensateur chantant¹⁾, et M. Giltay a étudié les observations de ses prédécesseurs et les a complétées par ses propres investigations.

Si l'on intercale simplement le condensateur dans le circuit secondaire de la bobine d'induction, les reproductions des sons sont faibles, des mélodies se transmettent, mais point des sons articulés, au moins on ne peut rien comprendre de ces derniers. Ce phénomène change complètement si l'on intercale une pile, avec le condensateur, dans le circuit secondaire. Alors le condensateur devient non seulement sensible aux courants faibles, mais il reproduit même les paroles prononcées devant le transmetteur de manière qu'on peut les comprendre. Un seul élément Leclanché produit déjà ce changement, mais avec deux la reproduction de la parole est nette. M. Giltay a expliqué ce phénomène de la manière suivante: Le son reproduit par le condensateur est certainement le résultat d'attractions et de répulsions des feuilles d'étain qui se chargent et se déchargent d'électricité. Cette force d'attraction est proportionnelle au carré de la charge. Les courbes qui représentent les courants qui se produiraient dans le circuit secondaire, s'il était fermé, passeraient par le point zéro du potentiel électrique et

une ordonnée positive maximum, combinée avec une ordonnée négative maximum suivante, formerait une onde entière. Or dans le condensateur cette onde ne produit pas une attraction et une répulsion, mais deux attractions des plaques, donc deux ondes complètes; en d'autres mots, la vitesse de toutes les vibrations est doublée par le condensateur et tous les sons nous reviennent d'un condensateur une octave plus haut qu'ils ne sont chantés dans le transmetteur; il peut donc bien reproduire des mélodies, mais non des sons articulés pour lesquels certains sons harmoniques sont caractéristiques.

Le son harmonique caractéristique de la voyelle A est le si_3^b et de la voyelle O le si_2^b , c'est-à-dire que ces sons dominent en force parmi les sons harmoniques. Or si l'on chante un o dans le récepteur, le condensateur non polarisé élève le son harmonique d'une octave, le si_2^b se transforme en si_3^b et on entend un a; le mot „obrocodobro“ nous revient dans sa forme usuelle „abracadabra.“

Si l'on intercale une pile dans le circuit du condensateur, ce dernier est continuellement chargé ou polarisé, la série paire des plaques est continuellement positive, la série impaire négative et les vibrations électriques ne peuvent plus changer le signe, mais seulement le degré de la charge; les ondes ont donc dans le condensateur la même durée que dans le transmetteur et l'articulation devient possible. Graphiquement on peut se faire une idée de ce phénomène en dessinant la sinusoïde d'un son simple. Le potentiel zéro est alors indiqué par la ligne horizontale et une onde entière est en partie au-dessus, en partie au-dessous de l'horizontale. La partie au-dessus forme déjà dans le condensateur polarisé une onde entière, car quand la sinusoïde passe le potentiel zéro le condensateur est déchargé. La partie au-dessous de la ligne horizontale produit tout-à-fait le même effet que la partie supérieure, avec cette seule différence que les plaques se chargent en sens contraire. Si l'on polarise le condensateur, l'horizontale, c'est-à-dire le potentiel zéro, se trouve à une certaine distance au-dessous de la sinusoïde et les oscillations ne peuvent plus se doubler.

Les principes du condensateur chantant peuvent être appliqués aux téléphones récepteurs. Le téléphone sans aimant correspond au condensateur non polarisé, l'aimantation du noyau en fer doux produit le même effet que l'intercalation d'une pile dans le circuit du condensateur. En effet, les ondes électriques traversant la bobine d'un téléphone sans aimant créent des polarités opposées dans le noyau neutre en fer doux et le nombre des oscillations est ainsi doublé, tandis que si

¹⁾ Voir *Wiedemann's Annalen*, vol. XVI, page 366.

le noyau en fer doux possède déjà avant l'utilisation du téléphone une polarité magnétique, celle-ci ne peut pas être inversée par les ondes électriques, mais seulement renforcée et affaiblie, et la membrane du récepteur dédouble ces vibrations.

Avec le *microphone* comme transmetteur, il s'introduit dans la reproduction téléphonique un nouveau facteur de la plus haute importance. La véritable tâche du microphone est d'introduire dans un circuit électrique une résistance qui puisse varier avec les ondes sonores, de sorte qu'il se produise un courant ondulateur qui, dans la vitesse des vibrations, l'amplitude et la phase, copie fidèlement les ondes sonores.

Ce sont principalement les savants anglais qui ont développé la théorie du microphone; il y a certainement aussi quelques travaux français et allemands sur ce sujet, mais ils disparaissent presque complètement devant la multitude d'observations anglaises.

Dans le microphone il ne s'agit plus d'un diaphragme en fer doux qui, par ses vibrations devant un noyau aimanté, produit des variations du magnétisme et en conséquence des ondulations électriques sur la ligne téléphonique; c'est un contact instable qui, d'après l'appréciation la plus généralement admise, présente une résistance variable et par ce fait produit des variations du courant dans le circuit du microphone, et ces variations du courant correspondent avec les oscillations du diaphragme contre lequel on parle et agissent directement ou indirectement, par une bobine d'induction, sur un téléphone récepteur.

Il va sans dire que tout ce qui se rapporte au diaphragme du téléphone récepteur s'applique aussi à celui du transmetteur; il subit naturellement les mêmes influences que le diaphragme du téléphone. Il a ses vibrations propres ou libres qui gâtent plus ou moins les vibrations forcées. C'est pour cela que le bord du diaphragme est entouré d'un ruban en caoutchouc et qu'un ressort garni de caoutchouc presse sur une partie centrale du diaphragme. Par ces procédés on parvient à amortir la plus grande partie des vibrations libres. C'est probablement aussi la cause pour laquelle le microphone Theiler, à diaphragme de liège, donne de si bons résultats, car le liège est très peu élastique et n'a guère de vibrations libres.

Aussi pour le microphone comme pour le récepteur le diaphragme n'est-il pas indispensable; cette constatation a déjà été faite par l'expérience de M. le Professeur Hughes avec les trois clous, l'un placé transversalement sur les deux autres. Le même investigateur a aussi submergé, dans un vase en verre rempli d'eau, un microphone, se composant de deux charbons, sans

diaphragme. Ce microphone fonctionnait quand on parlait contre l'eau ou contre la paroi en verre; donc le mouvement mécanique a lieu dans toutes les directions. M. Sylvanus P. Thompson a de même construit des microphones sans diaphragme (voir le dessin fig. 17 à la page 36). Mais il faut pourtant regarder le diaphragme comme très utile dans le microphone, ne fût-ce que pour empêcher l'humidité de l'haleine de parvenir jusqu'aux contacts microphoniques.

Le *contact variable* se fait dans la règle entre deux charbons ou entre un charbon et un métal. Rarement on se sert de deux métaux pour établir ce contact et nous croyons que, pour le service pratique, ce cas ne s'est pas encore présenté, quoique on ait fait des efforts pour construire des microphones métalliques comme nous le verrons plus tard. Le contact s'établit entre les deux corps sous une certaine pression, et cette pression est obtenue soit par des ressorts soit par le poids propre des corps ou par les deux moyens agissant simultanément. La pression est à régler d'après le caractère des ondes sonores qui agissent sur le contact. Pour la voix d'un homme il faut par exemple une pression plus forte que pour celle d'un enfant ou d'une femme ou pour des ondes encore plus faibles.

La *résistance du contact variable* a été étudiée par différents savants, surtout par MM. Shelford Bidwell¹⁾ et Boekmann²⁾. On sait depuis longtemps qu'au point de contact de deux conducteurs il se produit une certaine résistance qu'on peut diminuer en augmentant la pression. C'est de cette connaissance générale que l'on avait conclu à la nécessité de serrer les fils conducteurs dans leurs bornes pour assurer un bon contact et d'établir ce contact, partout où faire se peut, par soudure, car aucun contact, sauf ce dernier, n'est absolument sûr; mais la grande variation des contacts n'est cependant connue que depuis l'invention du microphone par M. Hughes. Depuis lors on sait qu'il y a décidément deux espèces de contacts, le contact effectif et le contact microphonique. On distingue aussi le premier comme l'état passif et le second comme l'état actif du contact. Dans la pratique, ce dernier se rencontre beaucoup plus souvent qu'on ne le croit; une borne dévissée, une ligature mal soudée, un contact par friction se transforment très facilement en contact microphonique, c'est-à-dire incertain et variable. Si l'on examine bien les choses, on découvre finalement le microphone partout où il y a un contact incertain. On peut même

¹⁾ On microphonic contacts. „Journal of the Soc. of tel. Engineers“, vol. XII, page 173.

²⁾ Ueber den elektrischen Widerstand des Mikrophon-Kohlenkontaktes. „Wiedemann's Annalen“, vol. XXIII, page 651.

parler contre une chaînette en or d'une montre et reproduire ainsi la parole téléphoniquement.

Sous ce rapport et encore sous d'autres, le phénomène microphonique nous présente toujours de nouvelles énigmes au fur et à mesure qu'on l'étudie davantage. Si par exemple on réunit deux charbons par une substance collante qui ne les touche que par la circonférence, de sorte que les surfaces qui se touchent soient nettes mais ne puissent pas changer leur position réciproque, et si l'un des deux charbons est fixé contre un diaphragme, on peut transmettre, et pourtant on ne peut nulle part reconnaître une raison pour la variation de la pression si l'on ne veut pas admettre que la masse entière des charbons se mette en mouvement, se grossisse et s'amincisse avec le choc des ondes sonores.

M. S. Bidwell, en cherchant à déterminer la résistance des charbons, a expérimenté avec deux cylindres de charbon de cornue de 6^{mm} de diamètre, l'un était fixé au bout du fléau d'une balance délicate et touchait l'autre qui était fixe, les deux formant la croix. Par cet arrangement il était possible: 1° de régler à volonté la pression entre les deux charbons, et 2° de rendre le moment d'inertie indépendant de la pression. Les expériences ont été variées pour porter autant de lumière que possible sur la question du contact microphonique; M. Bidwell a d'abord varié la pression entre 0,25 et 50 grammes pour déterminer le rapport entre la pression et la résistance du contact; il a varié ensuite la force électro-motrice, puis la force du courant. Il a obtenu les résultats suivants:

1° La résistance diminue avec l'augmentation de la pression, mais on observe les plus grandes variations quand les pressions sont faibles; ainsi les pressions de 0,25 — 0,5 — 1 — 1,5 — 2 15 — 17,5 — 20 — 25 — 50 grammes donnent respectivement les résistances de 16,10 — 11,00 — 8,43 — 6,70 — 6,15 2,60 — 2,46 — 2,33 — 2,16 — 1,86 ohms; entre les pressions de 0,25 et de 0,5 grammes la résistance fléchit donc de 5 ohms, et entre celles de 25 et de 50 grammes seulement de 0,3 ohms.

2° La résistance du contact variable diminue avec l'augmentation de la force électro-motrice, mais la variation est plus grande avec de faibles pressions, et si la pression atteint une certaine force, la variation devient insignifiante. Pour le courant fourni par 1 — 2 — 3 ou 4 éléments Leclanché et la pression de 0,25 gramme, on obtient les résistances respectives de 11,10 — 7,20 — 4,70 et 3,55 ohms, tandis qu'avec une pression de 25 grammes les résistances respectives sont de 1,15 — 1,05 — 1,05 — 1,05 ohms. La diminution de la résistance dépend donc de la pression et de l'aug-

mentation simultanée de la force du courant et les deux agissent dans le même sens.

Le second résultat s'obtient aussi d'une autre manière; on peut maintenir une force électro-motrice constante mais varier une résistance additionnelle intercalée dans le circuit du contact variable. Si cette résistance additionnelle est de 10 ou 1000 ohms, on obtient avec 0,5 gramme de pression les résistances variables de 6,9, respectivement de 9,7 ohms, mais avec la pression de 25 grammes la résistance est de 1,03 ohms dans les deux cas. Des résultats analogues s'obtiennent si l'on maintient la force du courant en variant la pression; la résistance diminue avec l'augmentation de la pression, indépendamment de la force du courant, mais tandis que pour des pressions faibles les variations de résistance sont très considérables, la différence est insignifiante pour de fortes pressions. Ainsi, si la pression est de 0,05 gramme et les forces de courant 0,1 et 0,001 ampère, les résistances respectives sont de 11,02 et de 68 ohms; pour une pression de 25 grammes et les mêmes courants ces résistances deviennent 1,67 et 1,75 ohms, c'est-à-dire sensiblement égales.

Le contact entre deux charbons retourne à peu près à la résistance primitive si l'on revient à la pression précédente; si, par exemple, la résistance était de 20 ohms à 0,5 gramme de pression et de 14 ohms à 3 grammes de pression, elle revient à 20 ohms quand on rétablit la première résistance de 0,5 gramme. On remarque pourtant, en faisant une grande série de ces expériences, que la résistance finale est légèrement plus élevée que la résistance primitive et ne retourne que très lentement à cette dernière valeur.

L'effet de l'échauffement du contact est singulier. On sait que la résistance du charbon diminue avec l'élévation de la température, et par analogie on pourrait supposer la même chose pour la résistance du contact entre deux charbons. C'est le contraire qui est démontré par l'expérience, pourtant l'augmentation de la résistance est faible, l'expérience incertaine, irrégulière et non concluante.

Un autre fait curieux se présente si l'on fait passer des courants relativement forts à travers le contact: la résistance devient alors tout d'un coup très grande ou infinie. Pour produire ce phénomène il faut des courants d'autant plus intenses que la pression d'un charbon sur l'autre est plus forte. Pour des pressions de 0,05 — 0,1 — 0,5 — 1 — 2 — 5 grammes les courants les plus faibles qui font sauter la résistance du contact à l'infini, sont respectivement 0,02 — 0,05 — 0,37 — 0,40 — 0,47 — 0,63 ampères; avant que le saut se produise on voit briller, entre les deux charbons, une petite étincelle. Quand une fois la résistance est

infinie, il ne sert à rien de couper et de rétablir le courant, mais parfois un courant beaucoup plus faible peut réduire cette résistance infinie à quelques centaines d'ohms ou à une valeur encore plus basse.

Par plus d'un raisonnement on parvient à conclure que des *contacts métalliques* pourraient fournir de meilleurs microphones que les contacts entre charbons¹⁾, mais dans la pratique on rencontre des difficultés imprévues. Si déjà le contact entre charbons est irrégulier, de sorte qu'il ne soit possible de trouver une certaine règle qu'avec un grand nombre d'expériences, l'irrégularité augmente encore beaucoup si l'on travaille avec des contacts entre métaux. M. Bidwell a expérimenté surtout avec le bismuth, un choix qui n'était pas des plus heureux, un peu aussi avec le cuivre et le platine. Comparé avec le contact entre charbons il a remarqué plusieurs anomalies. D'abord la résistance augmente rapidement si le courant diminue, ensuite la résistance primitive ne reparaît plus si l'on retourne au courant primitif. La résistance était par exemple de 8 ohms avec un courant de 0,01 ampère et de 1,27 ohm avec un courant de 0,5 ampère, mais en retournant vers 0,1 ampère on n'obtenait plus 8, mais seulement 1,22 ohm. On peut dire qu'en général, une fois la résistance abaissée par un fort courant, de faibles courants ne peuvent plus rétablir l'ancien état de choses.

Les expériences les plus étendues concernant l'adhérence des métaux ont été exécutées par M. Stroh²⁾. Il a constaté que les métaux adhéraient toujours plus ou moins au point de contact et que surtout l'acier est susceptible de cette adhérence. L'adhérence dépend en outre des surfaces qui se touchent. Elle est faible quand ces surfaces sont plates et permettent des contacts multiples; de l'autre côté elle atteint son maximum si deux arêtes aiguës se touchent en croix. Une comparaison de différents métaux donne les rapports suivants de la force d'adhésion:

Cuivre et argent	1	Plomb	120
Aluminium	17	Maillechort	187
Laiton	57	Platine	280
Zinc	73	Fer	567
Etain	93	Acier recuit	667
Or	113	„ trempé	1500

L'adhérence augmente donc, en général, avec la résistance électrique des métaux; pourtant le fer et l'acier font une exception remarquable à cette règle et cela

¹⁾ Il faut ranger les contacts mixtes, par exemple entre platine et charbon (Blake), parmi les contacts à charbon, car ils montrent les phénomènes qui sont caractéristiques à ces derniers.

²⁾ Voir „Journal of the Society of telegraph Engineers“, vol. IX, page 182.

s'explique peut-être par leur soudabilité. Lorsqu'une fois deux pièces de métal adhèrent l'une à l'autre, il est égal que le courant continue ou soit interrompu, mais souvent on peut détacher les deux pièces en faisant passer des courants plus forts. On a, sans doute dans ces phénomènes, affaire avec l'échauffement des métaux et la fusion consécutive.

M. Stroh n'est pas parvenu à faire un bon *microphone métallique* parce qu'il s'est arrêté au contact simple, quoique on puisse conclure de ses propres expériences que, pour ce genre de microphones, il faut opérer avec une multitude de contacts pour éviter la fusion et la soudure.

La construction de microphones métalliques rencontre encore d'autres difficultés, car plus les corps qui forment le contact microphonique sont bons conducteurs, moins grandes doivent être les variations de distance entre eux; ainsi les microphones à charbon permettent une beaucoup plus grande variation que ceux dont les surfaces de contact sont métalliques. Malgré cette faible variation de la distance on peut obtenir les plus grandes variations de résistance avec des contacts métalliques; avec le cuivre ou l'argent, par exemple, la résistance peut varier entre 1 ohm et plusieurs milliers d'ohms sans que le circuit soit véritablement interrompu.

M. Munro, dans le but d'éviter les brevets déjà existants, s'est donné beaucoup de peine pour construire des microphones métalliques utilisables. Il s'est servi de deux gazes fines en fil de fer qui se touchent en nombreux points et sont légèrement pressées l'une contre l'autre; au lieu d'une pression par ressorts l'inventeur a aussi plus ou moins approché un aimant qui, par son attraction, a réglé la pression. Ce microphone n'a pas besoin d'un diaphragme, on peut parler directement contre les gazes.

M. Thompson a aussi reconnu que les transmetteurs métalliques, surtout ceux de M. Auders, donnent de bons résultats; le son est relativement fort, l'articulation très distincte, quoiqu'un peu dure et métallique. Lui aussi trouve qu'on a à combattre ces deux difficultés de la fusion des métaux et de la petite variation de la distance. On remarque en général que par ce genre de microphones les voix féminines et enfantines se reproduisent le mieux.

Pour en finir avec le microphone métallique mentionnons encore que ce transmetteur est plus ancien que celui à charbon; le transmetteur de Reis était déjà métallique et MM. Blake, Theiler et Warwick en ont également construit de métalliques.

Pour en revenir aux recherches de M. Bidwell nous avons encore à mentionner celles de M. Boekmann qui

complètent utilement celles du premier de ces investigateurs. M. Boekmann a cherché à comparer la résistance du contact entre deux charbons en repos à celle qu'ils présentent quand ils sont en mouvement, sous la condition que l'intensité du courant ne varie pas. Il a en outre cherché à trouver des réponses à d'autres questions en rapport avec cette résistance. Quant à la pression et aux autres conditions des expériences, il cherchait à copier ce qui se passe dans un microphone. Les surfaces de contact ont dû être soigneusement polies, car sans cette précaution les résultats étaient trop irréguliers et la résistance ne retournait guère à sa valeur primitive. Les mesures de M. Boekmann diffèrent de celles de M. Bidwell en ce que le premier a mesuré la résistance quand l'un des charbons vibrait sous l'action d'un diapason. L'opérateur avait à sa disposition trois diapasons, donnant respectivement l' Ut_1 , l' Ut et l' ut . Dans ces conditions la résistance était une valeur moyenne se composant d'une résistance plus petite et d'une autre plus grande. Il résulte des expériences faites que la résistance moyenne est plus faible pendant la vibration que pendant le repos, que la différence est plus grande si la pression initiale est faible et qu'après la vibration la résistance initiale se rétablit. La résistance augmente si le son s'affaiblit, mais elle est indépendante de sa hauteur; finalement M. Boekmann a constaté que la résistance du contact diminue à peu près dans la proportion des carrés de la pression et de la force du courant.

En tirant des conclusions des expériences de MM. Shelford Bidwell et Boekmann sur la résistance des contacts microphoniques, on arrive aux règles suivantes:

1° Une multiplicité de contacts dans un microphone paraît préférable à un seul contact.

2° Le contact multiple d'un microphone devrait être arrangé en arc multiple et non pas en série, parce que dans le premier cas le courant se divise entre les différents contacts et chaque contact est traversé par un courant relativement faible. Or les variations de la résistance sont relativement plus grandes avec de faibles courants qu'avec des courants forts.

3° Le charbon mobile devrait être lourd pour avoir un grand moment d'inertie mais en même temps la pression devrait être faible, parce qu'avec une grande inertie du charbon mobile on obtiendra le maximum de variation dans la pression et les variations de résistance seront les plus fortes quand la pression initiale sera faible.

4° La résistance du système microphonique devrait être faible, car plus elle est faible plus grandes sont les variations par rapport à la résistance initiale.

5° Le courant passant, le contact microphonique devrait être aussi fort que les circonstances le permettent.

Plus on étudie le contact microphonique, plus il devient énigmatique, et on sait que quand une chose n'est pas bien claire on veut remplacer l'incertitude par des théories plus ou moins hardies et plus il y a d'obscurité plus il naîtra de théories différentes; c'est aussi le cas pour le microphone. Les uns croient que l'action microphonique est simplement un effet de pression mécanique, pour d'autres la chaleur joue un rôle prépondérant et d'autres encore confondent l'action microphonique avec l'arc voltaïque. M. Hughes, le vrai inventeur de cet appareil admirable et l'un des expérimentateurs les plus compétents en cette matière, n'a aucune opinion fixe sur le phénomène, mais il est de l'avis que la *théorie de l'arc* a beaucoup en sa faveur. Le bruit bourdonnant qu'on entend souvent dans un microphone a une ressemblance remarquable avec le bruit d'une lampe à arc, avec la seule différence que ce dernier est beaucoup plus fort, à cause de la différence des courants employés dans les deux cas. S'il est difficile de parler en se servant d'un arc comme microphone, la raison est à chercher seulement dans la force du bruit bourdonnant qui couvre la voix.

Nous résumons d'abord tous les phénomènes et raisonnements qui sont en faveur de la théorie de l'arc et par lesquels il est plus ou moins constaté que le contact microphonique n'est pas un contact mais une interruption. Le contact microphonique est en quelque sorte l'opposé du contact réel. Il résulte des expériences de M. Bidwell que seulement les très faibles pressions conviennent pour le phénomène microphonique, tandis que les fortes pressions qui seules établissent un contact réel, sont impropres pour la reproduction de la parole.

Les gaz qui entourent les charbons jouent aussi un grand rôle dans l'espacement des surfaces. Le charbon condense les gaz sur sa surface; il est même probable que certains gaz qui se liquéfient facilement couvrent les charbons à l'état liquide et que les gaz condensés empêchent le contact direct. En admettant que les charbons ne se touchent pas directement et que l'air joue le rôle d'une résistance variable, il est évident que la qualité du gaz qui s'interpose entre les charbons ne peut pas être sans influence sur le phénomène microphonique. Les gaz se condensent sur les surfaces les uns plus que les autres, par exemple les vapeurs d'eau dans l'air plus que l'air sec; il en résulte donc que l'état de l'atmosphère doit avoir une influence sur les reproductions microphoniques. Quand l'air est humide, le contact doit nécessairement présenter moins

de résistance que quand l'air est sec, et il est très probable qu'on peut de cette manière expliquer certaines variations dans le service téléphonique suivant l'état de l'atmosphère. Une preuve directe du rôle des gaz peut être trouvée dans le phénomène de Leidenfrost. On sait que la goutte d'eau à l'état sphéroïdal est séparée du métal incandescent par une mince couche de gaz. Or on peut téléphoner à travers cette couche en se servant de la goutte d'eau et du métal en guise de charbons microphoniques.

Outre la condensation des gaz, on a aussi recours à la théorie moléculaire pour soutenir la supposition de l'espacement des surfaces. Les molécules qui se meuvent d'une surface à l'autre servent comme conducteurs d'électricité. Quand on peut produire ce jeu des molécules entre deux surfaces ou la répulsion d'une surface à l'autre (par exemple dans le phénomène de Leidenfrost), ou quand les électrodes sont chauffées (arc), ou quand les molécules se détachent facilement, etc., un chemin pour l'électricité s'établit à travers l'air, qui a une résistance relativement faible. Bien que chaque molécule ne transporte qu'une décharge instantanée, il se produit pourtant un courant continu à cause du nombre excessivement grand de molécules en mouvement. Toutes les molécules d'un corps qui n'est pas tombé au zéro absolu de température (-273°C.) sont en mouvement et leurs oscillations augmentent en amplitude avec l'augmentation de la température; il y a donc entre deux surfaces microphoniques en contact variable un véritable bombardement de molécules. M. Thompson a soutenu avec succès cette théorie moléculaire devant la Société des ingénieurs électriciens à Londres. Il est de l'avis que les molécules des deux conducteurs qui se touchent jouent un grand rôle dans l'effet microphonique. Une pointe d'aiguille touchant une surface de charbon peut déjà faire un bon microphone, car à la pointe la plus fine un très grand nombre de molécules entrent en contact avec les molécules du corps opposé. La variation de la pression a pour effet de faire varier le nombre des molécules dans des limites très écartées, et la moindre différence dans la pression change la position d'un grand nombre de molécules et par conséquent la résistance totale du contact.

Les expériences de M. Shelford et celles d'autres savants comme M. Stroh, aboutissent aussi à la théorie de l'arc. Ce dernier se forme d'un côté avec le plus faible courant, et vice-versa on peut téléphoner en se servant d'une lampe électrique à arc comme microphone. Le saut d'une résistance relativement faible du contact à la résistance infinie est une autre preuve de l'arc.

M. Stroh a, par un arrangement ingénieux, constaté que les deux charbons du microphone se séparent quand un courant les traverse et quand ils remplissent les conditions nécessaires pour la reproduction de la parole. Au charbon mobile était fixé un miroir concave très léger qui rejetait un rayon de lumière sur un écran distant de six mètres. Au moment où l'on fermait le circuit microphonique, le point lumineux se déplaçait légèrement, montrant que les deux charbons s'étaient séparés dans leur point de contact. La distance de séparation n'était certainement pas grande; d'après la longueur des deux leviers et le mouvement du point lumineux, M. Stroh l'a calculée à $\frac{1}{2000}$ d'un millimètre. Aussi longtemps que le microphone était en bonnes conditions pour la reproduction de la parole, la déflexion se maintenait; mais si la reproduction manquait, le point de lumière retournait en même temps à son point de départ. Par cette expérience il est prouvé, qu'au moment de l'entrée en fonction d'un microphone, les deux charbons se séparent. Une autre expérience de M. Stroh démontre, d'une autre manière, le rapport intime entre le contact microphonique et l'arc. Il a observé le contact au moyen d'un microscope. Quand la pression était très faible il se formait, en fermant le circuit, une étincelle extrêmement petite, puis une seconde, une troisième et avec chaque étincelle le contact entre les charbons devenait de plus en plus intime. Le microphone ne commençait à fonctionner régulièrement que quand il ne se produisait plus d'étincelles. En augmentant la force du courant, les étincelles revenaient et ne pouvaient être supprimées que par l'augmentation de la pression, avec le résultat final que le courant ne passait plus. En augmentant encore la pression, l'étincelle et le contact microphonique devenaient intermittents, et dans le téléphone on entendait le bruit bien connu de friture qui annonce un microphone déréglé. Dans d'autres circonstances, il a observé de véritables vibrations du charbon mobile, quelquefois lentes, d'autres fois si rapides qu'il pouvait plutôt les deviner que les voir directement. Ces vibrations donnent toujours aux reproductions un timbre étrange et peuvent quelquefois se montrer même dans un microphone bien réglé.

M. le Professeur Ayrton est aussi de l'avis que les deux conducteurs d'un microphone ne se touchent pas pendant la fonction, et il croit que le soi-disant contact se compose d'un nombre excessivement grand de petits arcs, d'où il résulterait que le contact microphonique et l'arc voltaïque sont sensiblement la même chose puisqu'ils suivent les mêmes lois. En tirant les conséquences de ces expériences, il conteste même qu'on puisse nommer résistance l'obstacle qui, dans le mi-

crophone, s'oppose au passage du courant. D'après lui, la résistance est une valeur invariable indépendante de la force du courant, et en ceci il est évidemment en contradiction avec les expériences de M. Bidwell, qui a prouvé que la soi-disant résistance microphonique est une fonction de la pression et de la force du courant et ne répond donc pas à la définition ordinaire de la résistance électrique.

Il y a encore d'autres ressemblances entre l'arc lumineux et le contact microphonique. Quand on ferme le circuit microphonique on entend d'abord un clic, ensuite un bruit de friture, et finalement on peut reproduire la parole. L'arc lumineux présente à peu près les mêmes phénomènes, seulement sur une plus grande échelle. Par contre il y a cette différence entre l'arc d'un foyer électrique et l'arc du microphone, que ce dernier consiste en décharges électriques sans bruit et souvent sans lumière. Ce sont des décharges silencieuses qui ressemblent à celles d'une pointe de paratonnerre.

Contre la théorie de l'arc, on peut objecter qu'elle présume que l'air soit un conducteur de l'électricité, si la distance est infiniment petite. Or cette conductibilité est encore à prouver.

Il y a encore une question fort intéressante qui s'attache à la discussion de l'arc. L'interruption du contact n'implique pas une interruption du circuit, le contact microphonique est au contraire un état intermédiaire entre un véritable contact et une rupture complète. Mais qu'arrive-t-il si la rupture a lieu? Tout le monde connaît le bruit sec qui se produit dans le téléphone quand on parle trop fort ou quand le microphone est réglé trop délicatement. Ce bruit provient d'une interruption complète et momentanée du circuit microphonique. A cause de l'induction propre, il se produit même entre les deux charbons une petite étincelle. M. Sylvanus P. Thompson est de l'avis ¹⁾ que les interruptions complètes du circuit microphonique n'auraient aucun effet nuisible dans le téléphone si l'on supprimait d'une manière ou d'une autre le courant extra et l'étincelle qui l'accompagne, au moment de l'interruption. Les microphones de M. Freeman et de la Société générale des téléphones, figures 15 et 16 de notre présente étude, ont dans leurs bobines d'induction des arrangements par lesquels ces courants extra sont supprimés. M. Thompson a aussi indiqué une méthode pour supprimer l'étincelle quand le contact dans le microphone est complètement interrompu. Il bifurque le circuit primaire de telle façon qu'une branche passe par le microphone et l'autre par une résistance équi-

valant à la résistance moyenne du microphone. Alors quand il y a rupture complète dans le microphone le circuit primaire n'est pourtant pas interrompu; il n'y a pas d'étincelles, et on prétend que, même contre un Blake pareillement monté, on peut parler de la voix la plus forte sans produire des craquements.

M. de Loch-Labye maintient aussi la possibilité de pouvoir reproduire la parole au moyen de courants qui ne sont pas ondulatoires, mais interrompus, et qui varient donc de zéro jusqu'à une valeur I, donnée par la construction du microphone et la force des impulsions qui agissent sur le diaphragme. M. de Loch-Labye est de l'avis que l'exactitude de cette manière de voir est constatée par l'appareil de son invention qu'il a appelé téléphone à marteau. Mentionnons encore que le microphone de Reis travaille aussi avec des courants interrompus, et que la raison pour laquelle Reis n'est pas parvenu à reproduire la parole doit être cherchée dans le manque d'un récepteur convenable. Il est toutefois à constater, que la reproduction pratique de la parole se passe de véritables interruptions du courant.

Occupons-nous maintenant de l'échauffement du contact microphonique. C'est de nouveau M. Stroh qui nous guide dans ces investigations. Il a rendu le contact microphonique perceptible à l'œil, en même temps qu'à l'ouïe, en employant un microscope pour le regarder. Quand les deux charbons ne se touchent qu'en quelques points, la résistance et en conséquence l'échauffement est si fort que les points brûlent, les charbons s'approchent, d'autres points entrent en état d'ignition, et c'est seulement quand le nombre des points se touchant est si grand que la chaleur n'est plus suffisante pour les brûler que le contact possède les qualités caractéristiques du contact microphonique. Si le contact s'opère entre deux surfaces en platine qui sont immergées dans une goutte d'huile, on peut observer dans l'huile un mouvement rotatoire qui est très prononcé aussitôt qu'on ferme le courant microphonique. Si l'huile est souillée par quelques particules de charbon, ces petits points noirs montrent encore mieux l'état d'ébullition à l'intérieur de la goutte; les points noirs volent d'une surface à l'autre comme des boules de moëlle de sureau entre deux plaques chargées d'électricité opposée.

M. Preece soutient avec verve la théorie calorique. Dans tous les cas où le courant franchit une résistance, il se développe de la chaleur qui est dans la proportion de la résistance. Si cette dernière est grande et le courant suffisamment puissant, la chaleur augmente à un tel degré qu'il se produit de la lumière. La résistance change aussi avec la température, dans

¹⁾ Telephonic investigations. *Journal of the Society of telegraph Engineers*, vol. XVI, page 42.

un sens comme dans l'autre, et cette variation suffit pour expliquer les courants ondulatoires.

Il résulte de ces observations et conclusions que l'élévation de la température qui s'opère aux surfaces de contact joue un rôle dans l'effet microphonique, mais il nous semble que chercher la totalité de cet effet dans les variations de la température serait aller beaucoup trop loin. D'après tout ce que nous avons dit et mentionné, on ne peut guère maintenir l'idée d'une variation quelconque à l'intérieur des charbons. Il faut plutôt chercher la totalité de cette variation dans les surfaces. Contre la théorie calorique, on peut encore invoquer la circonstance que les microphones métalliques donnent le même effet que les microphones à charbon et que la variation de la température ne peut probablement pas s'opérer avec la rapidité nécessaire. Pour certains microphones, une augmentation de la température a une influence marquée en faveur d'une bonne reproduction. C'est surtout le cas pour les microphones Hunnings et Ochrowicz.

Le microphone peut être inversé; on peut en effet se servir d'un microphone comme récepteur, mais on n'a pas encore réussi à expliquer cette inversion. M. Hughes est de l'avis que la vibration du diaphragme est une conséquence des variations de la température au point de contact, et que l'expansion et le rétrécissement de la matière produit des chocs contre le diaphragme, à la suite desquels ce dernier entre en vibrations.

M. Aaron a prouvé par le calcul que dans le microphone la modification de la phase est d'autant plus grande que le son est plus haut et que le microphone baisse le timbre du son. Or, puisque dans le téléphone récepteur le timbre du son est élevé, il est possible de trouver une combinaison du microphone avec le téléphone où la transmission électrique du son ne subit aucune transformation du timbre. Mais quoique, en langage mathématique, on puisse exactement indiquer les conditions dans lesquelles les deux effets se neutralisent réciproquement, il sera probablement difficile de reproduire ces conditions dans la pratique. En tout cas le microphone a toujours pour effet de corriger à un plus ou moins haut degré l'altération du timbre qui se produit dans le téléphone, et il est aussi sous ce rapport un complément non pas indispensable, mais fort utile, du téléphone.

Les opinions sont encore partagées sur l'étendue des variations de la résistance dans le microphone produite par la parole, mais quelle qu'elle soit, elle est insuffisante aussitôt que la résistance initiale du circuit téléphonique est grande; c'est pour cela que la bo-

bine d'induction s'intercale comme un accessoire presque indispensable entre le microphone et le téléphone récepteur. Le circuit microphonique devient, par ce fait, très court et de peu de résistance; les courants microphoniques sont forts quoique d'une faible énergie potentielle, tandis que les courants induits qui agissent sur le récepteur ont une grande force électro-motrice, quoique l'intensité du courant soit faible à cause de la résistance relativement grande du circuit. Il y a encore d'autres différences entre les deux courants. Le courant dans le circuit microphonique ne change jamais de direction mais seulement d'intensité, tandis que les courants dans le circuit du récepteur sont inversés, et par ce fait actionnent le diaphragme du récepteur plus énergiquement. Quand le courant positif du microphone s'accroît, celui du récepteur est négatif, et si le premier diminue le second devient positif.

7. La lutte contre l'induction.

Dans la télégraphie, l'induction n'a jamais joué un rôle aussi important que dans la téléphonie. Autrefois, le télégraphiste n'avait même pas à s'en préoccuper pour assurer l'échange des correspondances par les moyens ordinairement en usage, et c'est seulement pour les transmissions sous-marines ou pour les transmissions dites *rapides* que l'on était obligé de compter avec l'induction sous ses différentes formes. Avec la téléphonie il en est tout autrement; l'induction constitue même le fondement de cette nouvelle application de l'électricité, dans ce sens que toute la transmission téléphonique se fait par induction; les ondulations du courant, dans le fil primaire de la bobine d'induction du microphone, produisent des courants d'induction dans le fil secondaire et dans les spires du téléphone, le courant induit produit le magnétisme (dans des conditions d'ailleurs analogues à ce qui se passe dans les récepteurs Morse de la télégraphie).

Mais si l'induction est indispensable pour la téléphonie, elle se manifeste, d'autre part, sur des points où l'on n'en a aucun besoin, et entoure la téléphonie de difficultés presque insurmontables que nous ne connaissons pas dans la télégraphie ordinaire. L'induction électro-statique se manifeste dans les câbles téléphoniques (ainsi que dans les câbles télégraphiques, seulement à un plus haut degré), l'induction électro-dynamique réciproque se montre surtout dans les fils qui courent parallèlement à une certaine distance, et l'induction électro-dynamique propre (self-induction) se fait remarquer spécialement dans les électro-aimants et en partie aussi dans les fils de ligne.

Pour trouver les causes de la grande différence entre la télégraphie et la téléphonie, sous le rapport de l'influence de l'induction, il faut jeter un coup-d'œil rétrospectif sur l'origine de la téléphonie. Dès le commencement on a travaillé avec des récepteurs excessivement délicats ou sensibles qui permettent de percevoir à l'ouïe les dernières traces de variation du courant électrique, tandis que le transmetteur est relativement impuissant, c'est-à-dire ne peut produire que des courants électriques excessivement faibles ou, si le courant principal est fort, ne peut produire que des variations insignifiantes. Supposons qu'en télégraphie on soit, pour commencer, tombé par hasard sur le galvanomètre à miroir de Sir William Thomson comme récepteur; en employant les courants faibles qui s'adaptent le mieux à cet instrument délicat on aurait eu, en télégraphie, les mêmes difficultés résultant de l'induction réciproque qu'en téléphonie. On pourrait donc rendre la téléphonie aussi indépendante de l'induction réciproque en centuplant la puissance du microphone et en diminuant dans la même proportion la sensibilité du récepteur.

Quant à l'induction propre, qui gêne également la téléphonie et à un plus haut degré que la télégraphie, la cause de son influence gênante sur les transmissions téléphoniques est à chercher dans une autre différence fondamentale entre les deux systèmes de transmission électrique, c'est la rapidité extrême avec laquelle les ondes électriques se suivent dans les circuits téléphoniques. On peut admettre qu'il y ait de 200 à 1000 et même plus de variations de courant par seconde, quand la parole est transmise par téléphone. Cette rapidité laisse bien loin derrière elle la vitesse des transmissions télégraphiques. En télégraphie, où les signaux Morse sont donnés à la main, par un manipulateur, la vitesse ne dépasse guère de 7 à 8 émissions de courant à la seconde, mais la télégraphie n'est pas non plus restée stationnaire, et par différents systèmes d'appareils on a peu à peu augmenté la vitesse des transmissions et l'on est finalement arrivé à des résultats extraordinaires, surtout en Angleterre, où l'on travaille actuellement avec des vitesses de 400 mots et plus à la minute¹⁾, ce qui équivaut à environ 150 ondes électriques à la seconde. Mais aussitôt qu'on arrive à de pareilles vitesses, on a à lutter, dans la télégraphie, avec l'induction propre, aussi bien qu'en téléphonie.

Donc si l'on peut combattre l'induction réciproque par des microphones puissants, il n'y a aucun moyen d'obtenir, pour l'induction propre, le même résultat, par un perfectionnement des transmetteurs et récepteurs, et il ne reste qu'à affaiblir l'induction elle-même.

¹⁾ Voir l'article sur la télégraphie rapide de M. Preece dans le *Journal télégraphique*, vol. XI, page 270.

Nous commençons par l'influence de l'*induction électro-dynamique réciproque* sur les transmissions téléphoniques. Ses effets sont connus non seulement aux gens du métier, mais à toute personne qui se sert du téléphone. On entend et on comprend très souvent ce qui se dit dans un fil voisin, surtout quand les deux fils courent ensemble à une certaine distance. Cette influence d'un fil sur l'autre s'observe presque toujours à un plus ou moins haut degré. Il est difficile de trouver des fils qui ne transportent pas des signaux étrangers provenant soit d'autres fils téléphoniques, soit du télégraphe.

L'induction réciproque se fait sentir à de grandes distances. M. Preece a constaté différents cas extraordinaires. A Londres, à Grays Inn Road, un fil téléphonique aérien souffrait des courants électriques passant par un câble dans le sol à 25^m au dessous du dit fil; à New Castle, l'influence se faisait sentir à 920^m de distance. Pour mieux déterminer la distance de l'influence de l'induction on choisit la ligne Durham-Darlington, de 29^{km} de longueur, et à l'est et à l'ouest deux lignes parallèles distantes de 8 et 16^{km}. Les signaux donnés sur la ligne Durham-Darlington étaient perceptibles dans les deux lignes latérales; on entendait même des signaux Morse qui ne pouvaient parvenir que d'une ligne distante de 65^{km}. Les expériences ont été étendues à deux lignes parallèles distantes l'une de l'autre de 65^{km}. L'une des deux lignes avait une longueur de 90^{km} et l'autre une longueur de 65^{km}. Des courants variés qui produisaient un son plaintif dans le téléphone ont été entendus distinctement d'une ligne à l'autre.

Il serait pourtant erroné de porter au compte de l'induction réciproque tout ce qui s'entend de sons étrangers dans un téléphone. Ces sons ont très souvent différentes autres sources; parmi ces dernières, l'une des principales est l'isolation imparfaite des fils téléphoniques, surtout quand les deux fils se trouvent sur les mêmes poteaux ou chevalets. Nous avons alors affaire à la dérivation, et cette dérivation est plus difficile à supprimer suffisamment qu'on ne le croit généralement. Une autre cause est la bifurcation des courants dans la terre. Si deux fils téléphoniques aboutissent à leurs extrémités dans la terre, il se perd toujours quelque chose d'un fil sur l'autre. On trouve rarement un fil dans un réseau téléphonique sur lequel on ne puisse pas entendre les signaux télégraphiques du bureau situé dans la même ville. Tout le sol de la ville est pour ainsi dire imprégné des fluctuations dans l'état électrique provenant des signaux télégraphiques et ces ondes, en remontant de la terre par les plaques de terre ou autres raccords avec la terre (tuyaux de gaz ou d'eau),

remontent dans les fils téléphoniques. Cet écoulement par la terre, dans les fils téléphoniques, est encore plus fort, souvent même intolérable, quand il s'agit de courants de lumière électrique ou de la transmission de force. D'autres sources des bruits étrangers dans les téléphones sont à chercher dans la polarisation des plaques de terre, dans les variations de l'état électrique de l'atmosphère et du sol, des courants terrestres et des décharges électriques atmosphériques; on entend des sifflements, des bruits analogues à ceux d'un coup de fouet, d'autres qui sont simplement indescriptibles. Les oscillations du fil, produites par le vent, peuvent de même produire, dans le téléphone, des bruits qui s'expliquent probablement par ce fait que les fils traversent les lignes de force du magnétisme terrestre. Même des phénomènes purement acoustiques comme le chant des fils, le bruit des gouttes de pluie tombant sur eux, peuvent produire des sons dans le téléphone.

Tous ces bruits étrangers n'entrent pas dans la catégorie de ceux que nous avons l'intention de traiter sous le titre „induction réciproque“, mais nous avons cru devoir les mentionner pour qu'on se garde de les confondre avec les conséquences de cette induction réciproque. En admettant qu'on puisse combattre l'induction, ils subsisteront toujours et ne pourront être combattus efficacement qu'en rendant les fils téléphoniques indépendants de la terre. M. Preece, en dirigeant les expériences mentionnées plus haut, surtout celle à la distance de 65^{km}, se doutait aussi de la déperdition du courant par le sol et pour plus de sûreté il formait deux carrés en fil de cuivre, isolé soigneusement par de la gutta-percha: chaque côté des carrés avait une longueur de 400^m et un carré était distant de l'autre de 400^m; l'écoulement par la terre était donc exclu, et pourtant on entendait dans un carré ce qui se passait dans l'autre.

Dans un réseau téléphonique les effets de l'induction réciproque, quoique pouvant être constatés partout, ne sont pourtant, en général, pas assez forts pour gêner l'exploitation. Les fils aériens sont relativement courts et l'induction se fait moins sentir si le nombre des fils d'une artère est grand; mais aussitôt qu'il s'agit de communications interurbaines l'obstacle devient sérieux. Si deux fils sont placés sur les mêmes poteaux à des distances de 10 kilomètres ou plus, l'induction d'un fil sur l'autre est si forte qu'on comprend dans les deux fils également bien tout ce qui se dit sur l'un d'eux; le second fil n'a alors aucune utilité, car il est impossible de se servir des deux fils à la fois.

Ayant reconnu l'impossibilité d'organiser un service convenable, dans ces conditions, on a cherché de différentes manières à remédier à cet état de choses; mal-

heureusement dans la plupart des cas on n'a pas obtenu de résultats satisfaisants. Plusieurs électriciens ont repris l'idée que nous avons énoncée en 1883¹⁾ d'intercaler dans les deux fils, dont l'induction est à neutraliser, une bobine d'induction qui produit une induction en sens contraire de celle qui s'opère sur les deux fils.²⁾ Jusqu'à présent on n'a pas pu arriver à une solution encourageante, probablement parce que les deux inductions qui devraient se détruire réciproquement diffèrent quant au temps qu'elles prennent pour se produire.

La proposition de M. A. French St.-George a une certaine analogie avec la précédente. Un faisceau de fils isolés très fins est placé parallèlement au fil F qu'on veut soustraire à l'influence d'autres fils. Les courants téléphoniques traversant le fil F parcourent aussi le faisceau, mais en sens opposé à celui qu'ils ont dans le fil principal. Nous avouons que nous ne pouvons pas découvrir une raison de nature à expliquer l'efficacité de ce procédé.

M. H. J. Haddan propose de mettre, à différents endroits du fil, un condensateur en communication avec lui par un de ses côtés, tandis que l'autre côté est en communication avec la terre.

Nous avons essayé de placer entre les deux fils qui s'influencent un gros fil de fer qui, sur chaque poteau, faisait contact électrique avec les supports des isolateurs en communiquant en même temps avec la terre. L'effet était insignifiant.

M. Edison veut combattre l'induction par l'intercalation d'un ou plusieurs électro-aimants sur chacun des deux fils. Ces électro-aimants sont juxtaposés et s'influencent magnétiquement; cette proposition est donc un développement des bobines d'induction mentionnées plus haut. Dans d'autres projets, M. Edison combine ces électro-aimants avec des bobines sans noyau et avec des condensateurs.

Peu à peu l'idée de combattre l'induction réciproque entre deux fils téléphoniques et la *téléphonie à grande distance* se sont confondues, quoique ce soient des choses bien différentes. Néanmoins nous nous croyons obligé de parler aussi des systèmes combinés en vue de la téléphonie à grande distance. En ce qui concerne ces derniers, l'inventeur le plus en vue est le savant ingénieur belge M. Van Rysselberghe; son système est plus ou moins connu de tous les électro-techniciens, mais il y a des concurrents, peut-être moins heureux, dont nous voulons d'abord dire quelques mots.

¹⁾ *Journal télégraphique*, vol. VII, page 187.

²⁾ Voir aussi les expériences de M. le Prof. Hughes dans le *Journal of the Society of telegraph engineers*, vol. VIII, page 163.

Le but de cette catégorie d'inventeurs est d'utiliser, simultanément pour la téléphonie, les fils télégraphiques déjà existants. Parlons d'abord du *phonopore* de M. Langdon-Davies. Cet appareil consiste en une bobine d'induction; le fil primaire de la bobine communique avec le fil télégraphique à l'entrée d'un poste télégraphique et le fil secondaire à la sortie; l'autre bout de chaque fil, primaire et secondaire, est isolé. Dans le circuit interrompu du phonopore est intercalé une station téléphonique. On obtient ainsi une bifurcation du fil télégraphique, l'une des branches contenant le poste télégraphique, l'autre le phonopore avec la station téléphonique. Le phonopore joue le rôle d'un condensateur; il forme en outre un écran pour les courants stationnaires de la télégraphie. Les courants téléphoniques sont trop faibles pour actionner les appareils télégraphiques; on ne reçoit donc sur l'appareil Morse que des signaux télégraphiques et sur les téléphones que les conversations verbales. L'intercalation des appareils téléphoniques peut être variée de différentes manières. On peut, par exemple, intercaler le transmetteur au milieu du fil primaire du phonopore et le récepteur au milieu du fil secondaire. Le phonopore permet en outre de parler téléphoniquement d'un fil télégraphique à un autre. A cet effet, on intercale un phonopore entre les deux fils télégraphiques. Soit A et B deux postes télégraphiques à une distance quelconque, munis de phonopores avec stations téléphoniques: Les fils télégraphiques partent dans différentes directions, mais convergent vers un point déterminé, de manière à filer sur les mêmes poteaux. On n'a alors qu'à intercaler un phonopore entre les deux fils, et la transmission de la parole se fait d'un fil à l'autre sans qu'un mélange des signaux télégraphiques ait lieu.

Le système de M. Maiche a une certaine ressemblance avec les propositions de MM. Elsasser, Rosebrugh et autres pour l'intercalation de quatre téléphones sur un fil double ¹⁾. M. Maiche remplace seulement un des deux téléphones de chaque bout du lacet, par un appareil télégraphique. Il compose une bobine d'induction avec noyau en fer doux de trois fils, un primaire, dans lequel est intercalé le micro-téléphone et les deux autres secondaires, qui sont d'un côté en communication avec deux fils télégraphiques, tandis que de l'autre ils sont réunis; du point de réunion il part un fil qui traverse les appareils télégraphiques et aboutit à la terre. Quand on télégraphie, les courants parcourent les deux fils télégraphiques dans le même sens, et l'induction d'un fil secondaire sur le fil primaire est détruite par l'induction opposée du second fil secondaire; on n'aperçoit

done, dans le téléphone, aucune trace des courants télégraphiques. Par contre les courants engendrés dans le microphone et parcourant le fil primaire agissent sur les deux fils secondaires en sens opposé et produisent des courants circulaires dans les deux fils télégraphiques. Le système a ce grand défaut que pour une communication télégraphique simple il faut deux fils, mais dans certains cas spéciaux son application pourrait pourtant être avantageuse.

M. Tommasi a cherché, d'une autre manière encore, la solution de la télégraphie et téléphonie simultanée. Il veut affaiblir les courants télégraphiques à un tel degré qu'ils ne puissent plus suffisamment influencer le téléphone pour déranger son service. A cet effet, il fallait construire un relais excessivement sensible et il paraît que M. Tommasi a résolu cette condition préliminaire d'une manière satisfaisante. Le relais est composé d'une aiguille aimantée qui oscille entre quatre solénoïdes. Le courant de la ligne parcourt ces derniers et l'action sur l'aiguille est ainsi quadruplée. L'aiguille, en déviant de sa position d'équilibre, forme un circuit local et permet ainsi de travailler sur les lignes télégraphiques, avec des courants si faibles, qu'ils ne peuvent guère influencer les récepteurs téléphoniques. Des lignes qui demandent ordinairement 70 éléments peuvent fonctionner d'une manière satisfaisante avec 5 éléments et, avec un seul élément composé d'un fil de zinc et d'un fil de cuivre plongés dans l'eau, on a pu faire fonctionner le relais à travers une résistance de $2\frac{1}{2}$ megohms. Le relais est aussi sensible que les galvanomètres à miroir dont on se sert pour la télégraphie transatlantique, ce qui a été prouvé par des expériences entre Brest et Newfoundland. Pour téléphoner et télégraphier simultanément, M. Tommasi relie le téléphone au fil télégraphique à travers un condensateur et intercale dans le fil télégraphique, derrière le point de bifurcation, une résistance auxiliaire huit fois plus grande que celle de la ligne. Les expériences ont été faites avec succès entre Paris et Mantes, et plus tard entre Paris et Laon.

MM. Jackson et Chambers aux Etats-Unis ont construit une bobine d'induction spéciale, composée d'un fil primaire et secondaire et d'une troisième hélice en fil de fer doux isolé et laissée en circuit ouvert. Par cette troisième hélice les inventeurs prétendent pouvoir détruire les effets nuisibles sur le téléphone, mais la description sommaire qui en a été publiée dans *The Electrical Review* de New-York, ne nous a pas appris de quelle manière le but est atteint. Pourtant le système a été expérimenté avec succès sur une ligne de 48 km. de longueur.

¹⁾ Voir les propositions Elsasser et Rosebrugh et la fig. 41 dans le *Journal télégraphique*, vol. XI, page 149.

La proposition la plus étrange que nous connaissons émane de M. *Kelner* ¹⁾. La partie principale des appareils de son système consiste en tubes en forme d'U et remplis d'alcool; dans les branches sont fixés des fils de cuivre. L'appareil forme une bifurcation de la ligne télégraphique à la terre et le téléphone y est intercalé. L'inventeur prétend que le système de tubes joue le rôle d'un condensateur à travers lequel les courants ondulatoires du téléphone seuls peuvent passer. La réussite nous paraît douteuse.

Nous arrivons au système de M. *van Rysselberghe* qui, comme nous l'avons déjà dit, a obtenu le plus grand succès, surtout en *Belgique*, pays natal de l'inventeur. Ce système était ou est encore appliqué aux lignes télégraphiques entre Bruxelles, d'une part, et Anvers, Gand, Liège, Mons, Charleroi, Louvain, Ostende, Namur, Verviers, La Louvière et Courtrai, d'autre part, ensuite entre Anvers, d'une part, et Liège, Gand, Louvain, Verviers et Ostende, d'autre part; entre Gand, d'une part, Ostende et Courtrai, d'autre part; entre Liège, d'une part, Verviers et Namur, d'autre part; entre Charleroi, d'une part, et Namur, La Louvière, Mons et Louvain, d'autre part; enfin entre Courtrai, d'une part, Ostende et Mons, d'autre part.

En *France*, le système van Rysselberghe est appliqué aux lignes télégraphiques de Rouen au Havre, de Rouen à Louviers, de Paris à Reims, Rouen, le Havre et Lille; en *Allemagne*, aux lignes de Berlin à Halle, Stettin, Oranienbourg et Dessau, de Munich à Augsbourg, de Nuremberg à Bamberg, de Stuttgart à Heilbronn, Bœblingen, Ulm et Friedrichshafen. En *Autriche*, l'application se restreint à la ligne Vienne-Brünn. En *Suisse*, les lignes Lausanne-Vevay, Bâle-Zurich et Zurich-Männedorf sont munis des appareils van Rysselberghe. Tout dernièrement on a commencé à introduire le système dans les Etats libres de la Plata, et les Japonais et Chinois veulent aussi faire des expériences. Il ne manque donc pas de moyens d'examiner la valeur pratique d'un système qui, au point de vue théorique, est véritablement ingénieux.

L'essence du système a été publiée maintes fois, aussi dans le *Journal télégraphique* ²⁾; des études remarquables ont été également publiées par MM. Ed. Buels ³⁾ et de la Touanne ⁴⁾.

L'invention de M. van Rysselberghe se compose essentiellement de deux parties, savoir: la graduation des courants télégraphiques à un tel point qu'ils de-

viennent imperceptibles dans un téléphone et, d'autre part, la séparation des appareils télégraphiques et téléphoniques intercalés dans un fil unique.

La graduation s'opère au moyen d'hélices en fil de cuivre isolé avec noyau en fer qu'on appelle graduateurs et par des condensateurs. L'hélice a généralement une résistance de 500 ohms. Il y en a deux à chaque poste télégraphique, intercalées de telle façon dans le circuit que les courants arrivants en traversent une et l'appareil Morse en série, et que les courants partants traversent les deux hélices, aussi en série. Le condensateur de 2 microfarads est combiné, d'un côté, avec la ligne, de l'autre côté, avec la terre. L'effet réuni des hélices et du condensateur est un prolongement de la période instable dont le courant a besoin pour parvenir de zéro à son amplitude normale et pour tomber de celle-ci à zéro. Le courant télégraphique acquiert ainsi certaines propriétés des courants ondulatoires avec cette grande différence à l'égard des courants ondulatoires téléphoniques, que les premiers se développent très lentement et ne peuvent jamais produire des sons perceptibles à l'oreille. Un téléphone récepteur mis sous l'influence de courants ainsi transformés en subit bien les conséquences, le diaphragme s'infléchit et reprend sa position normale, mais les mouvements sont si doux et si lents qu'il est impossible de se convaincre de leur existence par l'ouïe; le récepteur téléphonique intercalé directement dans le fil télégraphique reste muet si ce dernier est convenablement armé.

Télégraphe et téléphone sont séparés entre eux par un condensateur d'un demi microfarad intercalé entre la station téléphonique et le fil télégraphique. Ce condensateur forme une espèce d'écran électrique pour les courants télégraphiques, mais il ne fait pas obstacle à la propagation des ondes téléphoniques; de cette façon ce qui appartient au télégraphe lui parvient, et ce qui est de la téléphonie parvient en majeure partie au téléphone, parce qu'au point de bifurcation vers le poste télégraphique et la station téléphonique les courants ondulatoires, bien qu'ils trouvent ouverts deux chemins, ne peuvent avancer que sur celui qui conduit au téléphone; quant à celui du poste télégraphique, il est barré par les graduateurs.

Il est difficile de déterminer quelle est, dans cette invention, la part revenant en propre à M. van Rysselberghe et quels sont les détails empruntés à des précurseurs. M. le Dr. James Moser a fait observer ¹⁾ que C. F. Varley avait déjà, en 1870, publié un système de la transmission simultanée de courants stationnaires et ondulatoires analogue à celui de M. van Rysselberghe, et des expériences visant au même but ont été entre-

¹⁾ La *Lumière électrique*, vol. XXIV, page 594.

²⁾ Vol. VIII, page 3.

³⁾ Téléphonie et télégraphie simultanées: brochure indépendante de 226 pages.

⁴⁾ *Annales télégraphiques*, vol. XIII, pages 5 à 34.

¹⁾ *Centralblatt für Elektrotechnik*, vol. VII, page 739.

prises, en 1877, à Dresde par MM. Elsasser et Zetzsche ¹⁾. Si l'on parcourt l'histoire des inventions on rencontre souvent des cas analogues; une invention est rarement la propriété d'un seul homme, plusieurs esprits y ont participé et quelquefois l'idée a dormi comme un pressentiment vague, dans toute une génération, à preuve le télégraphe.

Si un fil télégraphique est adapté, au moyen des appareils van Rysselberghe, à la téléphonie, les courants ondulatoires peuvent passer d'une station téléphonique à l'autre, mais des courants stationnaires ne passent pas. Or les appels téléphoniques se font par des courants stationnaires, il est donc impossible d'appeler. Cette lacune a été comblée par M. Sieur, qui a imaginé un arrangement auquel il a donné le nom d'*appel phonique*, permettant d'appeler par des courants ondulatoires. L'appel phonique consiste en un récepteur téléphonique, une pile constante et une sonnerie ordinaire. Sur le diaphragme du téléphone repose un marteau léger qui fait contact avec le diaphragme. La pile constante est intercalée dans deux circuits continuellement fermés; l'un se compose de la pile, du marteau et du diaphragme et l'autre de la pile et de la sonnerie. Le premier circuit n'a pratiquement aucune résistance extérieure, et le courant passe presque entièrement dans cette direction; mais si le diaphragme vibre sous l'action de courants ondulatoires, le contact devient incertain et offre au courant une résistance suffisante pour faire passer par la sonnerie un courant sous l'action duquel cette dernière fonctionne.

Le grand inconvénient de cet arrangement est la fermeture continue de la pile à circuit sans résistance extérieure. Nous avons, dès le commencement, tâché de pouvoir supprimer l'appel phonique et de le remplacer par quelque chose de plus convenable. Finalement nos efforts ont été couronnés d'un succès complet; nous possédons maintenant un clapet de fin de conversation (clearing-out relay), qui est plus sensible que l'appel phonique et fonctionne sans pile locale. Ce clapet a, dans son aspect général, la forme du clapet du „standard switch-board“; la tige du crochet est en aluminium, le clapet lui-même est aussi léger que possible. A un aimant mobile on peut donner différentes positions et varier ainsi la polarisation de l'électro-aimant à volonté, de sorte qu'il réagit aux dernières traces de courant. Nous avons constaté qu'on peut régler ce clapet de telle façon qu'il tombe à la suite d'un courant télégraphique gradué dans un fil voisin. L'armature, une fois attirée, ne se détache plus, mais un arrangement appliqué au clapet a pour con-

séquence que l'armature est détachée automatiquement par le relèvement du clapet.

Le système Van Rysselberghe a plusieurs points faibles. Les appareils sont excessivement délicats, surtout les condensateurs. Une décharge atmosphérique relativement faible peut les détruire complètement; il a donc fallu y appliquer des parafoudres qui laissent passer les décharges atmosphériques encore plus facilement que les condensateurs, mais alors ces parafoudres se dérangent très souvent, une légère décharge atmosphérique peut mettre la ligne télégraphique en communication avec la terre, et malgré cette grande sensibilité des parafoudres les condensateurs sont pourtant quelquefois détruits.

Le système Van Rysselberghe influence le service télégraphique d'une manière assez fâcheuse. D'abord il faut augmenter considérablement les piles des postes télégraphiques, mais on pourrait encore passer sur cet inconvénient; le pire est que le service télégraphique se trouve ralenti par l'augmentation de la durée de l'état variable des courants. Le service Morse ordinaire n'en souffre pas, mais les transmissions par le Hughes sont souvent dérangées et le service des appareils rapides, Wheatstone et autres, est probablement impossible. Au point de vue téléphonique les transmissions sont très faibles, au moins avec les appareils ordinaires, et le silence des signaux télégraphiques est pour ainsi dire seulement obtenu en théorie.

Les frais de l'installation du système ne sont pas si insignifiants qu'on le croit quelquefois; son application à la ligne télégraphique de Genève à Lausanne nous a, par exemple, coûté environ fr. 15 000.

D'autres personnes s'expriment à peu près dans les mêmes termes sur la valeur pratique du système. Le *Bulletin international des téléphones* dit ¹⁾: „Le système a de nombreuses qualités théoriques, mais se trouve condamné de la façon la plus absolue dès qu'on veut l'appliquer un peu sérieusement“. En Suisse, nous avons dû abandonner le système Van Rysselberghe entre Genève et Lausanne et construire une ligne spéciale téléphonique; nous sommes aussi obligé d'abandonner le système entre Bâle et Zurich, la ligne téléphonique indépendante est déjà tracée et sera construite aussitôt que la saison le permettra.

7. La lutte contre l'induction.

Le seul moyen de combattre, d'une manière satisfaisante, l'induction réciproque entre deux fils parallèles est le *fil double* ou circuit métallique. L'application de ce système produit déjà ses effets même si on l'applique seulement d'une manière partielle. Sup-

¹⁾ *Elektrotechnische Zeitschrift*, vol. VI, page 190.

¹⁾ Année 1886, page 183; année 1887, page 125.

posons un point A en communication, d'une part, avec un point C et, d'autre part, avec un point D, les fils conduisant à ces deux points étant posés sur les mêmes poteaux jusqu'à B et de là se bifurquant dans des directions différentes vers C et D. Si la distance AB est suffisamment grande pour que les paroles prononcées sur l'un des deux fils soient distinctement entendues et comprises sur l'autre, on peut remédier à cette induction en posant entre A et B un troisième fil, formant avec l'un des deux premiers un lacet ouvert en B. Soit le fil AC modifié de cette manière en lacet partiel: le téléphone intercalé en A sur le fil AC n'aura alors pas de terre en A, sa terre sera en B. Or si les deux fils du lacet AC sont équidistants du fil AD, l'induction réciproque sera neutralisée et les deux communications seront indépendantes l'une de l'autre. Si l'on parle sur le fil unique, les courants influencent les deux fils du lacet avec une force égale mais dans la même direction, c'est-à-dire que les courants se dirigent dans les deux fils du lacet ou de A à B ou de B à A; les deux courants ont donc dans le circuit complet des directions opposées et s'annulent. Le même résultat s'obtient en parlant sur le lacet et en écoutant sur AD. Les courants se dirigeant sur le lacet en sens opposé induisent aussi dans le fil unique deux courants opposés qui se détruisent réciproquement, et les téléphones intercalés dans le fil AD restent muets.

Une autre application partielle du système des fils doubles est le suivant: On pose sur les mêmes poteaux trois fils pour obtenir deux circuits téléphoniques indépendants. Deux de ces fils forment un lacet complet, sans communication à la terre nulle part, et le troisième fil qui a une terre à ses deux extrémités sert comme seconde communication¹⁾. Dans ce cas aussi il est indispensable que le fil unique soit à la même distance des deux fils du lacet.

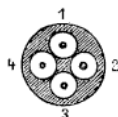
L'application partielle du système des fils doubles dans l'une ou l'autre des deux formes sus-mentionnées est un expédient dont on se sert pour diminuer les frais d'exploitation ou pour d'autres raisons qui seront discutées plus tard, mais elle n'est pas la vraie solution du problème de l'anéantissement de l'induction réciproque sur les lignes longues. Il faut que toutes les communications interurbaines se composent de fils doubles, sans communication avec la terre. On parvient ainsi, non seulement à détruire l'induction, mais aussi à expulser des lignes téléphoniques tous les bruits étrangers provenant des courants terrestres, etc., qu'on comprend sous le nom collectif de *friture*. Sur des lignes de 200 kilomètres et plus, ces bruits deviennent quel-

quefois si forts qu'il serait impossible de téléphoner même si le fil unique se trouvait seul sur une ligne éloignée dans toutes ses parties d'autres lignes électriques. En adoptant pour les lignes longues le fil double sans terre, on combat donc à la fois deux sources de dérangement, l'influence des autres fils placés dans le voisinage, et tous les bruits de friture qui sont produits par les courants remontant de la terre dans les fils.

Toutefois en disant que les fils doubles sont exempts d'influences étrangères on parle théoriquement, car dans la pratique on ne peut pas remplir avec une exactitude mathématique les conditions exigées. L'isolation n'est pas parfaite et la distance entre les fils n'est pas toujours celle demandée par la théorie, et même si elle l'était immédiatement après la construction de la ligne, elle se perdrait bientôt à cause des variations des flèches entre les poteaux. Quant à l'isolation, il convient d'employer le meilleur isolateur connu, par exemple un grand isolateur à double cloche; il serait peut-être même prudent de choisir l'isolateur à fluide de MM. Johnson et Phillips. Il faut en tout cas arriver, pour les longs fils téléphoniques, à une isolation telle, qu'elle se maintienne, même pendant le temps de pluie et de brume, à quelques centaines de megohms par kilom.

Quant à l'équidistance entre les fils, il faut d'abord remarquer qu'on ne peut pas placer au delà de deux circuits doubles, soit 4 fils sur les mêmes poteaux dans les conditions voulues, si les fils ne changent pas de place; arrêtons-nous un moment aux deux circuits doubles sur les mêmes poteaux. Le meilleur résultat est obtenu quand le plan passant par les deux fils d'un circuit coupe à angle droit le plan des deux fils de l'autre circuit. Des expériences décisives sous ce rapport ont été faites par M. Elsasser¹⁾. Il utilisait un

Fig. 53.



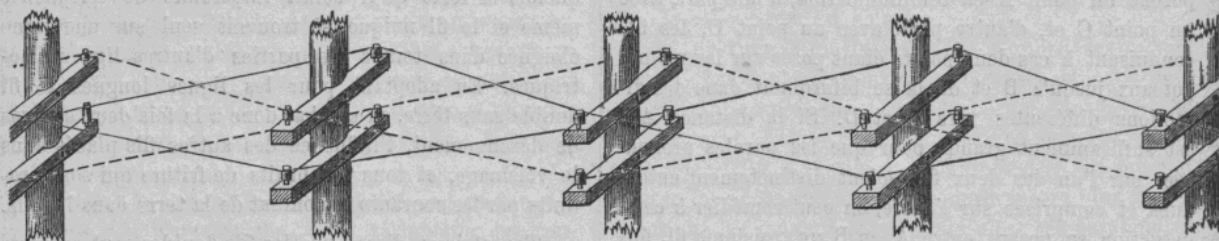
câble à 4 fils entre Cologne et Elberfeld, distance 57 km. Si l'on formait le premier circuit des fils 1 et 3 (fig. 53), le second des fils 2 et 4, on ne pouvait rien entendre d'un circuit à l'autre; mais si un circuit était formé des fils 1 et 2, l'autre des fils 3 et 4, les signaux se mélangeaient.

Pour égaliser les petites différences inévitables des distances entre les fils, on a eu recours à l'expédient consistant à les croiser. En Angleterre les croisements s'opèrent de poteau à poteau, les deux fils d'un circuit tournant l'un autour de l'autre comme les filins d'une corde. La figure 54 donne une idée du croisement de deux fils doubles, comme il est indiqué par M. Preece dans son article sur les progrès récents en

¹⁾ Voir aussi Nyström dans le *Journal télégraphique*, vol. VII, page 208.

¹⁾ Voir *Elektrotechnische Zeitschrift*, vol. IV, page 505.

Fig. 54.



téléphonie ¹⁾). Si on indique par 1 et 3 les deux fils du premier circuit téléphonique, par 2 et 4 ceux du second, les quatre fils occupent sur les cinq premiers poteaux de la ligne les positions suivantes.

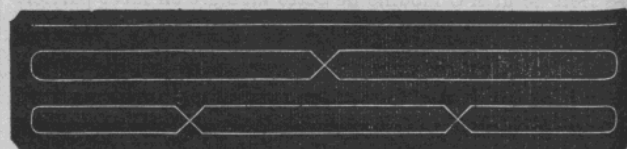
I.	II.	III.	IV.	V.
1 2	4 1	3 4	2 3	1 2
4 3	3 2	2 1	1 4	4 3

Sur le cinquième poteau ils occupent les mêmes places que sur le premier, et la rotation continue sur les poteaux suivants comme il est indiqué pour les quatre premiers poteaux. Le plan des deux fils d'un circuit est tordu de 90° entre deux poteaux. Cet arrangement est très efficace pour annuler les effets d'autres fils, par exemple de fils télégraphiques, qui pourraient se trouver sur les mêmes poteaux ou dans le voisinage, mais en ce qui concerne l'influence d'un circuit téléphonique sur l'autre nous ne pouvons pas comprendre pourquoi cette rotation continuelle des fils serait nécessaire. La ligne acquiert en outre par la pose des fils, suivant la figure 54, un aspect disgracieux; les mélanges sont plus faciles qu'entre des fils qui, sur les poteaux, occupent toujours la même place et, s'il y a un mélange, celui-ci est plus difficile à trouver car, vus d'en bas, tous les fils semblent se croiser, même quand ils sont en ordre.

Nous avons en Suisse, dès l'année 1885, choisi un autre système de croisement des fils doubles, par ex. entre Zurich et Winterthour, dont les réseaux téléphoniques sont reliés entre eux par une ligne à 5 fils formant trois communications indépendantes. Le fil placé sur la pointe des poteaux forme un circuit avec terre aux deux extrémités, et les 4 fils latéraux forment deux circuits sans terre, leurs plans étant à angle droit. Pour égaliser les distances entre le fil unique et les deux fils du premier circuit métallique, nous avons croisé les deux fils juste au milieu de la ligne. Le second circuit métallique a dû être protégé contre les influences des deux autres circuits et vice-versa. A cet effet il a reçu deux croisements, l'un à $\frac{1}{4}$, l'autre à $\frac{3}{4}$ de la longueur totale de la ligne.

¹⁾ Voir *Journal of the Society of Telegraph Engineers and Electricians*, vol. XI, page 610.

Fig. 55.



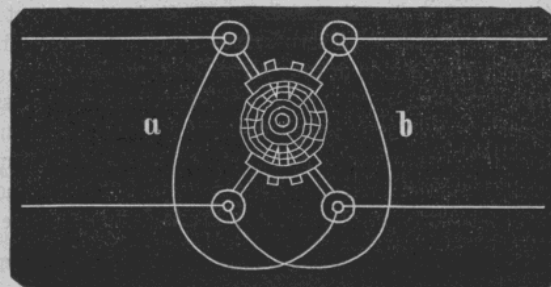
L'arrangement schématisé est montré par la fig. 55. On voit facilement que le fil unique se trouve à distance égale des deux fils de chacun des autres circuits, et que les fils de chaque circuit métallique sont à distance égale de chacun des autres fils. Il aurait mieux valu établir aussi la première communication en fil double et laisser la pointe des poteaux sans fil.

On peut aisément calculer combien de croisements il faudrait donner aux différents circuits doubles s'il y en avait un plus grand nombre sur les mêmes poteaux; pour un total de 6 circuits on aurait

Pour le 1 ^{er} circuit	0	croisements
" 2 ^e	1	"
" 3 ^e	2	"
" 4 ^e	2 ² = 4	"
" 5 ^e	2 ³ = 8	"
" 6 ^e	2 ⁴ = 16	"

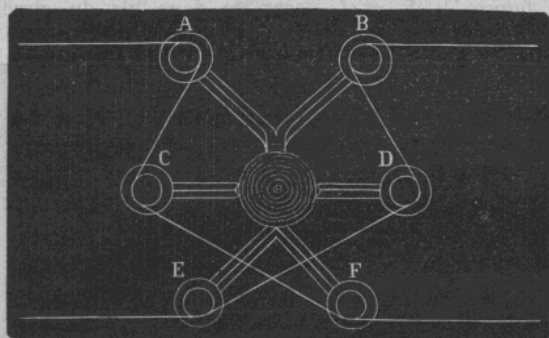
Chaque croisement s'opère sur un seul poteau, de sorte que tous les fils sont partout parallèles entre les poteaux. Nous employons pour ces croisements des consoles doubles, comme il est indiqué en projection ichonographique par la figure 56. Les deux fils de raccordement *a* et *b* sont choisis en métal très rigide, de sorte que la courbe donnée résiste aux vents et qu'il

Fig. 56.



n'y ait pas lieu de craindre un faux contact. M. Banneux, dans sa remarquable brochure sur les circuits aériens de la téléphonie à grande distance ¹⁾, est aussi de l'avis qu'il faut opérer les croisements des circuits doubles sur un seul poteau pour maintenir le parallélisme entre les fils, mais il propose d'autres moyens pour éviter le contact des fils aux lieux de croisement. Tantôt ce sont des ferrures quadruples vissées au sommet des poteaux, tantôt des ferrures doubles combinées avec des supports simples dans des formes très variées. Nous ne pouvons pas entrer dans le détail de ces combinaisons et nous nous contentons de donner dans la fig. 57

Fig. 57.



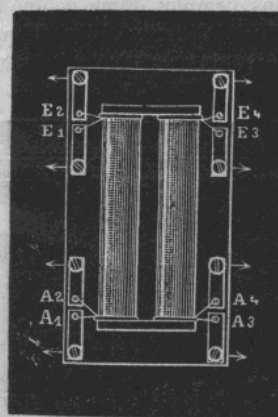
la projection horizontale d'un support sextuple pour un pareil croisement. Les isolateurs C et D servent uniquement à éviter le contact des fils au lieu du croisement.

M. Van Rysselberghe s'est aussi servi des fils doubles pour approprier plusieurs fils télégraphiques par son système à la téléphonie et télégraphie simultanées, car ce système ne permettrait pas non plus d'utiliser, pour des transmissions téléphoniques indépendantes, deux fils simples situés sur les mêmes poteaux. Les fils sont bien muets pour les signaux télégraphiques mais point pour les courants téléphoniques. Pour former, de deux fils télégraphiques indépendants, un circuit double téléphonique, M. Van Rysselberghe a appliqué quatre condensateurs de $\frac{1}{2}$ microfarad chacun, formant deux paires de condensateurs aux deux bouts de la ligne. Les appareils téléphoniques s'intercalent entre chaque paire. A cause de la distance à laquelle se trouvent les circuits doubles sur les poteaux télégraphiques, et surtout à cause du grand affaiblissement des courants téléphoniques par le système Van Rysselberghe, il n'est généralement pas nécessaire de croiser les circuits doubles. Si, même à des distances de 100 kilomètres, les fils occupent toujours la même place sur les poteaux, l'effet d'induction d'un circuit double sur l'autre est si insi-

gnifiant qu'on ne peut pas comprendre dans l'un ce qui se dit dans l'autre.

Dans l'état actuel de la grande majorité des réseaux téléphoniques, les circuits doubles des lignes interurbaines, bien qu'ils soient la meilleure, l'unique solution de la téléphonie à grande distance, présentent un grand inconvénient. Les réseaux sont construits à fil simple, chaque fil ayant la terre à ses deux bouts. Comment relier ce fil simple au fil double qui n'a point de terre? Un contact direct est impossible. Il faut que les ondes électriques parcourant le fil simple, se reproduisent d'une autre manière dans le fil double. Le seul moyen d'obtenir ce résultat est une bobine d'induction dont le fil primaire et le fil secondaire ont le même diamètre, la même longueur et le même nombre de spires autour d'un noyau en fer. On appelle ces bobines, destinées à établir le rapport électrique entre le fil simple et le circuit double, des *translateurs*. Le translateur a été indiqué par M. A. B. Bennett en Octobre 1881, et employé par lui entre Glasgow et Greenock (distance 80 km.). En 1883, M. Nyström l'a appliqué à la ligne interurbaine Malmö-Lund (distance 18 km.). On a d'abord travaillé avec des translateurs de construction très médiocre. Plus tard M. Landrath ¹⁾ a construit un translateur qui, jusqu'aujourd'hui, est resté le meilleur instrument de ce genre. Il se compose de deux bobines égales dont les noyaux sont formés de fins fils de fer recuit, pour supprimer autant que possible les courants de Foucault. Ces faisceaux sont réunis par deux parallépipèdes en fer doux. La figure 58 représente ce translateur vu d'en haut. Les quatre fils des deux bobines sont $A_1 E_1$, $A_2 E_2$, $A_3 E_3$ et $A_4 E_4$. On combine généralement deux fils en fil primaire et les deux autres en fil secondaire. Pour produire des polarités opposées

Fig. 58.



¹⁾ Voir l'Etude de M. Elsasser sur l'induction téléphonique. *Journal télégraphique*, vol. IX, page 157.

à chaque paire de bouts des deux bobines, qui sont reliés entre eux par un bloc en fer, il faut réunir E_1 directement avec E_3 et E_2 avec E_4 ; on obtient ainsi les deux fils A_1A_3 et A_2A_4 , l'un d'eux à intercaler dans le circuit double (ligne interurbaine), l'autre fil doit communiquer par un de ses bouts avec la terre, par l'autre avec le fil de l'abonné. L'induction réciproque entre les deux fils du translateur atteint, dans ce cas, son maximum, primo à cause de la continuité du noyau magnétique et secundo à cause des deux polarités opposées dans les blocs en fer.

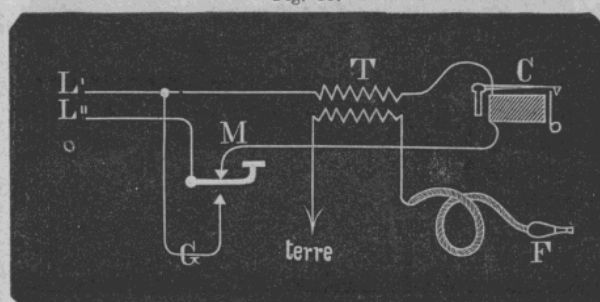
A chaque extrémité de la ligne double interurbaine il faut intercaler un translateur. Si donc un abonné A du réseau I veut être mis en communication avec un abonné B du réseau II, le circuit est interrompu par trois bobines d'induction, d'abord par celle du microphone de l'abonné qui parle et ensuite par les deux translateurs. La force des courants électriques est considérablement affaiblie par les translateurs. M. Banneux évalue la perte d'énergie, quand il y a un seul translateur en fonction (une des stations téléphoniques étant intercalée directement dans le lacet), à 40—50 %, et si les deux extrémités sont munies de translateurs, à 60—70 %. Nous ne savons pas à quels translateurs se rapportent ces évaluations, probablement à l'ancien système, de sorte qu'on peut espérer des résultats un peu meilleurs du translateur Landrath.

Les translateurs jouent, surtout dans le système Van Rysselberghe, un rôle fâcheux, parce que le circuit double est déjà sans eux interrompu à quatre endroits différents par les condensateurs; il fallut donc en Belgique, où le système est le plus répandu, prendre des dispositions spéciales pour rendre la téléphonie interurbaine commercialement possible. Ces dispositions consistent dans un renforcement notable de la pile du microphone, dans l'emploi d'une bobine microphonique proposée par M. de Cazenave, dans l'application d'un pavillon acoustique en caoutchouc durci à l'embouchure

du microphone et dans l'usage de deux téléphones pour la réception.

L'emploi des translateurs présente, pour le service téléphonique, un autre inconvénient au point de vue de l'appel. On peut bien se servir de l'appel phonique ou du clapet sensible mentionnés plus haut, mais il faut des courants énergiques et saccadés dont les abonnés ne disposent pas généralement, et il s'en suit que l'abonné ne peut donner le signal de fin de conversation aux deux stations centrales et que l'une d'elles est obligée d'intervenir pour avertir l'autre. L'installation aux stations centrales devient alors assez simple, comme on peut juger de l'arrangement belge représenté par la figure 59. L_1 et L_{11} sont les deux fils du circuit

Fig. 59.

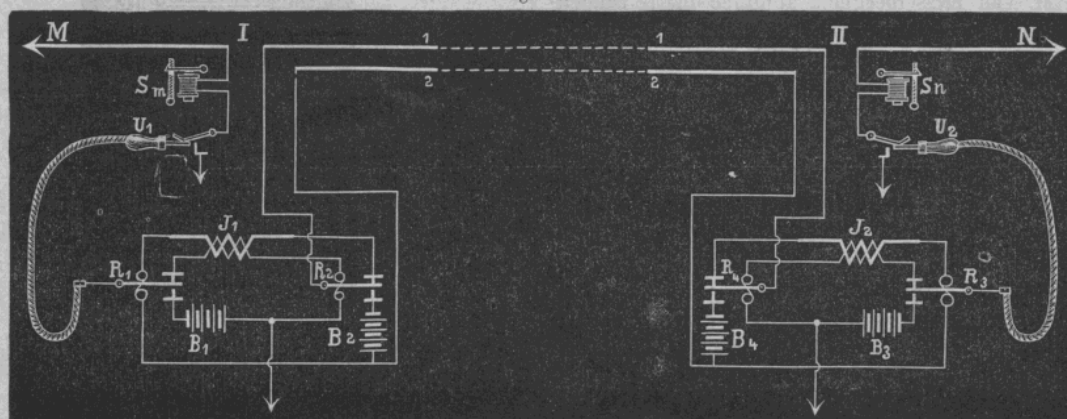


double interurbain, T le translateur, C le clapet de la station centrale avec son électro-aimant, F la fiche et corde en contact avec le fil d'un abonné, G le générateur d'électricité (pile ou inducteur magnéto-électrique). En baissant le manipulateur M, la station centrale envoie à l'autre un courant qui fait tomber le clapet C qui donne le signal d'appel et de fin de conversation.

En Allemagne, on a adopté un autre système qui permet l'appel direct d'un abonné à l'autre à travers les stations centrales et le circuit double interurbain. La figure 60¹⁾ donne le diagramme des communi-

¹⁾ Tiré de l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, vol. IV, page 508.

Fig. 60.



tions. 1 et 2 sont les deux fils du circuit double entre les stations centrales I et II, M et N sont les fils simples des abonnés, reliés entre eux par le circuit double, Sm et Sn sont les clapets, J₁ et J₂ les translateurs. Ces instruments sont complétés, dans chaque station centrale, par deux relais et deux piles. Tout l'arrangement s'adapte à des courants de pile. Un courant d'appel ou de fin de conversation venant de M traverse Sm U₁, un fil du translateur J₁, le relais R₂ et va à la terre. Par l'attraction de l'armature du relais R₂, la pile B₂ est introduite dans le circuit double et le courant passe à la station centrale II par le relais R₃. Par l'attraction de l'armature de ce relais, la pile B₃ est intercalée dans le circuit de l'abonné N qui reçoit ainsi le signal émanant de l'abonné M. Le seul inconvénient de ce système est sa complication par deux relais et deux piles.

M. le Prof. Zetzsche, qui a beaucoup de goût et de talent pour les combinaisons compliquées, a développé l'idée représentée par la figure 60 ¹⁾ par diverses variantes dans le détail desquelles nous ne voulons pas entrer.

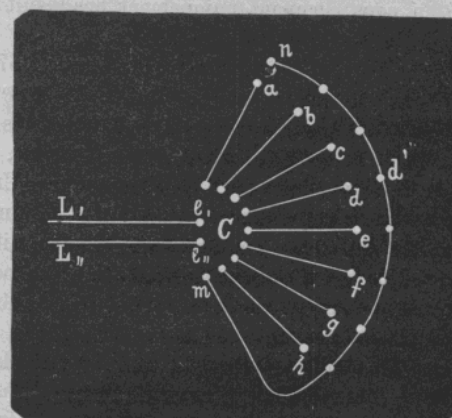
L'affaiblissement des courants téléphoniques et les complications de l'appel se font moins sentir quand il s'agit de lignes doubles qui ne desservent que le téléphone, mais les inconvénients ne disparaissent pas complètement et il faut regarder l'utilisation d'un transmetteur comme un état passager dans le développement de la téléphonie. On gagne déjà beaucoup en employant le translateur seulement d'un côté du circuit double. A cet effet il faut donner aux abonnés de l'autre côté des fils doubles. Cela peut se pratiquer sans trop d'inconvénients quand il s'agit de tout petits réseaux auxiliaires qui ont environ une vingtaine d'abonnés, mais si le fil double interurbain a un long parcours, cette demi-mesure ne suffit plus. Ainsi la communication Paris-Bruxelles, d'une longueur de 320 km., dont on a tant parlé ces derniers temps, ne peut encore aujourd'hui pas être utilisée directement par les abonnés, quoique ceux de Paris possèdent le fil double. Les conversations se font uniquement de Bourse à Bourse, c'est-à-dire à l'exclusion de translateurs. On travaille actuellement au complément du réseau de Bruxelles, en posant pour chaque abonné un second fil depuis la station centrale. Ce travail une fois fini, les abonnés des deux capitales pourront converser entre eux de leurs propres stations, et alors seulement cette ligne interurbaine pourra rendre les services qu'on attend d'elle.

L'époque passagère de l'emploi des translateurs doit, tôt ou tard, faire place à la solution parfaite, l'ap-

plication du système des fils doubles, sans communication avec la terre, de toutes les stations d'abonnés. Mais cette mesure radicale a la signification d'une véritable révolution dans la téléphonie. Les conséquences sont les suivantes: Possibilité de la téléphonie à toute distance sous le rapport de l'induction réciproque, suppression, dans les circuits téléphoniques, de tous les bruits étrangers venant de dérangements de l'équilibre électrique dans la terre et, sauf les coups de foudre tombant directement sur les fils, dans l'atmosphère, de l'autre côté, augmentation considérable des frais d'exploitation à cause du doublement des réseaux et de la transformation fondamentale des stations centrales.

On pourrait, si l'on n'est pas en mesure de faire ce grand progrès en une seule fois, introduire d'une manière partielle le système à double fil dans les réseaux, c'est-à-dire réunir une série d'abonnés sur un seul circuit de retour, comme il a été proposé par M. Bliss. La figure 61 donne une idée de ce système.

Fig. 61.



C est la station centrale; a, b, h sont 8 stations d'abonnés, réunies sur le même fil de retour mn, L₁ et L₂ sont les deux fils d'un circuit double interurbain. Dans la règle les appareils des abonnés ne communiquent pas avec le fil de retour, et la communication avec les autres abonnés du même réseau s'établit de la manière actuelle, avec terre aux deux bouts de la ligne, mais si un abonné veut converser avec un abonné d'un autre réseau, il faut d'abord établir la communication avec le fil de retour, par exemple l'abonné d doit mettre d en communication avec d'. La station centrale établira alors contact entre d' et l₁ et entre m et l₂, et le circuit métallique est complet, pourvu que les mêmes opérations aient eu lieu à l'autre bout de la ligne interurbaine. Ce système intermédiaire a encore le grand avantage de dispenser de la transformation des stations centrales; on peut se restreindre

¹⁾ Voir *Elektrotechnische Zeitschrift*, vol. V, page 29.

à construire un commutateur spécial à fil double pour les communications interurbaines. Quand un abonné demande alors par fil simple une communication interurbaine, on le renvoie simplement au commutateur spécial où s'accomplissent les opérations ultérieures. Le seul inconvénient du système Bliss consiste en ce que l'usage des communications interurbaines se trouve restreint, car un abonné ne peut se servir du fil de retour que quand ce dernier n'est pas occupé par un autre abonné du même groupe.

Après avoir examiné de quelle manière on peut combattre les effets de l'induction réciproque, nous nous occuperons de l'*induction propre* ou self-induction. Elle se manifeste sur les lignes et dans les appareils, et nous voulons d'abord résumer les effets nuisibles qu'elle produit dans les deux cas.

Les expériences les plus concluantes ont été faites par M. Van Rysselberghe en Amérique ¹⁾. Bien que ces expériences aient été entreprises pour démontrer le système Van Rysselberghe, nous laissons cette particularité de côté en nous occupant uniquement des résultats au point de vue de l'induction propre.

Entre Grafton et Parkersburg, distance de 167 km., on téléphonait à travers un fil de fer de 4^{mm} et à travers un fil de cuivre dur de 2^{mm},7. Dans les deux cas la voix était forte et bien compréhensible, mais sur le fil de fer moins claire et plus sombre. Une seconde expérience entre River et Fostoria, distance de 368 km., sur un fil de fer de 4^{mm},5, démontrait que la conversation était presque impossible et ne pouvait pas suffire à une exploitation commerciale. Entre Grafton et Fostoria, distance de 520 km., sur un fil de fer de 4^{mm},5 on entendait par ci par là un mot, mais la conversation était impossible. Entre Baltimore et Fostoria, distance de 1000 km., sur un fil du même genre et diamètre, on n'entendait rien du tout ni des appels ni de la parole, le fil restait absolument muet.

Plus on augmente la longueur des fils en fer, plus la voix s'altère; elle devient de plus en plus grave et sombre, l'articulation se perd peu à peu, la confusion et l'assourdissement augmentent et l'impossibilité de comprendre n'a pas pour raison principale la perte de force, mais la perte de netteté. La dernière limite de distance pour les fils en fer se trouve aux environs de 400 km., mais à cette distance la conversation est déjà très pénible, c'est-à-dire impossible au point de vue commercial.

Avec des fils de cuivre les résultats sont tout autres. Une expérience entre Fostoria et Albany, distance de 941 km. sur un fil de cuivre dur de 2^{mm},7, a donné

de bons résultats, la reproduction de la parole était claire, nette et précise et la conversation facile. Entre New-York et Fostoria, distance de 1175 km., en utilisant un fil de cuivre du même diamètre la voix gardait sa netteté, mais la reproduction était trop faible pour une exploitation commerciale, le fil avait donc pour cette distance un diamètre trop faible. Il résulte de ces expériences qu'avec un fil en cuivre dur de 2^{mm},1 de diamètre on peut aller jusqu'à 500 km., et avec un fil du même métal et d'un diamètre de 2^{mm},7 à environ 900 km.

Une dernière expérience fut faite entre New-York et Chicago, distance de 1625 km., avec un fil double (circuit métallique). C'étaient des fils compound, une âme de 3^{mm} d'épaisseur en acier, enveloppée d'une gaine de 1^{mm},5 d'épaisseur en cuivre; le fil avait donc un diamètre total de 6^{mm}. Si l'on considère que par un fil de fer rien ne passe plus à une distance de 1000 km., on pouvait admettre que le noyau d'acier n'existait pas et que le fil compound de 6^{mm} de diamètre jouait le rôle d'un fil en cuivre de 5^{mm} de diamètre. La résistance de ce fil était de 1^{ohms},1 par kil. et la capacité totale des 3250 km. de 23,4 microfarads. La reproduction de la voix était très forte, nette, avec une clarté admirable et sans altération appréciable.

Cette dernière expérience est concluante. Elle prouve qu'en choisissant un fil de cuivre dur ou de bronze silicieux ou phosphoreux, de diamètre convenable, et en établissant le circuit double on peut téléphoner à toute distance sur nos continents et que la téléphonie à grande distance ne présente plus aucune difficulté technique.

Nous laissons pour le moment de côté la nature de l'induction propre qui se manifeste dans les fils de ligne pour parler d'abord des obstacles de même genre qu'on rencontre dans les appareils. Dans les circuits téléphoniques des abonnés qui sont reliés à une station centrale, il y a toujours des électro-aimants intercalés. Outre ceux des téléphones récepteurs aux deux extrémités de la ligne et les bobines d'induction des microphones, nous trouvons encore les électro-aimants des clapets de fin de conversation, quelquefois aussi des relais, etc. Si deux abonnés sont reliés entre eux à travers plusieurs stations centrales, le nombre des électro-aimants augmente en proportion. Or ces électro-aimants et bobines d'induction affaiblissent considérablement la reproduction de la parole, et cet affaiblissement n'est pas en proportion avec la résistance que les électro-aimants intercalent dans le circuit. Quand on combine le récepteur téléphonique avec un électro-aimant d'un côté et un rhéostat de l'autre, de manière à pouvoir intercaler alternativement l'un ou l'autre dans le cir-

¹⁾ Téléphonie internationale. Rapport sur des expériences récentes. Bruxelles, F. Hayez, 1886.

cuit au moyen d'un manipulateur, on peut approximativement déterminer quelle résistance est nécessaire pour affaiblir le courant autant que le fait l'électro-aimant. Il a été constaté que la résistance du rhéostat doit être environ dix fois plus grande que celle de l'électro-aimant.

En intercalant dans le circuit plusieurs électro-aimants en série, on arrive bientôt à un point où la conversation devient impossible. Six électro-aimants, par exemple, d'une résistance totale de 1000 ohms, ont déjà pour effet de détruire presque complètement l'articulation. Le même effet est produit par plusieurs téléphones intercalés dans le circuit. Les électro-aimants sont en général un obstacle sérieux à la bonne transmission téléphonique, obstacle qui augmente en proportion avec la distance que franchit le circuit.

Après avoir ainsi établi les deux formes sous lesquelles l'induction propre devient un ennemi de la téléphonie, nous tâcherons d'examiner la nature de ce phénomène.

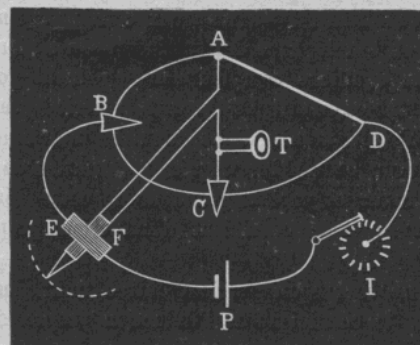
C'est à M. le professeur Hughes que revient surtout le mérite d'avoir porté la lumière sur cette question. Par son remarquable discours d'inauguration, à la Société des ingénieurs télégraphiques et électriciens de Londres ¹⁾, il a su donner aux recherches, en cette matière, un élan qu'elles n'avaient pas auparavant. On a tantôt critiqué la méthode de l'investigation, tantôt le mode de raisonnement. En Angleterre, c'est surtout Lord Rayleigh qui doutait de l'exactitude de certains résultats des recherches, en Allemagne et en Suisse les professeurs Helmholtz et Weber ont fait opposition sur certains points.

Nous admettons volontiers que les lois de l'induction propre aient été bien connues auparavant et que les conclusions tirées par M. Hughes de ses expérimentations n'ont pas été exemptes d'erreurs. Mais le mérite de l'œuvre de M. Hughes n'en est pas sensiblement affecté. Nous regardons donc le travail de cet éminent électricien comme le point central autour duquel nous groupons les autres investigations et raisonnements sur la matière.

Résumons d'abord les résultats obtenus par M. Hughes. L'induction propre a été découverte par Henry en 1832 et définie par Faraday en 1884. Elle se développe dans un fil droit, mais surtout dans les bobines, et se manifeste par un extra-courant qui prend naissance dans le fil au moment de la cessation du fil primaire. Quand le fil est roulé en hélice, comme c'est le cas dans les bobines d'induction et dans les

électro-aimants, l'induction propre est beaucoup plus forte parce que chaque spire influence les spires avoisinantes et cette induction acquiert, jusqu'à un certain point, le caractère de l'induction réciproque, toutefois avec cette différence qu'elle se développe dans le même circuit qui conduit aussi le courant inducteur. Pour constater et mesurer l'induction propre, M. Hughes a construit un *pont d'induction* qui est une combinaison de la balance d'induction avec le pont de Wheatstone.

Fig. 62.



La figure 62 peut donner une idée de l'arrangement de ce pont. ABCD est un fil en maillechort, d'une longueur d'un mètre et de 0^{mm},25 de diamètre, ayant une résistance de 4 ohms. Ce fil forme trois côtés du parallélogramme du pont, et les deux contacts B et C peuvent glisser sur lui pour varier les résistances. Entre A et D et formant le 4^e côté du parallélogramme est fixé le fil droit ou la bobine à examiner. Les deux diagonales du parallélogramme sont ATC et BPD. En I on observe un interrupteur du courant fourni par la pile P. Avec cet interrupteur, on peut produire à volonté de 10 à 100 interruptions par seconde. Le sonomètre en EF est intercalé dans les deux diagonales, la petite hélice mobile F dans la diagonale du téléphone, la grande hélice fixe E dans la diagonale de la pile. Avec cet arrangement, on peut établir l'équilibre électrique dans l'état stable et variable des courants. L'équilibre dans l'état stable existe quand $AD \times BC = AB \times CD$. L'équilibre dans l'état variable des courants sera obtenu, si, outre cela, les inductions propres des quatre côtés du parallélogramme se contrebalancent. Mais en supposant que le fil à essayer, AB, ait un coefficient d'induction propre plus grand que le fil en maillechort, on peut bien établir l'équilibre pour le courant stable mais jamais pour le courant à l'état variable, et on entendra dans le téléphone T un son dont la hauteur dépendra de la vitesse de rotation de l'interrupteur I. Ces courants, qui ont leur source dans le surplus d'in-

¹⁾ Journal of the Society of telegraph Engineers and Electricians, vol. XV, page 6.

duction propre qui se développe dans le fil AB, peuvent être contrebalancés par le sonomètre EF. Quand les deux hélices de ce sonomètre forment angle droit, une bobine ne peut pas produire des courants d'induction dans l'autre, mais ces courants naissent aussitôt dans l'hélice intérieure F quand elle quitte la position normale, et ils atteignent leur maximum quand elle est parallèle à l'hélice E. Les courants d'induction réciproque de l'hélice F traversent le téléphone T en sens contraire aux courants d'induction propre engendrés dans le fil AB, on peut donc facilement trouver une position de l'hélice F où les deux courants se neutralisent et où le téléphone devient muet. On a alors dans le pont un équilibre complet, non seulement pour les courants stables, mais aussi pour leur période variable. L'hélice F est munie d'une aiguille indicatrice qui pointe sur un cadran les degrés de déviation de la position normale, et par la grandeur de cette déviation on peut mesurer le coefficient d'induction propre du fil AB.

Il existe encore une série d'autres méthodes pour déterminer le coefficient de l'induction propre, surtout celles de Maxwell, Ayrton et Perry et Weber. L'une ou l'autre d'elles serait peut-être encore plus convenable que celle de M. Hughes, mais nous les laissons de côté sauf une qui sera traitée plus tard. C'est celle de MM. Ayrton et Perry qui nous semble surtout pratique pour l'électro-technicien.

Le pont décrit tout-à-l'heure est si sensible que M. Hughes a pu mesurer l'induction propre de fils droits qui n'avaient que la longueur de 30^{cm}. Il a d'abord constaté que le coefficient d'induction propre d'un fil droit de fer doux est environ 6 fois plus grand que celui d'un fil de cuivre de même longueur et diamètre. En partant de la supposition que chaque conducteur, d'une matière quelconque, se compose d'un très grand nombre de fils excessivement fins (avec la limite inférieure d'une chaînette de simples molécules), on doit admettre que chaque filin est parcouru d'une partie du courant total et que ces courants partiels réagissent l'un sur l'autre, comme c'est le cas entre deux fils parallèles indépendants. Dans cette supposition repose l'essence de l'idée de l'induction propre. En maintenant cette conception de la nature de l'induction propre, cette dernière devient une forme spéciale de l'induction réciproque avec la seule différence que les conducteurs dont les courants s'influencent sont réunis en un seul fil.

Si les filins se composent de fer, d'acier ou d'un autre métal fortement paramagnétique, le courant de chaque filin produit un effet magnétisant sur les autres filins. Cette aimantation absorbe, à la naissance du courant, une certaine quantité de ce dernier; au moment

de la disparition du courant les filins aimantés se désaimantent de nouveau, et en se désaimantant maintiennent outre mesure le courant au moment où il disparaît; cet effet d'aimantation et de désaimantation explique la grande différence entre les coefficients d'induction dans les fils de fer et dans les fils qui se composent d'autres métaux. On a nommé la valeur de l'aimantation d'un filin à l'autre le coefficient de perméabilité magnétique, et on le désigne par la lettre grecque μ ; ce coefficient atteint un maximum dans le fer doux, tandis que dans les métaux non magnétiques la perméabilité peut être considérée comme nulle pour les applications de la pratique, quoique l'on puisse toujours en découvrir quelques traces; la perméabilité magnétique de l'air est la même que celle des métaux non magnétiques. M. Weber a, dans sa réplique au travail de M. Hughes, surtout relevé ¹⁾ que l'ancienne formule pour l'induction propre est encore aujourd'hui exacte, c'est-à-dire que la constante d'induction pour un fil rectiligne à section circulaire est donnée par la formule:

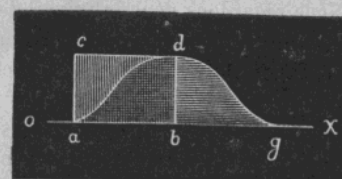
$$Q = 2l \left(\log. \text{nat.} \left(\frac{2l}{\rho} \right) - 0,75 + \pi k \right)$$

où l représente la longueur du fil, ρ son rayon et k la constante d'aimantation. Quand k devient zéro, comme c'est le cas pour les métaux non-magnétiques, la valeur πk disparaît et la formule se réduit en:

$$Q = 2l \left(\log. \text{nat.} \left(\frac{2l}{\rho} \right) - 0,75 \right).$$

Au commencement et à la fin du courant primaire, c.-à-d. dans sa période variable, des courants d'induction propre naissent dans le fil qui, au commencement du courant primitif, retardent ce dernier dans son accroissement et à la fin dans sa disparition. Pour des courants inversés, d'oscillations rapides, la période stable devient très courte ou nulle. Nous pouvons nous rendre ce phénomène plus

Fig. 63.



clair par la figure 63. L'abscisse ox indique le temps. Au moment a le circuit est fermé, au moment b il est interrompu. Si l'induction propre était nulle, le courant atteindrait immédiatement sa valeur normale ac et au moment b il tomberait verticalement de cette hauteur

¹⁾ *Lumière électrique*, vol. XX, page 3.

à zéro. Le rectangle $abcd$ caractérise la nature de ce courant sans induction propre. Mais en présence de l'induction, le courant n'atteint son maximum que par une ligne courbée et au moment où le circuit est réouvert; l'induction l'empêche aussi de retomber immédiatement à zéro, il atteint cet état seulement par degrés et au moment g ; la ligne adg montre l'état réel du courant dans les différentes périodes du temps ag . On voit bien que le courant n'est pas seulement transformé dans son caractère, mais aussi retardé. Si l'on examine le phénomène au point de vue mathématique, on trouve pour la vraie intensité i du courant, dans un temps donné t (en secondes), sous l'influence d'un coefficient d'induction L , la valeur

$$i = \frac{E}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L} t} \right)$$

où E signifie la force électro-motrice, R la résistance ordinaire et e la base des logarithmes naturels.

Or i ne devient stable que lorsque la valeur $e^{-\frac{R}{L} t}$ est nulle, ce qui est impossible, c.-à-d. que le courant n'atteint son maximum qu'après un temps infini. Pourtant nos instruments les plus délicats ne peuvent jamais nous décélérer cette progression ascendante de tous les courants, sauf dans les premiers moments après la naissance du courant, et par cette raison nous parlons de courants stables en contraste avec leur période variable. La valeur de i diminuera en sens inverse de la rapidité des alternations du courant.

On peut aussi se faire une idée de l'induction propre en supposant que le courant primitif crée dans le fil une force électro-motrice qui, à l'origine du courant primitif, agit en sens contraire à ce dernier et qui à la fin du courant primitif agit dans le même sens.

En partant de l'idée déjà énoncée que chaque conducteur est pour ainsi dire un faisceau d'un très grand nombre de conducteurs qui s'influencent réciproquement, on peut conclure que cette influence, c'est-à-dire l'induction propre, est un maximum, quand les filins sont le plus rapprochés l'un de l'autre. C'est le cas des conducteurs cylindriques. Or M. Hughes a constaté par l'expérience que cette conclusion théorique est juste, l'induction propre est beaucoup plus forte dans un fil cylindrique que dans un ruban, toutes les autres conditions étant égales. Une autre conclusion est qu'un fil fin, se composant d'un nombre relativement petit de filins, montre moins d'induction propre qu'un gros fil, mais cette conclusion n'est exacte que jusqu'à une certaine grosseur du fil; au-delà l'induction propre s'affaiblit lentement pour atteindre, à un certain diamètre, à peu près la même valeur que dans les fils fins.

M. Hughes, avec son pont d'induction, a aussi examiné des fils roulés en hélice ou en bobine. Le phénomène est alors d'une nature complexe. Il y a une induction propre dans chaque spire de l'hélice, induction qui est indépendante de la présence des autres spires et une seconde induction propre de spire à spire. Ici, notre éminent investigateur a découvert un phénomène remarquable, c'est que, dans les fils de fer, l'influence d'une spire sur l'autre est beaucoup plus faible que dans le cuivre. Il est même d'avis qu'on peut construire des bobines en fil de fer qui montrent moins d'induction propre que des bobines analogues en cuivre, malgré l'induction propre relativement forte dans des fils droits en fer. C'est une conséquence de ce phénomène qu'un toron en fils fins de fer peut tomber, dans son induction propre, jusqu'au niveau d'un toron égal en fils de cuivre. Une autre conséquence se manifeste dans les fils composés qui sont en usage aux Etats-Unis de l'Amérique du Nord. Si l'âme est en fer ou en acier et le revêtement en cuivre, le fil composé se comporte, sous le rapport de l'induction propre, comme un fil purement de cuivre, mais si le noyau est en cuivre et l'enveloppe en fer le fil joue le rôle d'un fil de fer ou a même une induction propre plus forte que ce dernier.

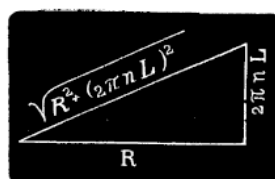
Les expériences avec les fils composés employés aux Etats-Unis ont donné de si bons résultats dans la transmission téléphonique à grande distance qu'il vaudrait la peine de continuer et de développer ces expériences en Europe. Leur coefficient d'induction propre ne semble pas encore déterminé d'une façon définitive, et il serait même possible que ces fils s'adaptassent mieux à la téléphonie interurbaine que les fils de bronze, qui sont actuellement considérés comme le meilleur matériel.

Quant à l'induction réciproque d'un fil à un autre, M. Preece n'a pas pu se convaincre de l'exactitude des observations ou conclusions de M. Hughes, que le fer développe moins d'induction dans un fil voisin qu'un métal non magnétique, et il a su confirmer son opinion par une expérience assez concluante. Un circuit électrique dans lequel il produisait des courants oscillatoires était composé moitié d'un fil de cuivre, moitié d'un fil de fer. Un circuit secondaire en cuivre était arrangé de telle façon que la moitié en fer du circuit primaire créait des courants d'induction opposés à ceux engendrés par la moitié cuivre du circuit primaire. Un téléphone intercalé dans le circuit secondaire ne devenait muet que quand la partie fer du circuit primaire était un peu plus courte que la partie cuivre, et cela dans la proportion de 3 à 4; donc, aussi sous le rapport de l'induction réciproque, le cuivre est plus avantageux que le fer.

L'induction propre, dans un fil droit ou roulé en bobine, en créant dans la période ascendante du courant principal une force électro-motrice antagoniste dans le fil, produit le même effet que si le fil avait acquis plus de résistance dans cette période; c'est pour ce motif que l'on parle souvent d'une *résistance apparente* en opposition avec la résistance réelle. M. Hughes a constaté par l'expérience que la résistance apparente d'un fil droit peut devenir le double et le triple de la résistance réelle; la différence devient encore beaucoup plus forte quand le fil est roulé en bobine. Or, dans la téléphonie, on ne travaille qu'avec des courants variables, les ondes des courants se suivent si rapidement qu'un flux électrique n'a souvent pas le temps d'atteindre son maximum et de s'y maintenir pour un temps, si court que ce soit, qu'il est déjà obligé de descendre vers zéro pour faire face à une autre onde de sens opposé; on se trouve donc continuellement dans l'état variable des courants, et la résistance réelle des circuits devient une valeur sans portée, car on travaille effectivement dans les conditions de la résistance apparente. Supposons qu'un fil téléphonique ait 500 ohms de résistance réelle, alors il se peut bien que le fil se comporte comme s'il avait une résistance de 1500 ohms.

Le rapport entre la résistance vraie et la résistance apparente peut être déterminée géométriquement. Soit

Fig. 64.



R dans la figure 64 la grandeur de la vraie résistance; on érige alors au bout de la ligne R et à angle droit avec cette dernière une seconde ligne d'une longueur de $2\pi nL$, où L est l'induction propre et n le nombre des interruptions électriques par seconde; l'hypothénuse du triangle ainsi formé représente alors la valeur de la résistance apparente.

Le coefficient de l'induction propre dans une hélice ou bobine augmente énormément quand on y introduit un noyau en fer, c'est-à-dire si le courant passe par un *électro-aimant*. Le courant naissant est retardé dans son progrès par trois causes différentes, 1° chaque filin du fil d'une spire réagit sur tous les autres filins, 2° chaque spire réagit sur toutes les autres spires et 3° le courant aimante le noyau. Cette troisième action est la cause principale pour laquelle on rencontre tant d'induction propre dans les électro-aimants. L'aiman-

tation demande une certaine force que le courant doit fournir. Au premier instant, la totalité du courant sert à créer le magnétisme, mais la quantité nécessaire à cet effet diminue rapidement, et après un certain temps le magnétisme du noyau a atteint le maximum accessible avec le courant donné et ce dernier entre dans sa période stable. L'effet contraire se produit quand le magnétisme disparaît; la force du courant emmagasiné sous forme de magnétisme dans le noyau de l'électro-aimant devient libre, et le magnétisme en disparaissant crée dans la bobine un courant dans le même sens que celui qui disparaît et allonge considérablement cette période. On peut aussi s'imaginer, d'une autre façon, l'influence du fer dans les électro-aimants. Au moment de la naissance du courant électrique, on introduit pour ainsi dire dans la bobine un aimant qui, à lui seul, produirait un courant en sens contraire. Au moment de la disparition du courant principal, l'effet est le même que si l'on retirait un aimant de la bobine qui, par ce mouvement, produit un courant de même sens que celui qui disparaît.

L'induction propre varie dans les électro-aimants suivant la forme qu'on leur donne. M. Preece a expérimenté avec différents électro-aimants; si l'électro-aimant se compose d'une seule bobine avec noyau et si l'on désigne l'induction propre par I , cette valeur monte à 17 si l'on réunit deux bobines sans pont en fer; mais si l'on ajoute ce pont en fer en formant ainsi un électro-aimant de la forme usuelle mais sans armature, l'induction propre monte immédiatement à 498. En ajoutant une armature qui touche les pôles libres de l'électro-aimant on forme un noyau continu, autrement dit aimant annulaire, et l'induction propre atteint le chiffre considérable de 2238. Si alors, en maintenant le noyau continu, on intercale les deux bobines en arc multiple, l'induction propre tombe à 502.

L'augmentation énorme de l'induction propre dans les électro-aimants a pour conséquence que leur résistance apparente peut atteindre des proportions inattendues; elle peut par exemple arriver jusqu'à 80 fois la résistance réelle dans un électro-aimant d'une résistance de 50 ohms, si le coefficient de l'induction propre est de 0,5 unités électro-magnétiques. Les *translateurs* qu'on est obligé d'employer pour passer du fil simple d'un abonné à une ligne interurbaine double sont aussi une source d'induction propre, pourtant pas au même degré que l'électro-aimant, parce que les courants d'induction réciproque (M) réduisent en partie les courants d'induction propre (L). Le problème qu'on se propose de résoudre dans la construction des translateurs et dans les bobines d'induction des microphones est celui-ci: on veut obtenir M aussi grand et L aussi petit que

possible, mais jamais on ne peut faire $M > \sqrt{L_1 L_2}$. Où L_1 est l'induction propre dans le fil primaire et L_2 celle dans le fil secondaire. On a par exemple trouvé

$$\begin{aligned} L_1 &= 0,001 \text{ L} \\ L_2 &= 0,6 \\ M &= 0,026, \end{aligned}$$

d'où il résulte que $\sqrt{L_1 L_2} = 0,0268$, donc un peu plus fort que M . Le même cas se produit pour toutes les bobines d'induction.

La diminution de l'induction propre par la présence d'une hélice primaire fermée peut facilement être constatée en intercalant dans un circuit téléphonique le fil secondaire d'une bobine d'induction dont on peut promptement interrompre et fermer le circuit primaire. Quand ce circuit est ouvert, le travail moléculaire dans le noyau en fer est sensiblement plus grand que quand il est fermé, et par conséquent une plus grande fraction de l'énergie du courant se perd sans utilité par la transmission téléphonique. Lorsque le circuit primaire est fermé le courant accomplit bien dans ce circuit le travail du courant d'induction réciproque, mais ce travail est moins important que le travail moléculaire dans le fer, et outre cela ce dernier demande un temps plus long.

Nous avons déjà, en parlant de l'induction réciproque, eu l'occasion de faire allusion à la difficulté qui résulte, pour les longues lignes, de la vitesse des altérations du courant téléphonique. Les lois qui régissent cette partie de la téléphonie sont les mêmes qui ont été développées par MM. Latimer Clark, Sir William Thomson, Fleeming Jenkin, Cromwell Varley et Hockin pour les câbles sous-marins ¹⁾. En indiquant par a le temps qu'une onde électrique emploie pour traverser le câble on apprend de ces lois que ce temps dépend de la capacité k , de la résistance r et de la longueur l du fil et d'une constante B , dépendant en partie du coefficient de l'induction propre suivant le matériel employé pour la ligne, c'est-à-dire $a = Bkr l^2$. Plus a est petit, plus rapides peuvent être les oscillations du courant, et plus la communication téléphonique sera facile. En augmentant la valeur de a , la communication devient peu à peu difficile et finalement impossible. Par de nombreuses expériences, M. Preece a constaté :

que la transmission est parfaite si	$a = 0,001$ secondes.
" " " bonne si	$a = 0,002$ "
" " " suffisante si	$a = 0,003$ "
" " " difficile ²⁾ si	$a = 0,004$ "

¹⁾ Voir *Lumière électrique*, vol. XXIII, page 501, Preece, à propos de la distance maxima pour les communications téléphoniques.

²⁾ Ce qui équivaut à dire impossible au point de vue commercial.

La valeur a étant fonction de quatre différentes valeurs, on peut arriver à un chiffre donné en variant l'une ou l'autre d'elles. On gagnera beaucoup en employant le cuivre ou le bronze au lieu du fer, car le coefficient de l'induction propre sera environ six fois moindre. La valeur k s'exprime par l'équation

$$k = \frac{l}{2 \log. \left(4 \frac{h}{d} \right)}$$

où l signifie la longueur du fil, h sa hauteur au dessus du sol et d le diamètre du fil. Pour un fil de 2^{mm}, elle est d'environ 0,0124 microfarads par kilomètre. Les valeurs de l'induction propre et la capacité d'un fil de bronze ne permettent pas de variations importantes, mais pour les valeurs de r et de l les variations possibles sont presque sans limite; pour obtenir un a convenable il faut donc faire varier r et l . Mais pour la téléphonie pratique l est généralement imposé, c'est-à-dire que l'on veut téléphoner de tel à tel autre endroit qui sont séparés par une distance déterminée. M. Preece a constaté que pour le cuivre on peut employer la constante 15000, d'où il résulte que pour un fil de 2^{mm} de diamètre on obtiendrait la longueur limite par l'équation

$$l^2 = \frac{15000}{k \cdot r}$$

$$\text{ou } l = \sqrt{\frac{15000}{0,0078 \cdot 5,3}} = 600 \text{ km.}$$

Par une augmentation convenable du diamètre du fil, on peut donc franchir toutes les distances continentales pour le téléphone, et la construction des lignes interurbaines devient purement une question financière.

Il est indispensable pour l'électro-technicien de pouvoir avec facilité mesurer l'induction propre des instruments et conducteurs dont il s'occupe. Nous décrivons donc ci-après la méthode et l'instrument de MM. Ayrton et Perry qui nous semble être très convenable à ce propos. Ces deux savants se sont donné beaucoup de peine pour trouver une méthode qui permette de mesurer le coefficient de l'induction propre en mesure absolue et aussi facilement qu'on mesure actuellement des résistances ordinaires ¹⁾ et ils ont obtenu un succès complet. Leur instrument se compose de deux parties principales, d'un pont de Wheatstone et d'un commutateur double. La bobine ou le conducteur dont le coefficient de l'induction propre est à déterminer est introduit dans un bras du parallélogramme du pont. Les trois autres bras sont formés de bobines de résis-

¹⁾ Voir *Journal of the Society of telegraph Engineers and Electricians*, vol. XVI, page 292.

tance avec enroulement bifilaire qui, par ce fait, ont une induction propre si faible qu'on peut la négliger. Le circuit subit des fermetures et interruptions rapides. Après chaque fermeture le galvanomètre est exclu et après chaque interruption il est de nouveau intercalé; on peut ainsi accumuler les effets de l'induction sur l'aiguille du galvanomètre, parce que les effets contraires sont évités par l'exclusion. Les effets ainsi accumulés ont le même résultat que si la résistance de la bobine à expérimenter avait augmenté, et cette augmentation dépend de la grandeur de l'induction propre et du nombre des fermetures du courant dans un temps donné ¹⁾.

Ayant reconnu que l'évaluation de la déviation de l'aiguille du galvanomètre présente quelques difficultés pour la mesure commerciale du coefficient d'induction, MM. Ayrton et Perry l'ont remplacée par la méthode du zéro, et ils ont atteint leur but en variant les résistances dans les autres bras du pont de Wheatstone. Au lieu d'interrompre la diagonale du galvanomètre, ce qui pourrait amener la formation d'étincelles, ils ont exclu ce dernier en le shuntant par un circuit sans résistance.

On obtient $L = T\sigma$ si les fermetures du courant se suivent avec une certaine vitesse. Dans cette formule L est la valeur du coefficient de l'induction propre exprimée en ohm-secondes ou quadrants terrestres, T le temps qui s'écoule entre chaque fermeture du circuit et l'exclusion du galvanomètre, σ la différence entre les résistances vraie et apparente. Supposons qu'il y ait n fermetures de circuit pendant une seconde, alors le temps total pendant lequel le circuit de la pile et du galvanomètre seraient simultanément fermés serait nT ou l , et la formule pourrait aussi être écrite de la façon suivante $L = \frac{l}{n} \sigma$.

Quand l'induction propre est faible il faut faire T ou $\frac{l}{n}$ petit pour obtenir un σ appréciable. L'appareil est construit de telle façon que cette opération se fait automatiquement. La série des différentes périodes est donc la suivante:

1° on ferme P pendant que G est fermé, 2° on ouvre G pendant que P reste fermé, 3° on ouvre P pendant que G est ouvert, 4° on ferme G pendant que P est ouvert, 5° on ferme P pendant que G est fermé. Les quatre premières périodes font une série, la cinquième est la première période de la série suivante. P signifie le circuit de la pile, G le circuit du galvanomètre.

¹⁾ Une méthode analogue a été publiée par MM. Ledebœr et Maneuvrier.

On peut réduire la valeur de T en augmentant la vitesse de rotation ou en déplaçant les deux moitiés du commutateur. M. Sumpner a fait de nombreuses expériences avec cet instrument et a constaté que malgré sa simplicité et son application facile il donne des résultats très sûrs. Le coefficient de l'induction propre d'une bobine sans ou avec noyau en fer que Lord Rayleigh a trouvé être 0,0215 et 0,517 ohm-secondes, donnait par l'instrument de MM. Ayrton et Perry les moyennes de 0,0216 respectivement 0,513 ohm-secondes, approximation de la valeur réelle qui, pour des mesures commerciales, est plus que suffisante. Les deux savants ont donné à leur instrument le nom de *secohmmètre*, parce que c'est un appareil pour mesurer l'ohm-seconde, l'unité pratique du coefficient de l'induction propre, basée sur la mesure absolue et par conséquent appartenant au système des ohms, volts, ampères, farads, coulombs, une ohm-seconde ($LT^{-1} \times T = L$) étant 10⁹ unités absolues en C.G.S. M. Forbes a donné à l'ohm-seconde le nom „Hughes“, d'autres savants ont proposé „Weber“ ou „Mac“, ce dernier en l'honneur de Maxwell.

Le secohmmètre permet de déterminer à la fois et avec la même facilité la résistance ordinaire et l'induction propre en mesures absolues.

Nous donnons ci-après les valeurs en ohm-secondes (L) de quelques conducteurs, valeurs obtenues avec le secohmmètre.

Fil de ligne en fer doux, par kilom. = 0,1 L .

Téléphone récepteur = 0,11 à 0,15 L .

Téléphone Siemens = 0,23 L .

Fil primaire de la bobine microphonique, résistance 1,5 $\omega = 0,0067$.

Fil secondaire de la même, résistance 150 $\omega = 0,43$.

Electro-aimant d'un clapet, sans armature, résistance 142 $\omega = 1,28$ L .

Le même, avec armature = 2,59 L .

Electro-aimant d'un clapet, résistance seulement 9 $\omega = 0,12$ L .

Electro-aimant d'une sonnerie, les deux bobines en série = 1,44 L .

Le même, avec les bobines en circuit parallèle = 0,35 L .

Galvanomètre, résistance 4344 $\omega = 3,8$ L .

Electro-aimant d'un appareil Morse, résistance 500 $\omega = 5,07$ à 7,5 L .

Le même, l'armature étant en contact avec les noyaux = 13,7 L .

Electro-aimant de 260 $\omega = 3,72$ à 4,31 L .

Relais Baudot, 193 $\omega = 0,943$ L .

Les moyens pour réduire l'effet nuisible de l'induction propre sur les lignes sont déjà donnés par ce qui précède. Quant aux bobines d'induction et surtout aux

électro-aimants intercalés dans les circuits téléphoniques, la première règle à donner est d'en employer un aussi petit nombre que possible. Ces bobines ne peuvent pas être éliminées complètement, elles sont indispensables dans les téléphones récepteurs et dans la bobine d'induction des microphones. Il n'y a pas d'autres bobines dans le circuit quand il s'agit d'une ligne téléphonique indépendante; on peut même exclure la bobine d'induction de la station réceptrice par un arrangement automatique ou en intercalant le téléphone récepteur et le fil secondaire de la bobine d'induction en bifurcation sur le fil de ligne. Mais aussitôt que la ligne passe par une station centrale, il faut un électro-aimant pour le signal de fin de conversation et si le fil passe par plusieurs stations centrales, le nombre des électro-aimants devient bientôt un obstacle sérieux à la bonne transmission de la parole. Il y a des moyens pour amoindrir les effets nuisibles des électro-aimants et nous avons déjà mentionné plus haut les expériences de M. Preece, avec des électro-aimants de différentes formes, qui démontrent clairement la voie dans laquelle il faut chercher l'affaiblissement de l'induction propre. Un des premiers moyens qui se présente est d'accoupler les deux bobines parallèlement. On peut aussi intercaler entre le noyau en fer doux et la bobine un tube mince en cuivre. Dans ce tube naissent alors des courants de Foucault qui se meuvent en sens inverse des courants de l'induction propre et neutralisent ces derniers en partie. Il serait peut-être avantageux de remplacer ce tube par une hélice formée d'une seule couche d'un fil gros, isolé, dont les deux bouts seraient réunis. Dans ce cas les courants induits dans ce circuit fermé, à faible résistance, réagiraient avec puissance sur les courants de l'induction propre. Un autre moyen est d'intercaler entre les différentes couches des bobines des feuilles minces d'étain dans lesquelles peuvent se développer les courants de Foucault. D'un autre côté, on a aussi proposé un tube en cuivre enveloppant la bobine. Malheureusement tous ces moyens affaiblissent en même temps aussi les effets utiles en vue desquels on emploie les électro-aimants. Un moyen qui n'est pas sujet à ce défaut est l'application en circuit parallèle d'un condensateur convenablement proportionné comme l'indique la figure 65, mais ce moyen a un autre défaut qui consiste dans les fréquentes

destructions du condensateur par des décharges électriques.

M. Jones a indiqué une méthode qui paraît très convenable pour les commutateurs des stations centrales. A la place du condensateur de la figure 65 il intercale une résistance qui est six à dix fois plus grande que celle de l'électro-aimant, mais qui ne s'intercale qu'au commencement et à la fin du courant, tandis que l'armature en mouvement coupe le circuit de la bifurcation. Un passage facile est ainsi ouvert aux courants de l'induction propre, tandis que, pendant la plus grande partie du temps, le courant peut agir sur l'électro-aimant avec toute sa force non divisée.

En Allemagne, on a essayé de remplacer les électro-aimants par des galvanoscopes et ce moyen doit sans doute affaiblir sensiblement les effets de l'induction propre, car au lieu d'un noyau en fer doux il y a une aiguille en acier trempé dont la perméabilité magnétique est sensiblement réduite; la masse de l'aiguille est minime vis-à-vis de celle des noyaux des électro-aimants et la distance entre le corps magnétique et la bobine magnétisante beaucoup plus grande. L'aiguille se trouve à l'état de repos dans un équilibre mobile, de sorte qu'une fois déviée elle garde cette nouvelle position jusqu'au moment où l'agent s'en aperçoit et la ramène à la position de repos. Mais il nous semble que ces galvanoscopes ont le grand inconvénient de ne donner aucun signal perceptible à l'ouïe. La téléphoniste de la station centrale est obligée de surveiller les commutateurs avec les yeux et les appels peuvent ainsi facilement échapper à l'attention s'il n'existe pas un arrangement par lequel l'aiguille déviée ferme un circuit local. Le galvanoscope, à la place de l'électro-aimant, ne me paraît être applicable que quand les abonnés appellent avec des courants non inversés, car l'aiguille n'obéirait pas suffisamment aux courants alternatifs des inducteurs magnéto-électriques.

8. Les lignes.

Les lignes sont, au point de vue de leur établissement, une partie très importante des installations téléphoniques. Bien que l'on puisse admettre pour ces lignes les mêmes règles de construction que pour les lignes télégraphiques, il y a pourtant une différence dans ce sens que les premières demandent une observation plus stricte de ces règles que les dernières, et qu'il est indispensable de procéder avec les plus grands soins quant à la solidité de la ligne et à l'exactitude de toutes les dimensions. Pour le télégraphe ordinaire, disons l'appareil Morse, il existe une certaine latitude, la force électrique est disponible en abondance, les flux électriques se suivent avec une vitesse relativement

Fig. 65.



modérée, les effets de l'induction et de la capacité électro-statique sont presque inappréciables. Il en résulte qu'avec des appareils médiocres, une ligne mauvaise et un employé peu habile, on peut encore télégraphier.

Pour le téléphone tout est changé, tout est poussé aussi loin que possible, les meilleurs appareils suffisent à peine, les piles doivent réunir une grande force électromotrice avec une faible résistance intérieure et une certaine constance dans le débit de l'électricité. Ces exigences générales s'appliquent aussi aux lignes qui ne remplissent le service qui leur est demandé que lorsqu'elles sont à l'état parfait.

On peut diviser les lignes en lignes aériennes et souterraines. Parmi les premières il faut distinguer les constructions à l'intérieur des villes de celles qui sont établies en pleine campagne et de réseau à réseau.

Les difficultés de la construction des lignes à l'intérieur des villes sont considérables et elles augmentent hors de proportion avec l'agrandissement des réseaux, surtout dans le voisinage de la station centrale. Ces difficultés se manifestent davantage dans les anciens quartiers des villes où les toits ont des formes et des hauteurs variées, où la voie est souvent interceptée par de hautes cheminées et des tourelles. Les grands parcs et les édifices monumentaux présentent aussi des obstacles quelquefois presque insurmontables. A d'autres endroits on a à lutter contre la construction trop faible des combles et du faitage qui ne peuvent pas supporter sans danger le poids des chevalets et la traction latérale des fils. Les réparations aux toits représentent une part importante du budget annuel des dépenses. A tout cela s'ajoutent encore les difficultés avec les propriétaires des maisons.

Pour éviter ces difficultés ou quelques-unes d'entre elles, on a cherché et mis à exécution de nouveaux systèmes de construction. Ainsi on trouve dans certaines villes de l'Italie, par exemple à Milan, les artères des fils téléphoniques placées dans les rues et fixées au moyen de grands supports contre les maisons. De cette façon les fils sont moins élevés au dessus du sol; on peut y parvenir avec des échelles sans être obligé de monter par l'intérieur des maisons; ils sont aussi moins exposés aux intempéries des saisons et aux ouragans. Mais ces artères sont beaucoup plus visibles que celles passant par dessus les toits et défigurent les rues. Pour les logements devant lesquels elles passent, elles doivent être un désagrément considérable et déprécier par conséquent les maisons à un plus haut degré que les artères placées au dessus des toits. Ces lignes n'épargnent même pas les édifices monumentaux. Ainsi

la façade principale de la célèbre bibliothèque de la Bréra est défigurée par deux grands supports qui conduisent une trentaine de fils le long de la rue.

Dans quelques villes des Etats-Unis de l'Amérique du Nord, les lignes sont tout simplement construites sur des poteaux qui sont plantés dans les rues entre la voie carrossable et le trottoir. La portée est alors beaucoup plus uniforme et plus courte que sur les toits; elle varie entre 35 et 45 mètres. L'aspect d'un si grand nombre de fils dans les rues est un des plus déplaisants que l'on puisse s'imaginer. Dans la grande et belle rue de Broadway à New-York, on ne trouve pas moins de six différentes lignes de poteaux, et l'on ne peut pas comprendre comment les autorités ont pu tolérer cet état de choses qui défigure les plus belles parties de la ville.

Une autre combinaison pour suppléer aux chevalets sur les toits, est celle du colonel Flad qui veut les remplacer par des constructions en fer en forme de hautes tours qui seraient alors placées aux coins des rues. Les fils aériens seraient fixés au sommet de ces tours à une telle hauteur qu'ils passeraient au dessus des toits, à une distance d'environ 3^m de ces derniers. On dit que ce système sera d'abord appliqué au réseau téléphonique de la New-Orléans et que 224 de ces tours sont déjà commandées.

Les câbles aériens constituent une autre méthode par laquelle les chevalets sur les maisons ne sont pas évités, mais qui permet de conduire un très grand nombre de fils vers la station centrale ou de franchir des obstacles qui sont presque insurmontables pour les fils nus. L'idée en est due à M. Madsen, Directeur du téléphone à Copenhague, qui a engagé la maison Felten et Guillaume de Cologne, à construire ces câbles destinés à être suspendus en l'air pour remplacer les fils nus¹⁾. Le câble contient 25 fils; il a un diamètre de 15^{mm}, pèse 0,6 kgr. par mètre et possède une force de traction de 1500 kgr. On peut le suspendre en l'air sans cordes ou fils de support, si les portées ne dépassent pas 70^m. Les fils ne sont pas isolés, comme ceux des câbles télégraphiques, par de la gutta-percha, mais par une masse qui peut mieux résister à de hautes températures. Cette masse n'est pas impénétrable à l'eau, les fils sont par conséquent enveloppés d'un tube fermant hermétiquement.

L'emploi de câbles aériens à la place de fils nus présente, sans contredit, certains avantages quand il faut alléger un réseau surchargé de fils. Une artère construite avec ces câbles se laisse plus facilement transférer d'un tracé sur un autre; on peut traverser des parcs ou longer des allées où le passage avec des fils

¹⁾ *Elektrotechnische Zeitschrift*, vol. IV, page 508.

nus serait difficile ou impossible, mais il y a certainement aussi un revers à la médaille et d'après notre opinion ces câbles présentent, à côté de leurs qualités excellentes, quelques inconvénients graves. D'abord on ne connaît pas encore leur durée, et nous supposons que celle-ci est sérieusement compromise aux lieux d'attache; ensuite la suspension de gros cordons est décidément plus disgracieuse que celle d'une artère de fils nus, et finalement le passage des câbles aux fils nus nous paraît être toujours un point faible pouvant donner lieu à des dérangements fréquents.

Actuellement les constructions ordinaires sur les toits dominant encore, mais la tendance à les perfectionner se montre partout où l'expérience de 10 années a démontré des défauts de construction. De temps en temps de nouveaux principes surgissent, parmi lesquels nous choisissons celui de M. O. André pour en parler plus en détail.

Pour les premières lignes construites sur les toits on employait des chevalets en bois avec des isolateurs qui ne méritaient guère ce nom, car c'étaient de simples rondelles en porcelaine sur lesquelles l'eau et la fumée pouvaient facilement établir un chemin pour conduire l'électricité à la terre. C'est peut-être la Suisse qui, en 1880, a la première remplacé le bois par le fer façonné¹⁾; au moins elle l'a fait sans avoir eu connaissance d'essais analogues dans d'autres pays. Depuis environ 5 ans on a un peu partout adopté le système de constructions en fer qui se ressemblent beaucoup. Pourtant en les examinant de près on découvre certaines différences de principe concernant la fixation des montants, la forme des traverses, les tiges des isolateurs et les haubans, de sorte qu'il est permis de parler de différents systèmes. Celui adopté par l'Allemagne, qui est généralement connu par les publications de M. Grauwinkel, diffère par exemple considérablement du système suisse.

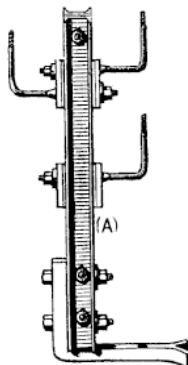
Le nouveau système, inventé par M. O. André, a été décrit par M. Henri Vivarez²⁾. L'inventeur s'est laissé guider par les considérations suivantes: limiter au minimum possible le nombre des modèles, rendre les pièces uniformes, de façon que sans aucun repérage elles puissent entrer dans la composition d'un support quelconque; choisir les fers spéciaux les plus légers, travaillant dans les meilleures conditions de résistance, supprimer presque complètement le rivetage et assembler par des boulons; rendre toujours possible l'addition d'isolateurs nouveaux.

¹⁾ Voir *Journal télégraphique*, vol. VII, page 98.

²⁾ Des progrès récents réalisés dans la construction des lignes télégraphiques et téléphoniques (fils de bronze silicieux, supports, appareils), par *Henri Vivarez*, ancien élève de l'Ecole polytechnique et de l'Ecole des mines.

Les montants se composent de la hampe et de l'éperon, voir fig. 66. La hampe est constante de forme et ne varie que par ses dimensions.

Fig. 66.



Elle se compose de deux fers spéciaux, entre lesquels peuvent glisser les supports pour les isolateurs ou les traverses horizontales si, à cause du nombre des fils, on est obligé d'élever deux hampes et de construire une herse. Les traverses sont aussi construites de façon qu'on puisse glisser sur elles les supports d'isolateur. Ainsi en rapprochant les traverses et les isolateurs on peut, le cas échéant, facilement augmenter le nombre des fils d'une artère. Au

bas de chaque montant ou hampe se fixe l'éperon qui est scellé dans le mur ou fixé par des tirefonds sur des dalles.

Les hampes et herses sont maintenues dans leur position verticale par des haubans rigides. Cette espèce de hauban agit à la traction et à la compression et peut donc aussi faire le service d'une jambe d'appui, quand l'attache d'un hauban flexible à la traction est impossible. Le hauban consiste essentiellement en un fort tube en fer avec manchons taraudés intérieurement aux deux bouts. Dans ces manchons entrent les tiges à piton dont l'une se fixe au toit, l'autre à la hampe. En tournant le tube en fer, au moyen d'une clef, autour de son axe longitudinal, on peut régler la longueur du hauban suivant les circonstances.

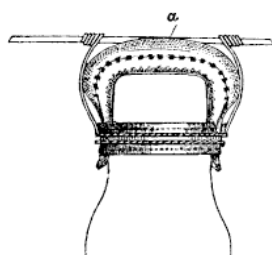
Dans les *tourelles centrales* des différents systèmes, il ne se manifeste aucun caractère spécial; il existe ici une grande variété de formes exigées par la différence des conditions. La tourelle de M. André a pourtant ceci de particulier qu'elle est ronde et permet aussi le rapprochement des isolateurs en direction horizontale et verticale. Une tourelle pourvue de tous les perfectionnements connus doit être celle de Madrid. Elle est actuellement montée pour 1800 fils, mais elle a une capacité totale sensiblement plus grande. A Stockholm, on a construit une maison spéciale pour la station centrale et la tourelle qui couronne cet édifice est peut-être la plus grande en Europe; elle s'élève comme un cube énorme au-dessus du toit et a une capacité de plusieurs milliers de fils, mais on ne peut pas dire que cette construction colossale soit un embellissement du bâtiment.

En fait de *sourdines* pour amortir le bruit bourdonnant des fils qui jouent le rôle d'une grande harpe éolienne, nous mentionnons l'invention de M. Bardonnaut

qui est décrite en détail dans le *Journal télégraphique*, vol. IX, page 50. Ces sourdines vibrantes existent sous trois formes différentes. Tantôt la tige qui supporte l'isolateur a la forme d'un tire-bouchon, tantôt une partie du fil de ligne est, sur une certaine longueur, tordu en spirale cylindrique. D'après l'inventeur, ces sourdines „ont réussi de la façon la plus complète“ à Toulouse. Nous ne pouvons pas cacher notre impression que ces sourdines présentent quelque chose d'insolite et d'instable. La force de traction d'un fil est certainement affaiblie quand on le tord en spirale et la flèche doit s'altérer quand les spires de la spirale s'ouvrent.

Une autre sourdine est celle de M. Jules Grossmann. Elle a figuré à l'exposition d'électricité de Vienne en 1883. La fig. 67 en donne une vue de côté; la tête

Fig. 67.



de l'isolateur est entourée d'un coussinet *a* qui sépare le fil de ligne de l'isolateur. L'enveloppe de ce coussinet consiste en une étoffe imperméable, imprégnée d'une matière antiseptique; elle contient des déchets de soie ou de coton. Le fil d'attache est fixé sur un collier mou confectionné de la même façon que le coussinet.

Une sourdine qui est souvent employée en Suisse consiste en une spirale de fil de plomb de 6^{mm} de diamètre et de 8 à 10^{cm} de longueur, qui est appliquée au fil de ligne à une distance d'environ 1^m de l'isolateur.

Le progrès le plus décisif de ces dernières années dans la construction des lignes aériennes téléphoniques est le remplacement du fer et de l'acier par le *cuivre*. Le cuivre pur n'est pas applicable à cause de sa faible ténacité. On est parvenu à éliminer ce défaut sans trop lui faire perdre de ses autres bonnes qualités; il se présente alors sous les différentes formes de *cuivre dur*, *bronze phosphoreux*, *silicieux* et *chromé*. En Europe, les bronzes phosphoreux et silicieux¹⁾ sont presque exclusivement employés. Pour les lignes interurbaines le bronze est devenu indispensable, pour les réseaux urbains les opinions sont encore partagées; d'un côté l'on estime que les distances sont trop courtes pour donner une grande

importance aux mauvaises qualités électriques de l'acier sous le rapport de la résistance et de l'induction propre, tandis que la ténacité du fil d'acier surpasse celle des autres métaux et assure les réseaux urbains contre des dérangements, des accidents dangereux et les débâcles causés quelques fois par les ouragans de neige. Dans les réseaux de Genève et de Lausanne, il y a à côté d'artères construites en fil d'acier d'autres artères en fil de bronze. Les fortes neiges de l'hiver passé ont sérieusement endommagé les dernières, tandis que les lignes en acier sont restées intactes. L'idée que l'on entend quelquefois émettre que les fils minces et d'une surface lisse ne se couvrent pas si facilement de neige et de givre que les gros fils, nous semble erronée au moins au point de vue de notre expérience personnelle. Nous sommes au contraire d'avis que ces couches de verglas sont plus pesantes pour les fils minces, relativement à leurs forces de traction.

Si le fil d'acier présente aussi certains avantages pour l'établissement de réseaux urbains, il ne faut pas fermer les yeux devant ses inconvénients et ne pas voir les avantages du bronze sans même prendre en considération sa qualité principale, c'est-à-dire sa faible résistance et induction propre. Ce dernier ne s'oxyde qu'extérieurement; cette couche d'oxyde forme une patine compacte couvrant le métal non oxydé d'un manteau impénétrable qui arrête l'avancement de l'oxydation. Au-dessus des toits, où les fils sont exposés à tous les gaz sortant des cheminées, cette propriété a une grande valeur. Vu le faible diamètre auquel on peut le réduire, on peut l'obtenir en très grandes longueurs et ainsi réduire considérablement le nombre des soudures. A cause de son poids faible il ne charge pas les chevaux autant que les gros fils en acier, et on peut choisir pour ces constructions des fers moins forts. Sur la durée des fils en bronze nous n'avons encore aucune expérience; on dit bien qu'ils résistent mieux aux intempéries du climat, mais le temps seul pourra justifier ces assertions. Pourtant si le fil est vieux et doit être remplacé il garde toujours une certaine valeur, tandis que le vieux fer ne vaut pour ainsi dire rien. Les minces fils de bronze ne produisent pas ou produisent à un degré considérablement plus faible le son bourdonnant qui, avec des fils en acier, devient quelquefois si insupportable pour les habitants des étages supérieurs des maisons. Finalement les fils de bronze étant d'un diamètre relativement faible, ils sont moins visibles dans l'air que les fils plus gros en acier et sont préférables à ces derniers, même au point de vue esthétique.

En pesant bien le pour et le contre, les fils en bronze remporteront aussi dans les réseaux urbains la

¹⁾ Le faux terme „silicieux“ au lieu de „siliceux“ a obtenu droit de bourgeoisie dans la terminologie électro-technique.

victoire sur les fils en acier. Certains réseaux, comme ceux de Reims, Troyes, Nancy et St-Quentin sont déjà construits d'après ce nouveau système. Le fil a 1^{mm},1 de diamètre et par kilomètre un poids de 8,47 kgr. et une résistance de 53,7 ohms. En Belgique, le réseau d'Ostende est construit en fil de bronze. Le fil a un diamètre de 1^{mm},4, un poids de 14,4 kgr. par kilomètre, une conductibilité de 30,6 % de celle du cuivre pur. Le fil peut supporter une charge de 144 kgr. et s'allonge, avant la rupture, de 1,63 %. Le réseau de Vienne est également construit en fils de bronze.

Quant au diamètre du fil, on se trouve encore dans l'incertitude. On est quelquefois descendu jusqu'à 0^{mm},8, mais ce diamètre qui, dans quelques cas spéciaux, peut se justifier, est décidément trop faible pour un emploi général. Le diamètre de 1^{mm} nous paraît être la limite inférieure admissible, mais nous croyons qu'un diamètre de 1^{mm},25 serait le plus convenable.

Il est difficile de se prononcer dès maintenant sur la supériorité de l'un des deux bronzes, phosphoreux ou silicieux, sur l'autre. La maison G. Montefiore Levi à Anderlecht fabrique le bronze phosphoreux et la maison Lazare Weiller à Angoulême le bronze silicieux. Les deux maisons se donnent beaucoup de peine pour assurer à leur spécialité de bronze un maximum de tenacité, conductibilité et homogénéité. Le fil de bronze est surtout fabriqué en deux qualités distinctes, l'une donnant approximativement la conductibilité du cuivre analytique, avec tenacité relativement faible, nommée fil télégraphique, et l'autre avec une conductibilité de 30 à 45 % de celle du cuivre pur et une résistance mécanique de 70 à 80 kgr. par millimètre carré, appelée fil téléphonique. La maison d'Angoulême s'occupe aussi de la fabrication de fils en cuivre électrolytiquement pur, et elle est parvenue à fournir au commerce un cuivre qui dépasse en conductibilité même l'étalon de Matthiessen. D'après ce savant, un fil de cuivre pur de 1^{mm} carré de section et de 1000^m de longueur a, à 0°,5, une résistance de 20,57 ohms, mais la maison Lazare Weiller a produit des échantillons de cuivre avec seulement 19,56 ohms pour les mêmes dimensions. Son cuivre électrolytiquement pur a en moyenne une résistance de 20,11 ohms.

D'après les expériences publiées par M. le Professeur Rousseau ¹⁾ sur les fils de bronze phosphoreux, la qualité dite fil télégraphique possède une conductibilité qui varie entre 98,01 et 99,75 % de celle du cuivre pur. Le coefficient d'accroissement de la résistance électrique varie suivant la conductibilité. Pour les qualités les plus tenaces, il se maintient entre 0,0012 et 0,0014;

¹⁾ Rapport sur les essais des fils de bronze phosphoreux de l'usine Montefiore à Anderlecht. Liège, 1887.

pour le fil le plus pur il monte à 0,0039, c'est-à-dire à 0,39 % par degré centigrade.

La „United telephone Company“ de Londres, qui emploie le fil de bronze pour la plupart de ses lignes aériennes, a des prescriptions spéciales concernant les qualités du fil. Il doit être uniformément cylindrique, sans pailles ou autres défauts, sa tension de rupture par millimètre carré de section ne doit pas descendre au dessous de 71 kgr. Il doit pouvoir supporter 11 torsions complètes par 10^{cm} de longueur; sa conductibilité doit être au minimum 40 % de celle du cuivre électrolytique, chaque botte est examinée pour s'assurer un matériel exempt de tout défaut. Le post-office anglais se sert pour les communications interurbaines d'un fil de cuivre dur qui a un diamètre de 2^{mm},46 et possède une force de traction de 222 kgr. La résistance par kilomètre est de 3,76 ohms à 15½° C. et le poids de 42½ kgr.

La pose des fils en bronze demande beaucoup plus de soins que celle du fil de fer, et certaines manipulations doivent être modifiées. Déjà pendant le déroulement du fil, il faut bien faire attention de ne donner au fil aucune torsion dans le sens de l'axe longitudinal ni aucune courbure si faible qu'elle soit. Il faut tourner la botte de fil autour d'un axe (imaginaire ou réel) perpendiculaire à l'axe du fil déroulé. Le déroulement de la botte tenue librement entre les mains, est démontré par la fig. 68. Le déroulement au moyen d'un dévidoir qui peut être transporté à dos d'homme est démontré par la figure 69. Tout autre déroulement est défectueux et occasionne des défauts graves sur la ligne, car, si le fil reçoit des torsions, il est très difficile

Fig. 68.

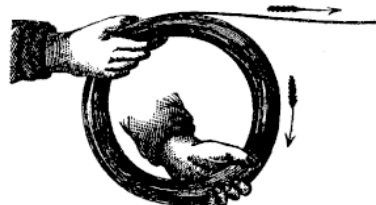
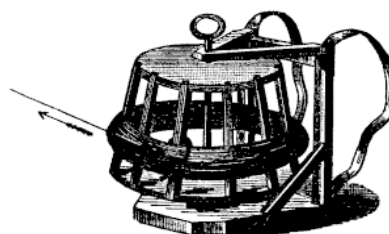


Fig. 69.



d'éviter la formation de nœuds qui produisent toujours des points faibles du fil et si même, par beaucoup d'attention, on peut les éviter, le fil reste toujours sous l'influence d'une tension moléculaire qui se manifeste sur la ligne par des ondulations ne disparaissant jamais complètement.

Quant aux *tensions* à subir par les fils suspendus, c'est-à-dire la flèche à leur donner, il faut compter avec les particularités du bronze, et les tableaux calculés à cet effet pour les fils de fer et d'acier ne peuvent pas être appliqués. Pour calculer de pareils tableaux pour les fils de bronze il faut prendre en considération les facteurs suivants: la portée, la température au moment de la pose, le diamètre du fil, son poids par mètre, sa résistance mécanique absolue, son

coefficient d'élasticité et son coefficient de dilatation par la chaleur. M. l'ingénieur M. Cloeren a, par un travail remarquable ¹⁾, déterminé, pour le fil de bronze phosphoreux, ceux de ces facteurs qui demandent un traitement mathématique et a publié, pour les deux différentes qualités de bronze, télégraphique et téléphonique, la première ayant une résistance mécanique de 45,8 kgr., la seconde de 80 kgr. par millimètre carré de section, des tableaux de tension pour des portées de 100 à 500^m et des températures de -10 à $+40^{\circ}$ C. Nous donnons ci-après la table pour le fil téléphonique de 1^{mm},25 de diamètre, dont la résistance absolue est de 98,2 kgr. et le poids par mètre de 11 grammes.

¹⁾ Gleichgewichts-Bedingungen eines zwischen zwei festen Punkten gespannten Phosphorbronzedrahtes. Bruxelles, imprimerie des travaux publics, 1888.

Température.	Portée en mètres.									
		100.	150.	200.	250.	300.	350.	400.	450.	500.
- 10	T	31.8	31.3	30.6	30.0	29.2	28.8	28.1	27.6	27.4
	F	0.432	0.988	1.797	2.864	4.283	5.848	7.829	10.088	12.545
	l	100.005	150.017	200.043	250.087	300.160	350.261	400.409	450.603	500.839
- 5	T	30.6	30.2	29.7	29.1	28.5	28.2	27.6	27.2	27.0
	F	0.449	1.024	1.852	2.953	4.342	5.973	7.971	10.237	12.731
	l	005	018	046	093	167	272	423	621	864
0	T	29.4	29.1	28.7	28.3	27.8	27.6	27.1	26.8	26.6
	F	0.468	1.036	1.916	3.037	4.451	6.130	8.118	10.389	12.923
	l	006	020	049	098	176	284	439	640	891
+ 5	T	28.3	28.1	27.8	26.4	27.1	27.0	26.6	26.4	26.2
	F	0.486	1.109	1.978	3.136	4.566	6.238	8.271	10.547	13.120
	l	006	021	052	105	185	296	456	659	918
+ 10	T	27.1	27.0	26.8	26.7	26.4	26.4	26.1	25.9	25.8
	F	0.507	1.142	2.052	3.219	4.687	6.380	8.429	10.750	13.324
	l	007	023	056	108	195	310	474	685	947
+ 15	T	25.9	25.9	25.9	25.9	25.7	25.7	25.5	25.4	25.4
	F	0.531	1.194	2.123	3.318	4.815	6.554	8.627	10.962	13.533
	l	007	025	060	117	206	327	496	712	977
+ 20	T	24.7	24.9	25.0	25.0	25.0	25.1	25.0	25.0	25.0
	F	0.557	1.242	2.200	3.437	4.950	6.711	8.800	11.137	13.750
	l	008	027	064	126	218	343	516	735	1.008
+ 25	T	23.5	23.8	24.0	24.2	24.3	24.5	24.5	24.6	24.6
	F	0.585	1.300	2.287	3.551	5.079	6.875	8.979	11.318	13.973
	l	009	030	070	134	230	360	537	759	1.041
+ 30	T	22.3	22.7	23.1	23.4	23.6	23.9	24.0	24.1	24.3
	F	0.616	1.363	2.381	3.672	5.244	7.047	9.167	11.553	14.146
	l	010	033	075	144	244	378	560	791	1.067
+ 35	T	21.2	21.7	22.2	22.6	23.0	23.3	23.5	23.7	23.9
	F	0.648	1.426	2.477	3.802	5.380	7.229	9.462	11.748	14.383
	l	011	036	082	154	257	398	584	818	1.103
+ 40	T	20.0	20.6	21.2	21.8	22.2	22.6	23.0	23.3	23.5
	F	0.687	1.502	2.594	3.942	5.574	7.420	9.565	11.950	14.613
	l	013	040	090	166	276	419	610	846	1.141

Dans cette table T signifie la tension, F la flèche en mètres et l la longueur effective du fil. Pour les autres tables, nous nous référons à la brochure citée plus haut.

Les *soudures* sont la partie la plus délicate dans la construction des lignes en fil de bronze. Une bonne soudure doit répondre aux trois conditions suivantes :

1° donner un contact métallique absolument sûr et inaltérable, 2° avoir au moins la même résistance mécanique que le fil intact, 3° ne pas provoquer une altération du fil.

Il existe différentes méthodes de soudure. Pour des fils minces allant jusqu'à 1 mm,5, on emploie souvent la soudure Weiller représentée par la figure 70, où les

Fig. 70.



deux bouts de fil sont enroulés directement sur le fil doublé et la soudure appliquée sur la spirale. Quand le fil est plus gros que 1 mm,5, il ne se laisse plus enrouler en spirale avec assez de facilité et il faut alors faire usage d'un fil auxiliaire plus fin, dont le diamètre est environ la moitié de celui du fil de ligne; on obtient ainsi la soudure britannique. Une autre méthode consiste dans l'application d'un manchon d'accouplement, à section ovale, qu'on remplit de soudure. Pour la ligne Paris-Marseille, les bouts des fils s'enroulent des deux côtés du manchon, en quelques tours de spirale autour du fil droit et renforcent ainsi la résistance mécanique de la soudure. Quelle que soit la méthode de raccordement des fils, il faut que les deux bouts soient soudés ensemble pour garantir un contact métallique, mais deux conditions principales sont indispensables; d'abord il faut que le liquide avec lequel on décape le fil soit bien neutralisé, de sorte qu'il ne se produise pas plus tard une oxydation à cause de quelques traces d'acide, et ensuite que le fil ne soit pas trop chauffé par le fer à souder et se transforme de l'état de fil écroui en fil recuit et perde ainsi sa tenacité. On remplace quelquefois la solution de chlorhydrate de zinc par la poudre de résine, mais peu d'ouvriers savent faire de bonnes soudures avec la résine et il vaut encore mieux faire une bonne soudure qui s'oxyde qu'une soudure qui n'ait point ce défaut, mais qui donne un mauvais contact. Une chaleur de 200° C. suffit déjà pour détruire une grande partie de la résistance mécanique du bronze; il faut donc à tout prix éviter un pareil échauffement soit en procédant avec une grande rapidité, soit en faisant sortir les bouts du fil et en les soudant à une certaine distance du fil droit. En se servant par exemple de la soudure britannique, on courbe les bouts des deux fils à raccorder, à la sortie de la spirale, de telle manière qu'ils se touchent vis-à-vis et à un centimètre de distance du milieu de la spirale. Si l'on soude alors à cet endroit, on peut être certain que l'échauffement ne s'étend pas aux parties du fil qui ont à supporter la traction mécanique.

Une action électro-chimique, à l'endroit de la soudure, est presque inévitable, c'est celle qui se produit entre l'étain et le cuivre, à la suite de laquelle le premier métal s'oxyde avec le temps, comme on peut l'observer à toutes les vieilles soudures. Pour éviter cet inconvénient, M. Muller propose l'utilisation d'un amalgame de cuivre qu'il appelle mastic métallique¹⁾. Cet amalgame serait à préparer de la manière suivante: On chauffe une précipitation d'oxyde de cuivre dans un tube en verre par lequel passe un courant d'hydrogène. La poudre excessivement fine qu'on obtient ainsi est alors humectée avec de l'eau acidulée et pétrie avec du mercure. L'amalgame ainsi obtenu est pâteux et se fixe très solidement sur le cuivre. On remplit un manchon d'accouplement, par lequel passent les deux bouts du fil de cuivre ou de bronze à souder, avec l'amalgame qui, après quelques heures de repos, devient dur. Nous ne savons pas si cette „soudure“ a déjà subi l'épreuve de la pratique.

On pourrait aussi faire des expériences avec les alliages qui se liquéfient à des températures au-dessous de 100° C., comme le métal d'Arcet (8 parties de bismuth, 5 parties de plomb, 3 parties d'étain, point de fusion 91° C.), le métal de Rose (2 parties de bismuth, 1 partie de plomb, 1 partie d'étain, point de fusion 94° C.) ou le métal de Wood (2 parties de plomb, 4 parties de bismuth, 1 partie d'étain, 1 partie de cadmium, point de fusion 60,5° C.).

M. Mac Intyre a proposé une ligature des fils de bronze, sans aucune soudure, de la manière suivante: Les bouts des deux fils à réunir sont introduits dans un double tube en cuivre dont la section a la forme d'un 8. Le diamètre intérieur des tubes correspond aussi exactement que possible au diamètre des fils à introduire. Pour des fils de 2 mm, le double tube a une longueur d'environ 10 cm. Les fils une fois introduits, on donne au double tube la forme d'une spirale et un contact durable est assuré. Cette ligature a toutes les qualités désirables, sauf une, le

¹⁾ *Elektrotechnische Zeitschrift*, vol. IX, page 114.

fil de ligne sera tordu autour de son axe longitudinal. La ligature serait parfaite si l'on pouvait encore éliminer cet inconvénient. La soudure, quelque soit son caractère, doit invariablement être près d'un support, d'abord pour éviter le mélange des fils et ensuite pour faciliter sa vérification.

La construction des lignes téléphoniques demande aussi des soins spéciaux, en ce qui concerne l'arrêt des fils de bronze sur les isolateurs. Il faut attacher le fil de bronze avec un fil plus mince, aussi en bronze, pour éviter des destructions à la suite de réactions électro-chimiques. La fixation doit être telle que le fil de ligne ne puisse pas glisser et qu'il passe pourtant en ligne droite devant l'isolateur, car les courbures amoindrissent sensiblement sa force de traction.

Une bonne méthode pour fixer les fils de bronze aux isolateurs est celle représentée par les figures 71, 72 et 73. Le fil d'attache forme d'abord une spirale

Fig. 71.

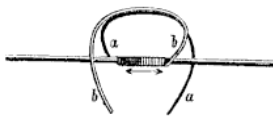
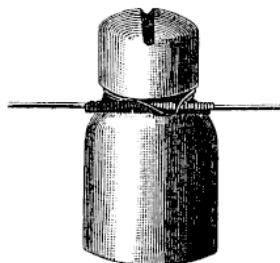


Fig. 72.



Fig. 73.



serrée autour du fil de ligne. Cette spirale a une longueur à peu près égale au diamètre, du côté de l'isolateur. Les deux bouts du fil d'attache passent alors autour de l'isolateur sans se croiser, voir fig. 71, et du côté de la spirale ils se croisent, le bout *a* en dessous, le bout *b* en dessus de cette dernière, voir fig. 72. On forme alors, au moyen des bouts du fil d'attache, des spirales qui recouvrent la spirale primitive, voir fig. 73. On doit maintenir le fil d'attache toujours tendu et serrer les spirales autant que possible. La pince universelle

décrite plus loin est, avec son frein, un outil très commode pour ce genre de travail.

Tout ce qui précède s'applique également à la construction des *lignes téléphoniques interurbaines*; mais si l'on veut obtenir des résultats satisfaisants, il y a lieu de tenir compte, en outre, de la nécessité d'obtenir la plus haute isolation possible et de maintenir, sur tout le parcours de la ligne, le parallélisme et l'équidistance des fils.

L'on ne doit employer pour ces lignes que les meilleurs types d'*isolateurs* à double cloche, et il faudrait même vérifier tous les isolateurs avant de les employer. Souvent on attribue à tort le mélange des signaux aux effets de l'induction réciproque, tandis qu'on devrait le chercher dans une isolation insuffisante des fils. L'augmentation du mélange des signaux pendant les périodes de pluie prouve le mieux quel rôle joue à cet égard l'isolation insuffisante, et d'après notre avis il est même plus difficile d'isoler que d'*anti-inducter* suffisamment une ligne téléphonique interurbaine à plusieurs fils. La question de la bonne isolation des fils est encore celle qui, parmi les différents problèmes de la construction des lignes, est la moins étudiée. Un fil qui, pendant les temps les plus humides, descend au dessous de 100 megohms de résistance d'isolation par kilomètre, n'est probablement plus apte à transmettre des communications téléphoniques, sans déranger les conversations sur des fils voisins.

Il n'est pas encore constaté qu'avec des isolateurs ordinaires en porcelaine, à double cloche, on puisse arriver à ce résultat. Aux Etats-Unis de l'Amérique du Nord on préfère le verre à la porcelaine. Pour réussir complètement, on sera peut-être obligé d'avoir recours aux isolateurs à fluide de MM. Philipps et Johnson ou à l'isolateur à huile de M. Higgins. Ce dernier isolateur se distingue du premier par une double nappe de liquide; une tige métallique traverse tout l'isolateur et le fil de ligne est attaché entre les deux liquides.

Etant admis qu'on puisse construire les lignes interurbaines dans des conditions satisfaisantes sous le rapport de l'isolation, il faut établir un système de surveillance périodique pour éliminer toute cause de détérioration de l'état primitif. Il faut soigneusement élaguer les arbres, remplacer les isolateurs cassés, nettoyer ceux qui sont salis, éloigner les toiles d'araignée et ainsi ramener continuellement la ligne à son état de propreté primitif.

Le *parallélisme* et l'*équidistance* des fils sont nécessaires pour obtenir une anti-induction suffisante. En posant les consoles, il faut mesurer les distances réciproques avec des outils spéciaux qui permettent à la fois une manipulation facile, rapide et exacte. Ces fils

doivent avoir un haut coefficient d'élasticité pour que le parallélisme une fois établi ne soit pas détruit par un dérangement définitif des fils par la neige ou par le givre.

Mais si les soins que réclame la construction des lignes téléphoniques doivent être plus minutieux que ceux que nécessite l'établissement des lignes télégraphiques, les outils employés pour les premières doivent être perfectionnés dans une proportion égale. Quoiqu'il ait été fait peu de chose dans cette direction, nous pouvons pourtant mentionner les efforts de M. Grief¹⁾ pour l'introduction d'outils convenables. Nous représentons dans la figure 74 sa pince universelle qui sert

Fig. 74.



surtout à confectionner les soudures. La partie la plus avancée sert comme bécuettes, par exemple pour tendre le fil ainsi que le représente la figure. Plus près de l'axe, la pince forme des ciseaux pour couper des fils minces; les fils plus gros sont coupés par l'entaille placée à côté de l'axe. Par l'anneau ovale qui peut glisser sur les deux branches de la pince, celle-ci remplace, jusqu'à un certain point, un étau. Les entailles à l'intérieur des deux branches permettent de visser et dévisser des tiges et des écrous. Les branches se terminent en deux différents tournevis et leurs côtés sont taillés en limes. De cette façon on peut, avec la pince seule, exécuter la plupart des travaux de ligne.

Pour les soudures, M. Grief a construit un outil spécial qui consiste en un fil de fer de 4 à 5 mm de diamètre, courbé en forme de fer à cheval et faisant ressort. Aux extrémités de ce fil sont fixés deux serre-fils en bronze avec lesquels on maintient dans la position voulue les deux bouts du fil de ligne à souder. Cet outil est surtout pratique quand il s'agit de la confection de la soudure Weiller.

Deux autres outils indispensables sont la pince hollandaise (Froschklemme) et le dynamomètre qui, quelquefois, sont réunis en un seul instrument.

Les lignes à l'intérieur des villes devraient être placées sous terre. Ce sentiment est presque général et se rencontre surtout chez ceux qui n'ont pas des connaissances suffisantes sur la téléphonie. Les inconvénients qui s'attachent aux fils aériens sont assez sérieux pour qu'on désire le changement du système. Les artères de fils au-dessus des maisons et à travers les rues et places publiques ne sont pas un ornement des

villes, et si ces artères se développent sur des poteaux plantés dans les rues cela devient positivement laid. La chute des fils rompus peut devenir un danger pour les passants, et si un des lourds chevalets placés sur les toits tombait dans la rue, l'accident pourrait devenir désastreux. Les fils se dérangent fréquemment, le plus souvent à cause de travaux sur les toits entrepris par les couvreurs. Ils sont exposés à une destruction rapide à cause de la fumée et autres exhalations d'une ville qui saturent l'air. Les passages fréquents des ouvriers pour arriver aux fils gênent les habitants des maisons et gâtent les toits, de sorte que la tolérance des chevalets devient une vertu de plus en plus rare chez les propriétaires des maisons. Il en résulte que les réparations des toits et les indemnités à payer aux propriétaires deviennent un fardeau chaque jour plus lourd pour l'Administration. Quand le réseau d'une ville a atteint une certaine densité il devient matériellement impossible de conduire toutes les artères vers la station centrale, quand il n'y en a qu'une seule, car la place fait défaut, et outre cela on n'ose pas charger le chevalet central d'un trop grand nombre de fils.

Tous ces inconvénients disparaîtraient avec une canalisation souterraine, mais nous sommes de l'avis que ce changement, compris dans le sens absolu que tous les fils seraient mis sous terre, ne se produira pas de si tôt. Il n'aura de raison d'être que quand les réseaux seront tellement saturés qu'ils ne s'agrandissent plus qu'en proportion de l'agrandissement des villes. Pour tous les cas où cela n'a pas lieu nous préconisons un système mixte: de grandes artères souterraines de 200 à 1000 fils rayonnant de la station centrale dans différentes directions de la ville, montant, à leur extrémité éloignée de la station centrale, dans une tourelle qui est érigée sur une haute maison et chaque artère rayonnant autour de sa tourelle, en fils aériens, dans le quartier de la ville, dont la tourelle constitue le centre. En Suisse nous avons appliqué ce système aux réseaux de Genève, de Zurich et de Berne, et les résultats sont si satisfaisants qu'il sera probablement maintenu pour le développement ultérieur de la téléphonie dans ce pays. Actuellement l'Administration pose deux artères semblables à Genève, et une troisième est en préparation à Zurich. A Genève une des deux nouvelles artères subit une petite modification dans ce sens que 4 colonnes pyramidales de 15 m de hauteur s'élèvent en différents endroits du quartier de la ville qui est alimenté par l'artère respective. Dans chacune des colonnes montent de 25 à 50 fils qui rayonnent de son sommet en fils aériens. Ces colonnes rappellent les tourelles Flad que nous avons mentionnées parmi les lignes aériennes.

¹⁾ Voir *Elektrotechnische Zeitschrift*, vol. IX, page 14.

La pose de fils souterrains pour la téléphonie est entourée de beaucoup d'obstacles. En laissant de côté la question financière nous mentionnons surtout l'induction réciproque, la capacité électro-statique et les difficultés de la canalisation.

Si l'on veut mettre des fils sous terre on les réunit, dans la plupart des cas, en câbles, en donnant à un certain nombre de fils isolés une gaine protectrice commune. Les différents fils sont alors si rapprochés l'un de l'autre, l'induction réciproque est si forte, que l'utilisation simultanée de deux fils devient déjà impossible avec une longueur de câble de 100^m et moins. Dans les premières applications de câbles on a donc été obligé, pour combattre l'induction, de se servir pour chaque ligne de deux fils (circuit métallique). Les deux fils tournaient, en longue spirale, l'un autour de l'autre. Les câbles du réseau téléphonique de Paris sont ainsi construits. Quatorze fils isolés sont enveloppés d'un tube en plomb; les 14 fils forment 7 cordes à deux fils, desservant 7 stations téléphoniques. Au point de vue pratique, il n'y a aucune induction réciproque d'une corde à l'autre. Mais la nécessité d'avoir des câbles sans induction, à un seul fil par station, devenait tellement urgente, que les fabricants de câbles sont finalement parvenus à combattre suffisamment l'induction réciproque. Nous connaissons actuellement cinq systèmes de câbles „sans induction“ qui, pour des longueurs ne dépassant pas 10 kilomètres, amortissent l'induction d'une manière suffisante, ce sont ceux de MM. Felten et Guillaume à Cologne, Siemens et Halske à Berlin, Berthoud, Borel et C^{ie} à Cortaillod (Suisse), M. Walter Glover à Manchester et Patterson aux Etats-Unis. Les câbles de MM. Felten et Guillaume se composent de 27 fils isolés enveloppés dans une double gaine en plomb. La fig. 75 montre la section d'un de ces câbles.

Fig. 75.



Les âmes en cuivre sont enveloppées d'une fibre isolante dont les qualités électriques surpassent celles du caoutchouc et de la gutta-percha et qui ne souffre pas sous les influences de la température. Chaque fil isolé est enveloppé complètement d'une feuille d'étain par laquelle les surfaces extérieures de tous les fils d'un câble sont en contact électrique entre elles et avec le tube en plomb. Il y a en outre, convenablement partagés entre les fils isolés, 3 fils nus d'un plus gros diamètre, qui sont naturellement aussi en contact avec les gaines en feuille d'étain. Le câble pèse 1,3 kg.

par mètre et a un diamètre de 17 ou 20^{mm} suivant l'emploi d'une gaine simple ou double en plomb. Le tube extérieur en plomb est encore recouvert d'un ruban asphalté. La fibre qui sert comme isolant est imbibée d'une matière résineuse, qui, à l'état parfaitement sec, contribue à l'isolation de l'âme, mais en contact avec l'air elle laisse pénétrer l'humidité qui affaiblit l'isolation ou la détruit presque complètement. Il faut donc que les tubes en plomb soient absolument étanches et que les bouts des câbles et les joints soient préparés de façon à empêcher le contact de la matière isolante avec l'air humide. Tous les câbles dans lesquels on emploie une fibre comme diélectrique, par exemple ceux de MM. Siemens et Halske, Berthoud, Borel et C^{ie} et Patterson, ont d'ailleurs le même défaut; avant de mettre un de ces câbles en service, il faut bien examiner si les bouts n'ont pas déjà souffert de l'humidité et dans l'affirmative, le couper jusqu'à un endroit parfaitement intact. Après avoir préparé convenablement les fils d'un bout de câble, on les entoure d'un entonnoir aplati ou circulaire, en ébonite ou fer-blanc, que l'on remplit de paraffine de laquelle sortent les fils convenablement espacés l'un de l'autre. Pour plus de sûreté il convient de souder aux fils nus, des bouts de fils isolés avec du caoutchouc. La soudure doit alors être submergée dans la paraffine de laquelle les fils sortent isolés. Au lieu de la paraffine on peut aussi se servir d'une composition d'une partie de cire d'abeille, d'une partie de laque en écailles et de 4 parties de résine.

Des précautions analogues sont à prendre pour les joints. Il va sans dire qu'on évite les joints autant que faire se peut, mais il est difficile d'aller au-delà de 1000^m à cause du grand poids des câbles rendant la manipulation difficile. MM. Felten et Guillaume emploient, pour les joints, des boîtes spéciales de jonction se composant d'un tube en métal et de deux écrous percés, servant comme couvercles aux bouts du tube. Avant de joindre les deux câbles on glisse sur l'un un écrou et le tube et sur l'autre le second écrou. Quand les âmes des deux câbles sont convenablement reliées et isolées, on passe le tube sur le joint et on serre les écrous qui sont garnis de rondelles de caoutchouc et établissent ainsi une fermeture hermétique entre le tube en plomb et la boîte de jonction. Cette dernière a deux ouvertures latérales par lesquelles on introduit, après avoir chauffé la boîte de jonction, la matière résineuse mentionnée plus haut, à l'état liquide. Quand la boîte est complètement remplie on ferme les deux ouvertures avec des couvercles à vis.

Les premiers câbles „sans induction“ construits par la maison Siemens et Halske montrent une construction analogue à ceux décrits tout-à-l'heure. L'enve-

loppe en feuilles d'étain des âmes isolées est remplacée par des rubans minces en cuivre. La matière isolante est aussi une fibre imbibée d'un diélectrique liquide. Le dernier modèle de ces câbles, s'appellant „Fächer-Kabel“, câble à compartiments, se compose d'une carcasse en cuivre mince formant un compartiment central et un certain nombre de compartiments périphériques, dans lesquels sont logés les fils isolés.

Les câbles de la maison Berthoud, Borel et C^{ie} ressemblent, quant à l'isolation des fils, aux câbles précédents, mais chaque fil est enveloppé d'un tube en plomb. La gaine extérieure de 27 fils isolés est formée de deux tubes en plomb entre lesquels les fabricants appliquent encore une couche d'une matière bitumineuse. Toutes ces enveloppes en plomb, les petites comme les grosses, sont formées de la façon suivante. L'âme isolée ou le faisceau d'âmes isolées qui doit former le câble, passent par un bloc chauffé mais solide en plomb, qui est fortement comprimé au moyen d'une presse hydraulique, de sorte que le faisceau, en sortant de la presse, est enveloppé d'un manteau en plomb. Ce procédé est, si nous ne nous trompons pas, une invention de M. le D^r Borel à Cortaillod et a, pour la première fois, été employé par la dite maison.

Les câbles de M. Walter Glover sont de constructions et de grandeurs différentes. Les fils de cuivre sont étamés et isolés par une bande de caoutchouc et une tresse de fibre goudronnée. Quelques-uns de ces câbles sont munis à leur centre de trois fils d'acier de 1^{mm},6 de diamètre qui augmentent considérablement la résistance mécanique et servent en même temps comme écran contre l'induction réciproque. Les fils de cuivre ont un diamètre de 1^{mm},25. Le faisceau de fils isolés est muni de trois enveloppes, la première en caoutchouc, la seconde en feuille de plomb pour amortir l'induction et la troisième en fibre goudronnée. Un câble à 9 conducteurs a un diamètre total de 12^{mm},5 et un poids de 350 kgr. par kilomètre. Dans un autre câble, 50 fils sont arrangés en 4 couches ou cercles concentriques de 4, 9, 15 et 22 fils. Le diamètre total est de 23^{mm} et le poids de 1220 kgr. par kilomètre. Dans un troisième câble, 100 fils sont arrangés en 6 cercles concentriques de 4, 9, 14, 19, 24 et 30 fils. Le diamètre total est de 36^{mm} et le poids d'un kilom. de 2350 kgr. Les câbles Glover sont d'une fabrication très soignée, mais à cause des matières de prix élevés qui sont employés dans leur fabrication ils sont plus chers que les autres.

Les câbles Patterson sont beaucoup en usage en Amérique. Les fils de cuivre sont isolés par des fibres de jute paraffinées. La paraffine est aérée, c'est-à-dire remplie de globules excessivement petites d'acide car-

bonique complètement séché. L'inventeur est d'avis que, par ces globules d'air, on peut empêcher le rétrécissement de la paraffine et la formation de fissures et de fentes. Le faisceau de fils ainsi isolés est introduit dans un fort tube en plomb qui est d'abord expérimenté à l'eau chaude, au point de vue de son étanchéité, au moyen d'une presse hydraulique. Le tube en plomb est souvent protégé par une armature en fils de fer galvanisés. Au milieu des fils isolés se trouve un fil de cuivre nu d'un fort diamètre, 3^{mm} et plus, qui est destiné à absorber les courants d'induction et à les conduire à la terre. Si le nombre des fils dépasse 50 dans un câble, on considère les fils isolés comme formant un écran contre l'induction et on supprime le fil nu central.

Les bouts et joints des câbles Patterson demandent les mêmes soins que ceux que nous avons mentionnés pour les câbles Felten et Guillaume. On se sert de boîtes spéciales qui, après application au câble, sont remplies d'un mélange de 4 parties de résine et d'une partie de laque en écailles. Aux bouts du câble, la jonction aux conducteurs ordinaires se fait au moyen de bornes spéciales, consistant en une vis fixée dans la boîte qui est percée d'un trou dans le sens de l'axe. Ce trou donne passage aux fils dénudés du câble; à l'extérieur on forme avec le bout de ces fils un petit lacet qui les empêche de se retirer. On fixe alors sur la vis un écrou formant capuchon, qui serre le lacet et forme ainsi un contact avec le câble. Ce capuchon est pourvu d'un serre-fil pour l'attache du fil extérieur. Quant aux tubes en plomb qui sont employés pour 4 des systèmes décrits, il faut mentionner deux défauts auxquels ils sont sujets: en premier lieu, il y a quelquefois dans le plomb des trous microscopiques, en second lieu le plomb est vivement attaqué par les gaz accumulés dans le sol. Le premier défaut est corrigé par le doublement des tubes et le second en employant à la place du plomb pur un alliage de 94 % de plomb et de 6 % d'étain.

De ces 5 espèces de câbles sans induction, nous en avons expérimenté 3 en Suisse, le câble Patterson seulement en magasin sur une longueur de 1000 m, ceux de MM. Felten et Guillaume et Berthoud, Borel et C^{ie}, en service actif dans les réseaux de Genève et Zurich. Les résultats sont très satisfaisants sous le rapport de l'induction réciproque, si l'on prend la précaution de faciliter l'écoulement des courants d'induction à la terre par l'enveloppe en plomb et par les fils nus, lorsqu'il y en a. Si cet écoulement peut s'opérer presque sans résistance, l'induction est suffisamment amortie, même sur une longueur de 10 kilomètres; mais il se manifeste, et cela déjà pour des longueurs

qui ne dépassent pas 6 à 700^m, un autre obstacle à la bonne transmission de la parole, c'est l'induction électro-statique. Jusqu'à un kilomètre de longueur ces effets, quoique bien perceptibles, ne sont pas gênants, mais à mesure qu'on augmente la longueur des câbles l'effet s'accroît, et pour une longueur de 10 kilomètres l'exploitation commerciale devient impossible. Les câbles ont trop de capacité; celle-ci varie suivant le système entre 0,18 et 0,27 microfarads par kilomètre. Si l'on multiplie les chiffres représentant la capacité (C) et la résistance (R), on obtient un produit CR qui est déterminant pour le fonctionnement d'un câble. On ne sait pas encore quelle valeur de CR est admissible pour les câbles; les uns n'admettent que 300, les autres vont au-delà de 1000. Avec ce dernier chiffre, on est probablement à la limite d'une exploitation commerciale. En tout cas il est nécessaire de faire C et R aussi petits que possible, C en augmentant le diamètre de la couche isolante, R en augmentant le diamètre du fil conducteur. Un câble de 36 ohms de résistance et de 0,20 microfarads de capacité par km. donnera le même résultat qu'un autre de 24 ohms de résistance et de 0^m,30 de capacité par km. On ne peut pourtant diminuer les valeurs de C et de R que dans des limites restreintes, car en allant trop loin les câbles deviendraient trop lourds; toutefois, on a un moyen pour réduire les mauvais effets de l'induction électro-statique.

M. Fortin-Hermann à Paris a construit un câble qui, sous le rapport de la capacité, rétablit presque les conditions des lignes aériennes. Son câble est construit de la manière suivante: l'âme nue en cuivre est passée par de petits cylindres en bois séché et paraffiné qui sont arrondis à leurs bouts, de sorte que le fil, avec ces cylindres, a l'apparence d'un chapelet. Ce chapelet est enfermé dans un tube étanche en plomb rempli d'air absolument sec. L'isolant est donc le bois paraffiné et l'air sec, deux matières dont le coefficient de capacité est relativement petit. La distance entre l'âme et le tube en plomb est grande, et ces deux facteurs ensemble ont pour effet de réduire considérablement la capacité de ce câble qui a été employé avec succès, à Paris, pour conduire hors de la ville les grandes lignes téléphoniques Paris-Bruxelles et Paris-Marseille.

La pose de câbles sous terre dans les rues d'une ville présente souvent de grands obstacles. Elle est relativement facile quand il y a sous les rues de grands égouts comme à Paris. Dans ce cas on peut travailler à son aise à l'intérieur des égouts, y dérouler les câbles à l'aide des grands dévidoirs sur lesquels ils arrivent des usines et les fixer contre les parois ou

voûtes des égouts. Mais on trouve rarement ces conditions avantageuses pour la pose des câbles et on se voit obligé de recourir à d'autres méthodes de pose. Les projets, inventions et brevets sous ce rapport sont très nombreux, surtout aux Etats-Unis où la question des lignes souterraines est encore plus brûlante qu'en Europe à cause de la plus grande densité des réseaux, du grand nombre de conducteurs pour la lumière électrique et de l'encombrement des rues par les poteaux. Les autorités de différentes villes ont, depuis plusieurs années, décrété la transformation des lignes aériennes en lignes souterraines, mais les Compagnies n'ont pas donné suite à ces injonctions. En effet elles ne pouvaient pas les exécuter, car il est impossible de mettre sous terre, à bref délai, tous les fils d'un grand réseau, mais peu à peu on a pourtant effectué un grand nombre de canalisations électriques et essayé différents systèmes. Les résultats ont souvent été peu satisfaisants, plusieurs installations ont dû être abandonnées et beaucoup d'argent a été perdu de cette façon; ainsi, pour ne citer qu'un exemple, on a posé à Black-Island un câble de 20 km. par lequel il est impossible de parler.

Cet état de choses a engagé les autorités de la ville de New-York à nommer une Commission pour l'étude des canalisations souterraines, et le rapport de cette Commission a certainement aidé considérablement à obtenir une bonne solution de cette question difficile. Laissant de côté le meilleur système consistant en grands égouts réunissant, dans un grand tunnel unique, sous la rue, toutes les canalisations souterraines, eau, gaz, électricité, parce que pour le moment ce projet n'est pas exécutable, on peut diviser les canalisations électriques en deux catégories, celles qui permettent facilement un échange et une augmentation des conducteurs et celles où aucun changement n'est plus possible après le premier établissement.

Un des meilleurs types de la première catégorie est le système Dorsett, qui consiste en tubes de ciment posés dans des canaux en bois créosoté. Après avoir introduit les tubes dans les canaux en bois, tout l'espace vide de ces derniers est rempli d'asphalte chaud. Les conducteurs électriques sont introduits dans les tubes après leur pose, même après le remblayage des fosses. On proportionne naturellement le diamètre des tubes à l'importance des artères. De cette façon on n'est pas obligé de fouiller les rues sur un long parcours à la fois, et la circulation n'est pas gênée outre mesure. L'introduction des câbles ou fils isolés, après la construction complète de la canalisation, nécessite l'installation de regards sur le parcours des canaux. Ces regards sont intercalés dans le système de canalisation

surtout aux coins des rues, où les bifurcations ont lieu dans différentes directions. Les dimensions des regards s'adaptent à l'importance des canalisations; pour les grandes artères ou les croisements de premier ordre ils sont assez grands pour qu'un homme puisse facilement y travailler debout. Ils sont distancés l'un de l'autre d'environ 100^m. Les câbles ou fils introduits dans la canalisation n'ont que la longueur d'un regard à l'autre. La jonction des canaux avec les regards doit être exécutée avec le plus grand soin pour qu'aucune fissure ou fente ne se présente. A l'intérieur des regards, les câbles arrivants et partants sont reliés entre eux d'une manière mobile, c'est-à-dire facile à défaire. Les câbles à petit nombre d'âmes qui desservent les abonnés dans le voisinage du regard, en sortent par de petits trous pratiqués dans leurs parois. Chaque regard possède deux couvercles. Le couvercle de l'intérieur est léger et ferme hermétiquement, de sorte que le regard est complètement étanche dans toutes les directions; le second couvercle est lourd, en fonte de fer, au niveau de la rue comme les couvercles des regards des canalisations d'eau. Ce système présente certains avantages réels; on peut établir la canalisation d'une ville, une fois pour toutes, sans être obligé d'y enterrer un grand nombre de fils superflus. Quand on est obligé de poser de nouveaux câbles ou quand il faut en enlever un défectueux, on n'est pas obligé de faire des fouilles dans les rues; il suffit de découvrir quelques regards pour exécuter le travail. La localisation des défauts dans les câbles est sensiblement facilitée, puisque toute la canalisation se divise en de petits tronçons de 100 mètres de longueur. Les difficultés que l'on rencontre pour desservir les abonnés au moyen de câbles sont réduites à un minimum. D'un autre côté il se présente aussi quelques inconvénients, en première ligne il sera probablement difficile de maintenir toute la canalisation parfaitement étanche et d'empêcher l'humidité d'y entrer; le grand nombre de joints peut aussi occasionner des embarras, tels que l'insuffisance de contact, les erreurs dans le choix des fils à joindre ou l'établissement accidentel d'un contact avec la terre ou avec d'autres âmes.

La canalisation définitive se présente sous des formes très variées, mais l'essentiel est que le canal doit être ouvert sur toute la longueur des câbles qu'on veut y introduire et qu'après l'introduction il faut le fermer avec un couvercle spécial. Les regards sont rares et pour des longueurs au-dessous d'un kilomètre il n'y en a point. Le canal est établi en fer, ciment, asphalte, briques ou maçonnerie. L'emploi du fer a soulevé une vive opposition dans certains cercles à cause du prix relativement élevé de cette matière, de la courte durée

qu'elle a dans le sol, quand ce dernier est imprégné de sels, et surtout de la forte perte de courant que le fer entraîne si l'isolation des câbles est quelque part imparfaite. Malgré cette opinion défavorable sur l'emploi du fer comme matière pour la canalisation, il est pourtant employé dans la plupart des cas à cause de différentes bonnes qualités que les autres matériaux n'ont pas au même degré.

Une spécialité de canalisation définitive est celle de M. Brooks. Les fils ou câbles isolés avec du coton sont introduits dans un tube en fer qui est logé dans un cheneau en bois créosoté et entouré d'une couche d'asphalte. On peut serrer les fils au point que l'on arrive à en loger 600 dans un même tube, dont le diamètre intérieur n'est que de 6,3 centimètres. Quand les fils sont introduits dans le tube on remplit ce dernier, sous pression, d'huile lourde de paraffine qui établit une isolation parfaite. Au-dessus de la canalisation, à un endroit convenable, existe un réservoir d'huile qui maintient le canal continuellement rempli et sous une certaine pression. La canalisation Brooks qui, jusqu'à présent, a donné des résultats satisfaisants, se distingue par son bon marché.

Le câble téléphonique à Nuremberg ¹⁾ est un bon exemple de la canalisation définitive qui se pratique en Europe. Entre la station centrale et la halle des douanes il y a, sur une distance de 544^m, 10 câbles Felten et Guillaume à 27 fils. Cinq de ces câbles continuent jusqu'à l'arsenal, avec une longueur totale de 910^m. Pour le canal, on a choisi du fer façonné en forme d'un U. Les différentes pièces de ce fer sont consolidées entre elles par des plaques en fer fixées contre les parois du canal au moyen de 4 boulons. Le canal ainsi formé est couvert, après l'introduction des câbles, de plaques en fer qui sont arrêtées dans leur position par des brides. Le tout forme un canal très-solide, qui se trouve à une profondeur de 60 à 70^{cm} au-dessous du niveau du sol. Les frais de cette canalisation se spécifient comme suit:

1° Fourniture des câbles	fr. 25 759
2° Fourniture et pose du canal en fer	6 356
3° Fourniture et pose des canaux en bois dans les maisons	2 125
4° Pose des câbles	975
5° Fouille et rétablissement du pavé	1 045
Total	fr. 36 260

Nous terminons ce chapitre par une description de deux canalisations souterraines téléphoniques exécutées en Suisse.

A Genève, on a posé en Avril 1886 dix câbles sans induction Felten et Guillaume, à 27 fils, sur une lon-

¹⁾ *Elektrotechnische Zeitschrift*, vol. VI, page 487.

gueur de 1060^m, entre la station centrale et la place Longemalle. Sur la partie principale, on put se servir d'un grand égout avec cuvette aux bords de laquelle sont appliqués des rails, de sorte qu'on peut, avec toute facilité, rouler un wagonnet le long de l'égout, marcher à côté du wagonnet sur la banquette et rester debout sur le wagonnet. De cet égout il fallut pratiquer des sorties latérales près de l'Hôtel des postes, où est logée la station centrale téléphonique, et à la place Longemalle où est située la maison sur laquelle s'élève la tourelle de la station morte. Dans l'égout on a placé le long de la paroi, à une hauteur de 1^m,80 au-dessus de la banquette, un chenal en fers zorès, pesant 8 kilogrammes par mètre. Ce chenal est supporté par de forts crampons en fer galvanisé qui épousent la forme du chenal et sont scellés dans le mur. Les deux extrémités du chenal remontent légèrement vers la voûte de l'égout pour que la canalisation dans les rues ne soit pas à une trop grande profondeur au-dessous du niveau du sol.

Les canaux dans les rues qu'on dû mettre en rapport avec les ouvertures dans l'égout, ont été exécutés en ciment. Les dimensions intérieures étaient 10^{cm} de hauteur et 10^{cm} de largeur et l'épaisseur des parois de ces canaux 5^{cm}. Le passage dans les bâtiments a été fait par les caves, en montant dans la maison de la place Longemalle, par la cage d'escalier, et à l'Hôtel des postes, par une entaille pratiquée dans le mur.

Chaque longueur de 1060^m de câble était enroulée en une seule pièce sur un dévidoir, l'artère complète n'a donc aucune épissure. Les dévidoirs étaient grands et très lourds et leur introduction dans l'égout fut entourée de plusieurs difficultés à cause du passage étroit, de la pente rapide et de la profondeur de 4^m,30 de l'égout sous le niveau des rues. Le déroulement des câbles s'opérait, l'un après l'autre, au moyen du wagonnet sur lequel était placé le dévidoir; il commençait toujours près de la place Longemalle où il fallait développer le bout extérieur du câble à travers l'ouverture latérale de l'égout, par le canal en ciment, la cave et la cage de l'escalier. Cette opération demandait toujours beaucoup de temps et d'ouvriers à cause de nombreuses courbes et des passages étroits. Une fois le bout du câble logé dans la tourelle de la station morte, le développement du câble à l'intérieur de l'égout et son placement dans le chenal en fers zorès se sont effectués avec grande facilité; on pouvait poser 25^m à la minute.

A l'autre bout, près de la poste, les difficultés du commencement se répétaient; la totalité du câble restant sur la bobine étant développée sur la banquette, on revenait avec le bout vers l'orifice et on le passait

par le canal en ciment, la cave et la niche dans le mur jusqu'à la salle des multiples de la station centrale.

Le déroulement des dix câbles demanda 4 jours, du 27 Avril au 1^{er} Mai; ce travail terminé on remplit le chenal en fers zorès avec de la poussière de charbon de bois et on le couvrit avec des planches de 17^{mm} d'épaisseur, qui étaient enduites de 3 couches de carbolineum appliquées à chaud et fixées au chenal au moyen de brides en fer. Les canaux en ciment furent remplis de sable et couverts de dalles en ciment de 40^{cm} de longueur, 20^{cm} de largeur et de 7^{cm} d'épaisseur, qu'on scella au canal, de sorte que celui-ci est devenu étanche.

A l'intérieur des maisons il fallut fixer les câbles par des taquets de mètre en mètre à cause de leur poids, après quoi on ferma les niches au moyen de couvercles en bois.

La reconnaissance des 270 fils se fit très vite, de la manière suivante. On détermina d'abord un fil de bout à bout pour pouvoir s'entendre par téléphone de la poste à la place Longemalle. A la poste on prit une pile Leclanché de douze éléments dont le pôle positif était en communication avec la terre. A la place Longemalle les bouts d'un câble plongeaient dans un vase rempli d'eau mélangée avec 5 % d'acide sulfurique. En touchant avec le pôle zinc à la poste les différentes âmes, il se formait à Longemalle des globules d'air qui permettaient de reconnaître les âmes avec facilité et sûreté.

Les frais de la pose de cette artère souterraine montèrent à fr. 42 187,91 et se décomposent comme suit:

Achat des câbles	fr. 31 800,—
Achat des fers zorès	1 243,36
Supports pour les fers zorès	364,80
Carbolineum et couleur	187,—
Couvercles des fers zorès	226,50
Canaux en bois	329,20
Pavillon de la station morte	1 139,45
Frais de transport et de douane	2 583,45
Main-d'œuvre	3 331,—
Menus objets (brides, aiguilles, huile, mèches, ciment, pointes, vis, charbon, sable, brosses, etc.)	983,15
Total	fr. 42 187,91

La pose de câbles à Zurich a eu lieu du 2 au 17 Mai 1887. Il s'agissait de supprimer la seconde station centrale, qui avait été installée dans le temps où le réseau appartenait encore à une société privée. Les câbles ont été fournis par la maison Berthoud, Borel et C^{ie} à Cortaillod. Chaque câble contient 27 fils isolés et 32 de ces câbles, soit en total 864 fils, ont été posés sur une longueur de 720^m. L'âme en cuivre

a un diamètre de 0^{mm},7 et est isolée par une fibre imbibée d'une matière résineuse. Ainsi préparée l'âme est entourée d'un mince tube en plomb. Les 27 petits tubes d'un câble sont enveloppés dans un double tube en plomb, qui a un diamètre extérieur de 25^{cm}. Le mètre de ce câble pèse 3 kilogr. Les constantes des câbles ont été déterminées après la pose et on a obtenu les valeurs suivantes par kilomètre: Résistance de l'âme en cuivre 43,3 ohms à 12° C., isolation 560 à 4000 megohms, capacité 0,19 microfarad. Les câbles ont été posés dans la rue à une profondeur d'un mètre au-dessous du niveau du sol, dans un canal formé de deux fers zorès de 24^{cm} de largeur et de 11^{cm} de hauteur, qui étaient protégés contre la rouille par trois couches de goudron. Chaque mètre de cette canalisation en fer pèse 37 kilogr. Le canal décrit à quatre différents endroits de son parcours des courbes d'environ 90° chacune. Les fers zorès n'ont pas permis de suivre ces contours et on fut obligé de les remplacer sur une longueur totale de 55^m par un canal en fonte de fer de section carrée, dont le mètre courant pèse 86 kilogr. Les canaux en fonte furent consolidés entre eux et avec le canal en fers zorès par des boulons, et les fers zorès supérieurs fixés aux fers inférieurs par des crochets à vis.

Pour le déroulement on a placé un dévidoir contenant les 720 mètres de câble en une seule pièce sur un char solide, sur lequel il pouvait tourner autour d'un axe vertical. A mesure que le char avançait, on déroulait le câble et on le mettait à sa place définitive. La montée dans les maisons aux deux extrémités s'exécuta de la même façon qu'à Genève. Le déroulement se fit relativement vite, on est même parvenu à introduire 13 câbles dans le canal en une seule journée.

Les expériences téléphoniques entreprises avec ces câbles ont démontré que, pour la longueur de 720^m, l'induction réciproque est pratiquement nulle, mais la voix subit une faible altération qui n'est guère la conséquence de la capacité, puisque celle-ci n'est que de 0,136 microfarad et doit plutôt être cherchée dans la polarisation de la matière isolante.

Les frais de la pose se détaillent comme suit:

Achat des câbles	fr. 67 968,—
Achat des fers zorès	4 968,15
Canaux en fonte de fer	1 648,50
Canaux en bois	1 591,50
Main-d'œuvre	3 264,30
Menus objets	306,20

Total fr. 79 746,65

Parmi ces frais ne figure pas le pavillon de la station centrale morte, puisqu'il existait déjà. La se-

conde station centrale est supprimée depuis bientôt un an.

Coup-d'œil rétrospectif.

Arrivé à la fin de notre étude sur la téléphonie, nous reconnaissons volontiers qu'elle a pris des proportions plus grandes que celles qu'il était dans notre intention de lui donner au moment où nous l'avons entreprise. Elle s'est ainsi étendue sur un grand nombre de numéros du *Journal télégraphique*, et la fin de ce travail est distante du commencement de plus de deux ans et demi. Pendant ce temps la téléphonie a toujours marché à pas de géant, et si dans les derniers chapitres nous avons pu tenir compte des progrès les plus récents, ce n'est pas le cas pour les premiers, qui sont déjà anciens et exigeraient quelques retouches. Ce sentiment nous a engagé à résumer, dans une espèce d'appendice, les faits les plus marquants qui sont arrivés à notre connaissance depuis la publication de nos articles périodiques.

1. *Statistique.* — Le *Bulletin international de l'électricité* s'est donné la peine de réunir, à la fin de 1887, dans une situation des réseaux téléphoniques, toutes les données qu'il a pu recueillir. Cette publication, d'une valeur incontestable est, croyons-nous, le document le plus complet sur cette matière qui ait paru dans ces derniers temps. Nous y relevons les renseignements suivants qui se rapportent à différentes dates de l'année 1887:

L'Autriche-Hongrie possédait 13 réseaux avec un total de 4200 abonnés. Les plus grands réseaux étaient ceux de Vienne avec 1192 et de Buda-Pest avec 672 abonnés. La Belgique possédait 14 réseaux avec un total de 4674 abonnés; parmi les réseaux les plus importants nous mentionnons Bruxelles avec 1156, Anvers avec 1086 et Liège avec 519 abonnés. Le Danemark n'avait que 6 réseaux et un total de 1837 abonnés, dont 1696 appartenant au réseau de Copenhague, les 5 autres réseaux étant de très peu d'importance. L'Espagne avait 8 réseaux avec un total de 2218 abonnés, dont 1242 appartenaient au réseau de Madrid. La France possédait 28 réseaux, dont deux en Algérie, avec un total de 9487 abonnés. Les deux réseaux les plus importants étaient ceux de Paris avec 5330 et de Lyon avec 732 abonnés. La Grande-Bretagne possédait 122 réseaux avec un total de 20 426 abonnés. Ces réseaux étaient partagés entre sept Compagnies, dont la plus importante, la National telephone Company, avait 7752, la plus petite, la Northern district telephone Company, 540 abonnés. Les plus grands réseaux étaient ceux de Londres avec 4596, de Liverpool avec 1511, de Glasgow avec 1387 et de Man-

chester avec 1245 abonnés. L'Italie possédait 28 réseaux avec un total de 9183 abonnés. Les réseaux les plus importants étaient ceux de Rome avec 1835, de Milan avec 1213, de Naples avec 992, de Florence avec 748 et de Turin avec 681 abonnés. Le Luxembourg possédait 15 réseaux avec un total de 483 abonnés, dont 298 appartenaient à la ville de Luxembourg, les autres réseaux étant d'une importance insignifiante. La Norvège possédait 21 réseaux avec un total de 3930 abonnés. Les réseaux les plus importants étaient ceux de Christiania avec 1670 et de Bergen avec 665 abonnés. Les Pays-Bas comptaient 9 réseaux avec un total de 2872 abonnés, dont Amsterdam en comptait 1337 et Rotterdam 641. Le Portugal n'avait que deux réseaux, Lisbonne avec 541 et Porto avec 349 abonnés, soit un total de 890 abonnés. La Russie possédait 36 réseaux avec un total de 7585 abonnés. Les réseaux les plus importants étaient ceux de St-Petersbourg avec 1500, de Moscou avec 840, d'Odessa et de Varsovie, chacun de 700 abonnés. La Suède possédait au-delà de 137 réseaux, mais le chiffre exact n'est pas à déterminer, car quelquefois plusieurs Sociétés exploitent différentes parties d'un même réseau. Le nombre total des abonnés atteignait le chiffre de 12 864. Les réseaux les plus importants étaient ceux de Stockholm avec 5665 et de Goteborg avec 775 abonnés.

L'Allemagne, qui ne figure pas dans la situation du *Bulletin international* possédait, à la fin de l'exercice 1887, 158 réseaux urbains avec un nombre total de 25 829 abonnés; à la même époque, des réseaux étaient en construction dans 9 localités dans lesquelles on avait déjà réuni 192 abonnements. Le réseau de Berlin avait, à la fin du mois de Mars 1888, 7078 abonnés; il est donc le réseau le plus important de l'Europe. La longueur des lignes téléphoniques allemandes atteignait 4341 km. et la longueur des fils 39 539 km. D'après le relevé fait tout récemment, pendant une période de trois mois, le nombre des communications établies pour le service des abonnés était en moyenne, pendant un jour, pour tous les réseaux allemands réunis, de 348 717, ce qui donne, pour une année complète, le total considérable de 127 281 705 communications, soit en moyenne 13,5 par jour et par abonné. Outre cela, il existait encore en Allemagne 4134 bureaux télégraphiques dans lesquels la transmission des dépêches se fait par téléphone.

Pour les Etats-Unis de l'Amérique du Nord, nous puissions nos renseignements dans la statistique de l'American Bell telephone Company, éditée le 1^{er} Mai 1888. D'après cette statistique il existait au 1^{er} Janvier 1888, aux Etats-Unis, 739 réseaux avec un total de 158 712 abonnés, et la longueur des fils atteignait 235 618 km.

Les réseaux les plus importants avaient les nombres d'abonnés suivants:

New-York	6902	Baltimore	2171
Chicago	4694	Cleveland	2157
Cincinnati	3110	St-Louis	2070
Boston	2785	Pittsburg	1961
Philadelphie . . .	2785	Milwaukee	1817
Détroit	2710	Buffalo	1779
San Francisco . . .	2552	Louisville	1762
Kansas City	2331	Brooklyn	1578
Providence	2236	Washington	1431

Pour la Suisse nous pouvons arrêter la statistique au 1^{er} Octobre 1888. A cette date, le nombre des stations téléphoniques par réseau était le suivant:

Aarau	99	Megggen	14
Aarbourg	14	Montreux	190
Adliswyl	6	Morges	23
Affoltern	13	Murgenthal	16
Aigle	36	Neuchâtel	164
Amriswyl	11	Nyon	26
Altstädten	16	Oltén	19
Arbon	8	Pfäffikon	7
Baden	44	Pfungen	7
Bâle	929	Porrentruy	16
Bauma	9	Reconvillier	5
Berne	428	Richterswyl	7
Berthoud	21	Rolle	24
Bex	23	Romanshorn	9
Bienne	132	Rorschach	34
Cernier	12	Rüti	16
Chaux-de-Fonds . .	290	St-Blaise	12
Colombier	22	St-Gall	356
Couvet	17	St-Imier	54
Degersheim	5	Schaffhouse	96
Fleurier	11	Schöffland	8
Genève	1533	Soleure	83
Glaris	42	Sonceboz	11
Heiden	14	Tavannes	6
Herisau	90	Thalweil	18
Horgen	20	Thoune	33
Interlaken	32	Tramelan	15
Kreuzlingen	14	Uster	10
Langenthal	29	Vevey	194
Lausanne	544	Wald	11
Lenzbourg	32	Wädenswil	16
Liestal	27	Wetzikon	14
Loele	67	Winterthour	160
Lucerne	213	Zofingue	35
Lugano	38	Zurich	1066
Männedorf	10		

Total des stations 7626, non compris les stations isolées sans réseaux proprement dit, qui se trouvent dispersées un peu partout en Suisse. La longueur des lignes téléphoniques a atteint à la même date 2875 km. et la longueur des fils 10 535 km.

Les communications interurbaines se sont développées dans quelques pays dans la même proportion que les réseaux urbains, dans d'autres elles sont sensiblement restées en arrière. En France il existe 6 grandes lignes interurbaines, toutes partant de Paris et allant au Havre, à Rouen, à Reims, à Lille, à Bruxelles et à Marseille. Entre Paris et Bruxelles, on a même ouvert une seconde ligne le 17 Janvier 1888. L'Allemagne, outre un grand nombre de communications interurbaines de grandeur moyenne, a établi plusieurs lignes à grande distance, par exemple Berlin-Hambourg-Brême. La ligne Leipzig-Halle-Berlin a été ouverte au service le 20 Décembre 1887 et la ligne Berlin-Dresde le 1^{er} Septembre 1888; au 31 Mars 1888 il y avait dans ce pays 148 lignes téléphoniques interurbaines comportant 6569 kilom. de fils conducteurs, et le nombre des conversations échangées par ces fils s'est élevé, pendant la période du 1^{er} Janvier au 31 Mars 1888 à 18 843, en moyenne, *par jour*. En Belgique, tous les réseaux sont reliés entre eux au moyen du système van Rysselberghe. En Angleterre, les lignes interurbaines sont relativement courtes, mais elles réunissent généralement tous les réseaux d'un district entre eux. Dans le Grand-Duché de Luxembourg, tous les réseaux sont reliés à la ville de Luxembourg. En Suisse, tous les réseaux sont reliés entre eux, sauf ceux de Lugano et de Porrentruy, qui sont encore isolés. Les grandes communications interurbaines sont Genève-Lausanne, Lausanne-Berne, Berne-Zurich, Bâle-Zurich, Zurich-St-Gall et Zurich-Glaris. Quoique tout réseau local fasse partie du réseau général de la Suisse, on ne peut pourtant pas correspondre de chaque réseau à tout autre, à cause du grand nombre de stations centrales intermédiaires. Il serait par exemple presque impossible de parler d'Amrisweil à Fleurier, parce que la conversation aurait à passer par les stations centrales d'Amrisweil, St-Gall, Zurich, Berne, Bienne, St-Imier, Chaux-de-Fonds, Cernier, Neuchâtel et Couvet; la ligne se composerait donc de 9 sections qui ne sont guère toutes à la fois disponibles, et si par hasard le cas se présentait une fois, le nombre des stations centrales intercalées serait trop grand.

Quelques pays n'ont encore aujourd'hui point de lignes interurbaines, par exemple l'Italie, l'Espagne, les Pays-Bas et le Portugal.

2. *Monopole*. — L'idée du monopole de l'Etat a fait peu de progrès ces dernières années. En Espagne,

les réseaux téléphoniques sont retombés dans les mains de Sociétés privées. Il est intéressant de suivre les variations qui se sont produites dans cet Etat. Par décret du 16 Août 1882 la téléphonie avait été abandonnée à l'industrie privée; par décret du 11/12 Août 1884 elle a été revendiquée comme monopole de l'Etat, et par décret du 13 Juin 1886 elle a de nouveau été abandonnée à l'industrie privée. Par contre l'Autriche s'est décidée, le 11 Octobre 1887, à faire construire les nouveaux réseaux par l'Etat. En Angleterre, la téléphonie devient de plus en plus le monopole de certaines Sociétés puissantes, et on parle déjà de la fusion de quelques Sociétés pour gagner plus de puissance contre des efforts éventuels en vue de transformer la téléphonie en monopole de l'Etat. En attendant, les Sociétés existantes usent de leur puissance autant que faire se peut. Cet état de choses a engagé la Chambre de commerce, en Avril 1888, à demander du Postmaster General la revendication de la téléphonie en Angleterre. Les délégués ont fondé leur vœu sur les expériences que le pays a faites avec la monopolisation des télégraphes, expériences qui étaient très-satisfaisantes, et ils espèrent que la même satisfaction générale serait la conséquence de l'administration de la téléphonie par l'Etat. En Amérique, la Bell telephone Co est toute puissante, et ceux des réseaux qui ne sont pas directement sous le contrôle de cette Compagnie le sont indirectement. La Société de Worcester a payé 100 000 dollars pour la permission d'établir un réseau. Ce paiement a eu lieu non pas à l'Etat, mais à la Metropolitan telephone and telegraph Company, à laquelle elle doit en outre 14 dollars par an pour chaque téléphone. La Metropolitan Co doit rendre une partie de cette proie à la Bell telephone Co. Ainsi les Compagnies forment entre elles un véritable consortium pour l'exploitation du public.

Nous voyons donc, presque partout, des efforts formidables pour conserver aux Compagnies privées leurs réseaux téléphoniques. Mais malgré ces événements récents dans l'histoire de la téléphonie, nous sommes aujourd'hui aussi convaincu que jamais que la solution la plus heureuse est l'exploitation de la téléphonie par l'Etat, et nous espérons qu'à une époque future notre opinion trouvera plus d'adhérents qu'elle ne paraît en avoir actuellement.

3. *Taxes*. — Les taxes n'ont en général pas subi de fortes variations. En Allemagne, elles sont actuellement de fr. 187,50 par an. Pour le réseau de Vienne la Compagnie privée a adopté, depuis le 1^{er} Janvier 1888, les taxes suivantes: prix annuel d'abonnement jusqu'à une distance de 2 km. de la station centrale 100 florins, pour chaque kilomètre au-delà de cette

distance 25 florins. Les abonnements qui sont indépendants de la station centrale (lignes reliant seulement deux localités entre elles) paient 120 florins par an, si la distance ne dépasse pas 500^m et 160 florins si cette distance est de 501 à 2000^m. Pour chaque kilomètre au-delà de 2, la taxe supplémentaire est de 40 florins. En Angleterre, où les taxes ont gardé en général la hauteur d'autrefois on a commencé, surtout à Londres, à établir des stations de district qui n'ont droit qu'à la communication dans le voisinage. Ces stations paient alors une taxe moins élevée que celles qui peuvent demander la communication avec toutes les stations du réseau. Aux Etats-Unis, on distingue généralement entre téléphones de famille et téléphones commerciaux ou industriels. Ces derniers paient plus cher que les premiers, mais dans chaque groupe il y a souvent encore deux ou même trois gradations, qui sont établies probablement suivant la fréquence de l'usage. Les taxes diffèrent énormément suivant les villes, depuis 150 à 180 dollars à New-York jusqu'à 24 dollars pour certains petits réseaux. Dans les réseaux d'Indianapolis, Rochester, Fortwayne, Lafayette, Logansport, Richmond, Terrehaute, Crawfordsville, Elkhart, Kokomo, Madison, Michigan City, Muncie, Peru, Shelbyville, Vincennes, presque tous situés dans l'Etat d'Indiana, le „toll“ système est introduit, c'est-à-dire que les abonnés ne paient aucun abonnement annuel, mais que chaque conversation est taxée.

Les taxes interurbaines ne présentent pas beaucoup de différence par rapport à celles d'autrefois. En France, la taxe par conversation entre Paris et Bruxelles est fixée à fr. 3 pour une conversation de 5 minutes de durée. Pour les conversations entre Paris, Lyon et Marseille les taxes sont fixées, par décret présidentiel du 28 Juillet 1888, à fr. 3 entre Paris et Marseille, fr. 2 entre Paris et Lyon et fr. 1,50 entre Lyon et Marseille. Au commencement on ne pouvait correspondre que de Bourse à Bourse, de Paris à d'autres réseaux, mais plus tard on a pris des mesures pour permettre des conversations de domicile à domicile; les abonnés qui veulent jouir de cette facilité doivent avoir un second fil et ont à payer une surtaxe annuelle de fr. 50. Les mêmes conditions sont introduites pour les abonnés de Bruxelles qui veulent converser de leur domicile avec Paris.

Les taxes interurbaines les plus élevées existent aux Etats-Unis. La taxe entre New-York et Boston est de 2 dollars pour 5 minutes, et entre New-York et Sarataga de 2 dollars et demi.

4. *Législation, décrets et ordonnances.* — Le Ministre des travaux publics d'Italie a, dans le courant de l'année 1888, présenté aux Chambres italiennes un projet de loi sur l'organisation de la téléphonie. Dans

cette loi la téléphonie est déclarée régle de l'Etat, mais dans ce sens que l'Etat accorde, contre redevance, à des Sociétés ou à des particuliers, des concessions qui auront une durée de 25 ans. La taxe annuelle des abonnés est fixée, suivant l'importance des villes, de fr. 180 à fr. 250, si la longueur du fil ne dépasse pas 3 km. Les abonnements des autorités communales et de l'Etat paient la moitié du prix d'abonnement ordinaire. La conversation depuis une cabine publique coûtera, pour 5 minutes, de 20 à 30 centimes et de fr. 1 à fr. 1,50 d'un réseau à un autre. Après minuit ces taxes seront augmentées de moitié. Dès la 10^e année de l'existence d'un réseau, l'Etat a la faculté de le racheter. Après l'achat l'Etat paiera, jusqu'à l'évolution des 25 ans, au concessionnaire, une rente annuelle, qui sera de 15 % plus élevée que la recette moyenne des trois dernières années.

Un projet de loi analogue a été présenté au printemps 1888 aux Chambres hongroises. D'après ce projet, les installations téléphoniques devront toujours faire l'objet d'une concession. La durée de cette concession est limitée à 50 ans pour les communications publiques et à 10 ans pour les communications particulières.

Par décret de la reine d'Espagne, daté du 12 Mai 1888, les conditions d'adjudication sont réglées pour les îles de Cuba, Porto-Rico et les Philippines. Le minimum de la redevance à l'Etat est fixé à 6 % des recettes brutes et les concessions sont accordées pour 20 ans. A la fin de cette époque, l'installation devient propriété de l'Etat.

En Suisse les Chambres fédérales ont, dans leur session de Décembre 1887, invité le Conseil fédéral à préparer, dans le courant de 1888, une loi sur la téléphonie et un rapport sur la réduction des taxes téléphoniques. Le projet de cette loi est élaboré et sera présenté aux Chambres dans le courant du mois de Décembre 1888.

Ses propositions principales sont les suivantes: Le prix d'abonnement est de 120 francs pour la 1^{re} année, de 100 francs pour la 2^e année et de 80 francs pour la 3^e et les années suivantes, mais ce prix d'abonnement ne donne droit qu'à 500 conversations téléphoniques par an. Le surplus paie 5 francs par 100 conversations. Pour les conversations interurbaines et l'utilisation des stations publiques, l'unité de temps est fixée à 3 minutes; les conversations interurbaines paient 75 centimes si elles sont entamées depuis une station d'abonné et 95 si elles partent d'une station publique. Les conversations urbaines partant d'une station publique paient 20 centimes.

En ce qui concerne les lignes, les dispositions suivantes sont proposées: L'Etat a le droit d'ériger ces

lignes le long des routes, places publiques, canaux, rivières et lacs et sur le territoire des chemins de fer. Lors de l'installation et de l'exploitation de lignes électriques pour courants forts, destinés à l'éclairage ou au transport de la force motrice, etc., les propriétaires doivent prendre les mesures nécessaires pour protéger les établissements téléphoniques contre tout danger et toute perturbation de l'exploitation, et ils sont tenus de s'entendre d'avance à cet égard avec les autorités de l'Etat.

Les rapports entre les conducteurs destinés à la transmission de forts et de faibles courants méritent en effet d'attirer l'attention générale. Les lignes qui conduisent les courants forts augmentent d'année à année dans une progression rapide. Elles entravent d'une manière sérieuse le service des lignes téléphoniques qui se trouvent dans leur voisinage. A l'état normal on entend dans les téléphones des bruits bourdonnants qui sont quelquefois si forts qu'ils rendent la conversation téléphonique inintelligible. En cas de dérangement de l'un ou de l'autre système de lignes qui occasionne un contact entre les conducteurs, il peut se présenter des accidents très graves. Ces difficultés, pour le service téléphonique, deviennent de plus en plus générales avec l'augmentation et l'extension des installations à courants forts. Il est donc temps de régler ces rapports par des lois et décrets. C'est la France qui a fait le premier pas dans cette voie par le décret présidentiel du 15 Mai 1888 concernant les installations d'électricité¹⁾. L'article 5 de ce décret est ainsi conçu :

„L'usage de la terre et l'emploi des conduites d'eau, ou de gaz pour compléter le circuit sont interdits.“
A l'article 7, nous trouvons le passage suivant : „L'emploi de fils recouverts est obligatoire toutes les fois que les conducteurs sont posés sur des appuis supportant des communications télégraphiques ou téléphoniques à fil nu. Il en est de même dans toutes les parties du tracé où les conducteurs croisent une ligne télégraphique ou téléphonique ou passent à une distance de moins de deux mètres d'une de ces lignes.“

Un autre travail dans cette direction, quoiqu'il ne porte pas le caractère d'un décret, est l'étude sur l'influence des installations pour courants forts sur celles pour courants faibles, faites par un collège de savants allemands²⁾. Il résulte de cette étude que le service des lignes téléphoniques est le moins influencé par des courants forts circulant dans leur voisinage, si ces derniers sont conduits par des câbles concentriques.

¹⁾ Voir *Bulletin international de l'électricité*, année 1888, page 102.

²⁾ Voir *Elektrotechnische Zeitschrift*, vol. IX, page 361.

Dans ces derniers temps, une autre question législative a obtenu une grande importance, c'est celle concernant les conditions dans lesquelles la Compagnie privée ou l'Etat peuvent construire les lignes téléphoniques par dessus la propriété privée. Cette question a surtout en Suisse une certaine actualité, puisque plusieurs propriétaires de maisons ont refusé de tolérer plus longtemps les appuis pour les fils téléphoniques sur leurs maisons ou ont demandé des indemnités si exagérées qu'il a été impossible de les leur accorder. L'Administration des télégraphes se vit alors obligée de recourir au droit d'expropriation, et le Tribunal fédéral a prononcé en dernier lieu sa décision en admettant le principe que l'Administration peut s'acquitter de ces obligations envers les propriétaires des maisons en payant des indemnités annuelles pour aussi longtemps que le support existe sur le dit immeuble. Les détails de cette intéressante affaire se trouvent résumés dans une petite brochure de M. le Professeur Meili¹⁾.

5. *Appareils et installations.* — La plus grande activité s'est portée sur le groupe des appareils. Les journaux scientifiques abondent en nouveaux systèmes de toute espèce. Mais cette poursuite des améliorations et de formes nouvelles se concentre surtout sur les microphones et les installations des stations centrales, où on est encore le moins arrivé à des types définitifs.

En fait de *récepteurs* le mouvement est beaucoup moins accentué, car il n'y a pas grand'chose à y améliorer, et de simples modifications de formes et de dimensions peuvent sans inconvénient être passées sous silence. Mentionnons pourtant le récepteur avec condensateur de M. Marshal, à New-York, qui fait pendant à une invention analogue de M. Lugo. Le condensateur est constamment chargé par une pile, et la force du courant de cette pile est modifiée par le transmetteur. Les feuilles d'étain qui forment le condensateur sont seulement pressées à leur bord, et le milieu peut librement osciller suivant le degré de la charge. La vibration des feuilles est réglée par la pression des bords, et par tâtonnement on trouve la pression qui donne la meilleure reproduction des paroles. Le condensateur est percé d'un ou plusieurs trous circulaires qui facilitent les vibrations.

Parmi les nouveaux *microphones*, nous mentionnons d'abord ceux de MM. Mix et Genest et de Dejongh, les deux étant une modification des microphones Crossley et Theiler. Dans le microphone de MM. Mix et Genest trois charbons cylindriques sont doucement pressés contre deux autres, fixés au diaphragme, la pression peut être diminuée ou augmentée au moyen de deux

¹⁾ Die Anwendung des Expropriationsrechtes auf die Telephonie.

vis. Dans le microphone de M. Dejongh, les cylindres de charbon horizontaux se trouvent sur des plans inclinés et glissent vers les charbons verticaux; les points de contact sont multiples et le microphone paraît donner de très bons résultats.

Les microphones de MM. Swinton et Turnbull n'ont point de diaphragme. Différents charbons sont suspendus d'une manière très mobile à un axe horizontal en métal ou en charbon et touchent légèrement, par leur extrémité inférieure, un cylindre en charbon horizontal. La pression est augmentée ou diminuée en inclinant plus ou moins le système. On parle contre les tiges pendantes.

MM. Siemens et Halske ont construit un microphone de précision. Une mince plaque circulaire de charbon est collée sur le centre du diaphragme qui a la position verticale. Contre cette plaque est adossé, par sa base, un cône en charbon qui se trouve dans une cavité conique d'un cylindre de métal ou d'une autre matière. Le cône placé ainsi sur une pente, glisse doucement vers la plaque de charbon du diaphragme. A la pointe du cône est attaché un ressort à boudin qu'on peut tendre plus ou moins et ainsi régler la pression entre les charbons. La base du cône est sillonnée de rainures qui se croisent à angle droit, de sorte qu'une multiplicité de points établit le contact. Le cylindre qui maintient le cône à sa place peut être tourné autour de son axe longitudinal, et on peut ainsi varier les points de contact.

La plus intéressante invention de ces derniers temps est le microphone à jet-d'eau de M. C. A. Bell. Cette invention est une nouvelle preuve que le phénomène microphonique se présente un peu partout. On laisse tomber de l'eau en filet excessivement mince sur un diaphragme, ou mieux encore sur un petit cylindre vertical en ébonite ou en porcelaine, par le centre duquel monte un fil de platine et qui est entouré d'un mince tuyau en platine. Le filet d'eau tombant directement sur la pointe du fil central, se disperse et touche le cylindre en platine. Entre le fil et le cylindre on intercale un récepteur téléphonique et une pile. Si l'on parle alors contre le filet d'eau, les paroles sont très fortement reproduites dans le récepteur. En parlant doucement à une distance de plusieurs mètres du filet d'eau, on peut tout entendre distinctement dans le téléphone. Pour faire réussir l'expérience il faut prendre certaines précautions. L'eau doit être acidulée à $\frac{1}{300}$ d'acide sulfurique. Elle doit être très pure et sans globules d'air. A cet effet, on la laisse passer par un filtre épais en coton dégraissé. La pression avec laquelle l'eau tombe sur le fil de platine doit être d'environ 90 cm. On sait qu'un jet-d'eau se

sépare en gouttes à une certaine distance de l'orifice. La pointe du fil de platine doit être placée immédiatement au-dessus de ce point, là où l'eau forme encore un filet continu. Ce microphone se recommande surtout pour la téléphonie à grande distance, car on peut augmenter la force de la pile à volonté; on peut prendre 20 éléments ou même plus. La résistance intérieure de la pile ne joue aucun rôle, parce que la résistance de la partie microphonique est déjà très grande. On construit avec ce microphone des stations téléphoniques qui permettent une exploitation commerciale. La station a la forme d'une boîte longitudinale, d'une hauteur d'environ 1 m. Au fond est un réservoir ramassant l'eau qui tombe de la pointe en platine; immédiatement au-dessus de ce réservoir se trouve l'arrangement pour le jet-d'eau formant microphone. Le réservoir fournissant l'eau est tout au sommet de la boîte et l'eau est amenée au microphone par un tube en ébonite. Le téléphone récepteur est suspendu de la manière ordinaire au côté gauche de la boîte à un crochet mobile, mais lorsqu'on décroche ce téléphone il n'est pas intercalé dans la ligne; il faut encore abaisser un levier qui est fixé du côté droit de la boîte. Ce mouvement, qui établit les communications nécessaires, a pour but principal de monter une partie de l'eau du réservoir inférieur au réservoir supérieur pour que ce dernier ne manque jamais d'eau.

Il n'est pas nécessaire de donner à ces stations la sensibilité mentionnée plus haut, quatre éléments Leclanché suffisent par conséquent. Le microphone n'est pas combiné avec une bobine d'induction, son circuit passe par le téléphone directement sur la ligne; on peut donc placer la pile où l'on veut, et ce système permet par conséquent de réunir toutes les piles des stations d'abonnés à la station centrale.

Parmi les *appareils accessoires* des stations téléphoniques, nous mentionnons d'abord le parafoudre employé dans le réseau téléphonique de Vienne. Il ne présente rien de véritablement nouveau, mais il est très simple, bon marché et pourtant solide et efficace. Il se compose de deux plaques en cuivre, bronze et laiton, vissées sur un socle isolant. Chaque plaque a un bord garni de dents bien pointues et ces dents sont juxtaposées et si rapprochées qu'elles se touchent presque. Sur l'une de ces plaques est vissée une lame voûtée formant ressort, qui repose sur l'autre plaque, mais pour éviter le contact un morceau de soie est intercalé. L'électricité atmosphérique trouve deux chemins à la terre, l'un entre les pointes, l'autre à travers la soie, et ce dernier chemin surtout rend le parafoudre délicat pour les faibles décharges électriques, tandis que les

fortes décharges passent par les pointes. Il faut naturellement remplacer la soie quand elle est accidentellement brûlée par une décharge. Un parafoudre analogue en principe, mais différent dans l'exécution, est employé en Allemagne, et M. Ericsson de Stockholm a aussi appliqué un parafoudre analogue à son distributeur automatique pour 5 stations téléphoniques sur un seul fil.

MM. Campbell Swinton et Cox Walker ont construit, pour l'appel des stations téléphoniques, un inducteur magnéto-électrique qui se distingue par sa construction simple. Il se compose d'un seul aimant en forme de fer à cheval. Entre les jambes de cet aimant est placée une armature Siemens dont l'axe de rotation est parallèle aux jambes. Cette armature ne peut pas faire une rotation complète mais seulement un mouvement de va et vient d'environ 30° qui produit, dans chaque direction, un coup de marteau sur la sonnette d'appel. L'axe de l'armature n'a pas besoin d'être munie d'une manivelle, une simple aile verticale suffit pour la manœuvrer.

Parmi les *installations spéciales*, nous avons principalement à mentionner l'exploitation de la téléphonie par le système à courant continu ou courant de repos. M. Mauritius a imaginé une combinaison qui permet le fonctionnement automatique des signaux d'appel¹⁾. Dans tous les fils d'un réseau téléphonique circule, à l'état de repos, un courant électrique entretenu par une machine dynamo-électrique ou plusieurs piles qui se trouvent à la station centrale. Les clapets d'appel à la station centrale sont arrangés de telle façon qu'ils tombent quand le courant cesse de circuler dans leurs électro-aimants. A la station de l'abonné respectif, chaque fil qui part de la station centrale est en communication directe avec le levier mobile auquel est suspendu le téléphone récepteur. Ce levier presse contre un butoir quand il est abaissé par le poids du téléphone, et ce butoir communique à travers l'électro-aimant de la sonnette d'appel avec la terre. Aussi longtemps que le courant continu circule dans le fil, le marteau de la sonnerie reste donc attiré vers le timbre. Le levier mobile de l'abonné, quand il est abaissé, établit en outre un circuit local dans lequel est intercalée une pile de deux éléments et le point de contact contre lequel bute le marteau de la sonnerie, quand il n'est plus attiré par l'électro-aimant. Si donc la station centrale veut appeler un abonné quelconque, elle n'a qu'à introduire une fiche dans le springjack respectif. Par ce fait le courant continu dans le fil est interrompu, et chez l'abonné le marteau de la son-

nerie est relâché et bute contre son point de contact, fermant en même temps la pile locale qui fait alors fonctionner la sonnerie de la manière usuelle. L'abonné, en décrochant son téléphone récepteur, intercale comme de coutume ce dernier dans la ligne, mais interrompt en même temps le circuit local de la sonnerie. Si, par contre, l'abonné veut appeler la station centrale, il n'a qu'à décrocher son téléphone. Le courant continu cesse aussitôt sur sa ligne et son clapet tombe à la station centrale. Cet arrangement permet en outre de contrôler quand les abonnés se préparent à répondre à l'appel. La station centrale entend un roulement de tambour dans son récepteur aussi longtemps que le téléphone chez l'abonné appelé reste suspendu et, quand la station centrale a établi la communication entre deux abonnés, l'abonné appelant entend dans son récepteur le roulement de la sonnerie de l'abonné appelé et peut donc parfaitement distinguer quel est celui qui le fait attendre, la station centrale ou l'abonné appelé. Quand, après avoir terminé leur conversation, les deux abonnés suspendent leurs récepteurs, leurs sonneries recommencent à sonner et à la station centrale on entend, dans l'armature de l'électro-aimant du clapet de fin de conversation, un roulement de tambour qui dure jusqu'au moment où l'employé de cette station interrompt la communication.

Dans ce système tous les appels, aussi bien ceux de la station centrale que ceux des abonnés, et les signaux de fin de conversation se font automatiquement. Outre cela tout peut être contrôlé, non seulement la promptitude des abonnés, mais aussi le service de la station centrale.

Un autre système pour l'appel par le courant continu a pour auteur le secrétaire Petsch à Berlin¹⁾, mais nous nous contentons d'en faire mention pour ne pas donner trop d'étendue à notre étude.

Le système de M. Swinton mérite d'être mentionné ici. Ce système se recommande surtout quand le nombre des abonnés d'un réseau est très-restreint et si de faibles distances les séparent, comme c'est le cas lorsque toutes les stations se trouvent dans le même bâtiment. Le système permet la communication entre les abonnés sans l'entremise d'une station centrale et demande à cet effet deux fils de plus qu'il n'y a de stations; si le nombre de ces dernières est n , le nombre des fils sera $n + 2$. Chacun des $n + 2$ fils passe par toutes les stations du petit réseau. Chaque station est pourvue d'un commutateur pour s'intercaler avec ses appareils sur l'un quelconque des fils, mais à l'état de repos toutes les stations sont toujours intercalées sur leur propre fil, c'est-à-dire que la station 1 se trouve sur le

¹⁾ *Zentralblatt für Elektrotechnik*, vol. IX, pages 805 et 842.

¹⁾ Voir *Archiv für Post und Telegraphie*, année 1887, p. 643.

fil 1, la station 2 sur le fil 2 et ainsi de suite. Si la station 3 veut parler avec la station 9, elle enlève la communication avec son propre fil et se fiche sur le fil 9 et les deux abonnés 3 et 9 sont reliés. Le système présente cet inconvénient qu'un autre abonné peut en même temps s'intercaler sur le fil 9 et déranger ainsi la conversation entamée ou la surprendre.

Les installations des *stations centrales* sont un terrain sur lequel on peut prévoir encore beaucoup de modifications et d'améliorations. Le système des communications multiples est sans contredit un progrès marquant, mais, en Europe au moins, ce système est peu répandu. Dans beaucoup de stations centrales on se sert encore aujourd'hui de commutateurs très en retard et qui datent des premiers temps de la téléphonie. Ce qui nous étonne ce sont les plaintes contre les clapets indiquant la fin d'une conversation. On connaît pourtant depuis 1881 le „standard switch board“ de la Western electric Company qui élimine toutes les difficultés résultant de ce chef. La raison est qu'actuellement encore on se sert souvent du même clapet pour l'appel de la station centrale et pour le signal de fin de conversation. On a recours alors à des expédients qui sont quelquefois plus ingénieux que pratiques. M. Altheller propose par exemple de munir les électro-aimants respectifs de la station centrale de deux clapets, l'un sous l'autre, qui sont peints de couleurs vives, les clapets fermés se présentent en noir; quand le premier clapet tombe par l'appel de l'abonné le second devient visible et se montre en blanc, et quand l'abonné lance le signal de fin de conversation le second clapet tombe aussi et découvre une surface rouge. L'électro-aimant du clapet est polarisé et l'abonné doit envoyer pour les deux clapets des courants opposés. Le système, quoiqu'il ne soit pas de notre goût, présente cet avantage que les deux interlocuteurs peuvent se sonner sans déranger la station centrale.

D'autre part on recommande un galvanomètre au lieu d'un clapet pour donner le signal de fin de conversation, et nous sommes tout-à-fait d'accord avec cette proposition, au moins pour les lignes interurbaines, à cause de la diminution de l'induction propre. L'aimant horizontal de ce galvanomètre se meut autour d'un axe horizontal et porte une tige légère verticale aboutissant sur un disque noir qui se trouve derrière un trou rond. La tige est arrêtée d'un côté et peut donc se mouvoir seulement dans une direction; il faut par conséquent un courant d'une direction déterminée pour lui faire quitter son équilibre. Quand l'aiguille dévie, à la suite d'un appel de l'abonné, le disque disparaît derrière le trou et ce dernier se montre en blanc. L'aiguille ne retourne pas d'elle-même dans sa position,

parce que, en s'inclinant, un des pôles de l'aiguille s'approche d'un aimant qui la maintient dans sa position de déviation. Le téléphoniste en poussant un bouton éloigne cet aimant pour un moment et l'aiguille peut librement retourner dans sa position normale. M. Matthias à Cannstadt combine le galvanomètre avec le clapet, le dernier pour l'appel, le premier comme signal de fin de conversation. On peut se servir de l'appel avec machine magnéto-électrique, mais cet instrument doit être construit de telle façon que l'on puisse à volonté lancer des courants inversés ou les dresser, de sorte que toutes les ondes aient la même direction. On obtient ces effets au moyen de deux boutons dont on presse l'un ou l'autre pendant la rotation de l'armature.

On se plaint souvent que les abonnés oublient de donner le signal de fin de conversation et que ces oublis augmentent considérablement le travail de la station centrale; plusieurs inventeurs ont cherché par conséquent à résoudre le problème consistant à produire ce signal automatiquement. M. Oesterreich a combiné ce signal automatique avec le levier mobile auquel est suspendu le téléphone récepteur. Le mouvement de ce levier qui se produit quand, après avoir terminé une conversation, on suspend le téléphone, est utilisé pour produire un contact passager entre une pile d'appel placée chez l'abonné et le fil de ligne allant à la station centrale. Le courant ainsi lancé sur la ligne fait tomber à la station centrale le clapet de fin de conversation. Pour prolonger la durée du contact on peut convenablement ralentir le mouvement du levier en y attachant un piston qui se meut dans un petit cylindre rempli d'air ou d'un liquide. Un arrangement analogue à celui de M. Oesterreich a été indiqué par M. Gurlt, un autre par MM. Keiser et Schmidt.

Quant aux commutateurs, on fait continuellement des efforts pour en perfectionner les systèmes. M. Fein à Stuttgart a construit pour Barcelone un commutateur qui rappelle, en certaines parties, celui qui est en usage à Paris; il s'adapte au système à double fil. Les clapets sont du genre de ceux du standard switch board de la Western electric Company, seulement l'armature est légèrement plus lourde et est munie d'un contre-poids que l'on peut régler. Le contact de la sonnerie de nuit est moins sûr que celui des commutateurs américains et il manque un clapet spécial pour la fin d'une conversation. Le commutateur est en général construit avec soin et bien fini.

Le commutateur décrit par nous à la page 56 se répand de plus en plus. A la fin de l'année 1887 il y avait en Amérique 49 réseaux munis de ce commutateur. Il

commence à se répandre aussi en Europe. Quant aux câbles qui servent à établir les communications entre différents multiples d'une station centrale, on a introduit dernièrement une amélioration notable. Au lieu de câbles à 21 fils on se sert maintenant d'un système à 42 fils, et quoique le nombre des fils soit doublé, les câbles sont plus minces qu'autrefois. Les avantages résultant de ce changement sont les suivants: on gagne beaucoup de place derrière les multiples, ce qui permet d'arriver facilement aux springjacks même après le montage complet de la station. Autrefois chaque câble avait à passer dans chaque multiple par 6 trous, maintenant il ne passe par aucun; on peut donc enlever les séries correspondant à 20 springjacks de toute la station centrale, les étaler sur une longue table et là établir, avec toutes les aises désirables, la communication avec les câbles et leur soudure. Le montage est ainsi beaucoup plus exact, les soudures deviennent plus sûres et le travail se fait plus vite. Après avoir achevé toutes les soudures, on remet tout le système de séries de springjacks à sa place dans le multiple. Si plus tard une série de springjacks se trouvait usée, on pourrait facilement la remplacer par une série neuve.

En adoptant le principe du commutateur multiple de la Western electric Company, MM. Mix et Genest à Berlin ont construit un multiple modifié d'après les idées de M. Oesterreich¹⁾, qui se distingue de l'autre par le fait qu'il demande moins de fils de communication. Chaque springjack, au lieu de trois bornes, n'en a que deux auxquelles s'attachent les fils. Mais pour essayer si un abonné demandé n'est pas déjà pris, il faut deux systèmes de fiches au lieu d'un seul, une fiche d'essai et une paire de fiches pour la communication définitive; les manipulations pour réunir les fils de deux abonnés deviennent ainsi plus nombreuses. La construction de ces multiples est d'ailleurs très soignée, comme tous les appareils sortant de cet atelier que nous avons eu l'occasion d'examiner.

Les manipulations les plus rapides sont obtenues avec le système Law. Nous notons comme un tour de force qu'un employé a établi 53 communications dans un espace de temps de 5 minutes.

Le service des commutateurs multiples exige que chaque abonné porte un numéro. Mais à cause de l'augmentation ou de la transformation du réseau, il arrive par ci par là qu'un abonné soit mis sur un autre fil, il faut pourtant lui conserver son numéro; il est donc nécessaire de pouvoir croiser les fils entre les parafoudres de la station centrale et les multiples. M. Baumann a, à cet effet, proposé une table de commutation, se composant d'un plan d'autant de fils parallèles

en bronze qu'il y a d'abonnés. Chacun de ces fils est en communication avec le fil aérien d'un abonné. A peu de distance au-dessous de ce plan, il y a un second plan d'autant de fils parallèles qui vont aux multiples. Les fils des deux plans se croisent à angle droit. Avec une espèce de crochet en métal on peut établir le contact d'un fil supérieur avec un fil quelconque inférieur et ainsi conserver à chaque abonné son clapet et son numéro, malgré tous les changements qui s'opèrent sur les lignes. Malheureusement cet arrangement est un peu encombrant dans ces proportions; un réseau de 800 abonnés demande un plan de 5^m,6 de longueur sur 2^m,4 de hauteur.

La plus belle et la plus grande station centrale en Europe est probablement celle de Stockholm. La Société a construit une maison spécialement dans ce but. La salle des multiples a la hauteur de deux étages, reçoit la lumière d'en haut et est éclairée pendant la nuit par des lustres avec lampes incandescentes. Elle est richement ornée et produit un effet splendide. Les multiples sortent des ateliers renommés de M. Ericsson. Dans les autres parties de la maison, il y a des appartements pour tous les besoins de la Direction d'un grand réseau, laboratoires pour les piles, magasins pour les appareils, bureaux pour les ingénieurs, garderobes, chambres et bains pour les directrices et téléphonistes, etc.; au-dessus de la maison s'élève une construction énorme en fer façonné, de laquelle partent les fils aériens.

La nouvelle station centrale de New-York a peut-être des dimensions encore plus grandes. Les multiples se développent sur une longueur de 90^m et sont arrangés pour 6000 abonnés. Le montage de ces multiples a demandé 4800 kilomètres de fil et un million de soudures. Pendant les heures les plus actives, chaque téléphoniste ne dessert que 50 abonnés.

A Manchester on a réuni les différentes centrales du réseau en une seule station centrale. La salle des multiples a 36^m de longueur et 7^m de largeur. Les lignes interurbaines sont réunies sur un commutateur spécial et chaque série de 10 fils interurbains est desservie par un téléphoniste. Les ordres à donner à ces téléphonistes sont écrits sur de petits feuillets de papier.

La station centrale de Brooklyn se distingue par le fait que tous les fils qui entrent dans la maison sont souterrains.

Avant de quitter les stations centrales, nous mentionnons encore un curieux système qui a été proposé en Amérique. Dans plusieurs villes des Etats-Unis, les canalisations pour la lumière électrique sont déjà considérablement développées. Or, l'auteur du projet pro-

¹⁾ Zeitschrift für Elektrotechnik, VI, page 435.

pose d'utiliser les courants circulant dans ces conduites pour remplacer les piles microphoniques. Il faut relativement peu de force électro-motrice pour une de ces piles, disons 2 volts; on cherche donc deux points du circuit de lumière qui présentent cette différence de potentiel et on les combine à travers le microphone et le circuit primaire de la bobine d'induction. Par cet emprunt la canalisation électrique ne souffre pas, pratiquement parlant, car du courant de lumière rien n'est perdu; mais pour la téléphonie une pile microphonique spéciale chez l'abonné devient superflue, les stations d'abonnés n'ont donc besoin d'aucune pile si les courants d'appel sont produits par une machine magnéto-électrique.

Le problème de réunir *plusieurs stations téléphoniques sur un seul fil* occupe toujours les esprits inventifs. Un des arrangements les plus marquants est celui de l'ingénieur D. Sinclair,¹⁾ qui remplit un but analogue à celui du système de MM. Ericsson et Cedergerren, décrit dans cette étude. Au point où un fil téléphonique partant de la station centrale se bifurque en étoile pour desservir plusieurs abonnés, on établit le commutateur automatique. Ce commutateur contient pour chaque abonné un électro-aimant avec clapet, un relais, deux mouvements d'horlogerie, chacun pourvu d'un électro-aimant. Il faut en outre une pile locale pour compléter l'installation. La manipulation pour la station centrale, quand elle veut appeler un des abonnés, ressemble beaucoup à celle demandée pour le système Ericsson et Cedergerren, mais celle des abonnés est plus compliquée. Sans dessins nous ne pouvons pas entrer dans le détail des différentes opérations intentionnelles et automatiques et poursuivre les chemins que parcourt le courant. Nous ne savons pas non plus où le système est en activité, mais notre impression générale est que ce nouveau système ne peut pas mettre son rival à l'ombre. On remarque d'abord que le système Sinclair demande une pile locale et deux mouvements d'horlogerie, qui sont à soigner et à remonter de temps en temps. Toutefois il est à désirer qu'on fasse aussi avec ce système des expériences pratiques pour déterminer lequel des deux est moins sujet à des dérangements.

M. Tommasi a proposé un système de téléphonie multiple. Si l'on coupe un circuit téléphonique pendant que deux interlocuteurs s'en servent, pour une durée de seulement $\frac{1}{32}$ d'une seconde, on ne peut pas remarquer une interception des paroles parce que la perception du son dans le cerveau remplit le court intervalle de l'interruption. On se convainc de ce fait très facilement en produisant dans le téléphone un son

musical continu et en coupant le circuit pour une durée de $\frac{1}{32}$ de seconde. L'effet produit sur l'oreille est celui d'un son continu. Ce qui a lieu pour une interruption reste vrai si les interruptions se multiplient; on pourrait donc utiliser les intervalles pour d'autres conversations. Supposons deux roues avec des rotations synchroniques, faisant 4 révolutions complètes en une seconde, chaque roue étant divisée en 8 secteurs et chaque secteur produisant 5 contacts *a, b, c, d* et *e*, cinq paires d'interlocuteurs pourraient parler simultanément sur le même fil, chaque paire d'interlocuteurs aurait la ligne 32 fois par seconde et les interruptions n'auraient pas tout-à-fait la longueur de $\frac{1}{32}$ de seconde. Nous n'insistons pas sur les difficultés énormes que rencontrerait un pareil système quand on voudrait lui donner une forme pratique.

Les boîtes à 2 clapets, que nous avons introduites dans la téléphonie¹⁾ et qui ont pour but d'intercaler sur un seul fil deux stations téléphoniques, ont subi différentes modifications et sont devenues d'un usage assez fréquent. M. Sack a tout dernièrement indiqué plusieurs méthodes pour ramener automatiquement le levier dans sa position de repos. Il combine, par exemple, le levier avec le crochet automatique du téléphone récepteur au moyen d'un fort ressort à boudin. Quand, après avoir fait usage du téléphone, on le suspend à son crochet, ce crochet attire alors le levier dans sa position de repos. Mais pour effectuer ce mouvement il faut un téléphone récepteur très lourd, comme ceux de la maison Siemens et Halske. Les autres propositions pour le mouvement automatique du levier de la boîte à deux clapets sont indiqués dans le brevet allemand N° 42 899 du 10 Juin 1887.

6. *Théorie.* — Nous terminons notre coup-d'œil rétrospectif par la citation d'un beau travail de M. Madsen sur l'équation téléphonique²⁾. Le problème de la téléphonie à grande distance peut, sous certains rapports, être comparé avec le problème de la télégraphie à travers les câbles transatlantiques. On a posé les premiers câbles sans connaître à fond les principes mathématiques sur lesquels se base cette spécialité de transmission, et la conséquence fut un complet insuccès des premières expériences. Sir William Thomson a plus tard développé l'équation de la télégraphie océanique, dont la forme la plus simple est $x = \frac{K}{RC}$, où x indique combien de fois on peut télégraphier le mot „Paris“ à travers le câble pendant une minute, R est

¹⁾ *Elektrotechnische Zeitschrift*, VIII, 406.

¹⁾ Voir *Journal télégraphique*, vol. VII, pages 147 et 189.

²⁾ Voir *Elektrotechnische Zeitschrift*, vol. IX, page 462.

la résistance totale du circuit en ohms et C la capacité totale du circuit en microfarads. K est un coefficient qui varie suivant les instruments dont on se sert pour la transmission. Pour le siphon-recorder de Sir William Thomson K monte jusqu'à 130 millions, pour l'appareil rapide de Wheatstone il descend jusqu'à 12 250 000. En décomposant R et C en lr et lc , où l est le nombre des unités de longueur du câble et r et c la résistance et la capacité de l'unité de longueur, on obtient $x = \frac{K}{l^2 \cdot r \cdot c}$ et on reconnaît tout de suite la loi des carrés des distances. Avec cette équation, la construction des câbles océaniques est devenue absolument sûre pour toutes les distances et toutes les profondeurs.

On a essayé d'appliquer la même équation à la téléphonie à longue distance; les valeurs de x et K changent naturellement. Qu'est-ce que x pour la téléphonie? Pour la télégraphie cette formule est très précise, elle représente une quantité, mais en téléphonie elle représente une qualité qui ne peut pas être fixée numériquement. Cette qualité, c'est le degré de clarté des paroles transmises par le téléphone. Tout est vague et dépend de l'appréciation individuelle, de la perfection des appareils, de la puissance de l'ouïe, de la manière de prononcer les paroles, etc.; il est donc extrêmement difficile de fixer x pour la téléphonie, et par conséquent le coefficient K devient incertain et oscille entre des limites très éloignées. Toutefois, par de nombreuses expériences sur les lignes interurbaines partant de Copenhague, M. Madsen est arrivé à établir pour x une moyenne d'une conversation suffisante et à déterminer pour cette moyenne qu'il représente par le chiffre 100 le coefficient 300 000, de sorte que l'équation téléphonique serait $100 = \frac{300\,000}{RC}$. Dans cette équation il n'est pas tenu compte de l'induction propre, cette formule n'est donc applicable que dans le cas où la ligne se compose de fil de bronze et où les instruments intercalés ont une induction propre négligeable.

D^r ROTHEN.

P. S. relatif à l'organisation des stations centrales.

M. le Conseiller des postes Oesterreich vient de publier dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* (vol. VIII, page 339) une note qui a pour but de rectifier quelques erreurs que j'aurais commises en citant le réseau de Berlin dans mon „Etude sur la téléphonie.“

J'avais exprimé la pensée (page 54) qu'il était préférable, dans un réseau téléphonique, de faire converger tous les fils des abonnés vers un même point, que de les répartir entre plusieurs stations centrales. M. Oesterreich tient à démontrer que la centralisation dont je préconise les avantages n'est pas applicable à Berlin, dont le réseau compte aujourd'hui près de 7000 communications établies et 1000 autres en projet, sans compter les 120 à 150 demandes qui se produisent mensuellement.

Lorsque j'exprimais sur cette question mon opinion *toute personnelle*, je n'avais certainement pas l'idée d'en pousser les conséquences à l'absurde; il est bien évident que le nombre des abonnés peut atteindre des chiffres tels qu'il devienne nécessaire d'établir une seconde station centrale, ou, pour mieux préciser les choses, je suis d'avis qu'il faut créer une nouvelle station centrale quand le nombre de springjacks généraux que l'on peut appliquer à un multiple ne suffit plus pour desservir tous les abonnés. En admettant qu'on ait adopté un système de multiples avec une capacité de 4000 springjacks généraux, on sera obligé d'installer n stations centrales si le réseau possède $n \times 4000$ abonnés. J'ai d'ailleurs exposé les considérations qui m'ont conduit à ma manière de voir concernant la réduction des stations centrales. Mes idées personnelles à cet égard peuvent être erronées, mais je crois que le développement ultérieur de la téléphonie pourra seul donner une réponse définitive à cette question.

En ce qui concerne les switchboards dont j'ai parlé comme étant en usage „en Allemagne“, je me suis laissé guider par le „Lehrbuch der Telephonie und Mikrophonie von C. Grawinkel“, seconde édition de 1884, dont la II^e partie „Die Fernsprecheinrichtungen der deutschen Reichs-Post- und Telegraphenverwaltung“ traite spécialement des installations de l'Empire germanique, décrites par un fonctionnaire supérieur de l'Administration des postes. A la page 213 de ce traité est représenté un des switchboards allemands à 50 numéros, et à la page 226 l'auteur explique la communication des switchboards entre eux. Chacun de ces derniers a 66^{cm} de largeur, et si l'on tient compte encore de l'emplacement nécessaire pour les téléphones des employés de la station centrale et pour les autres accessoires on arrive à des dimensions assez étendues. J'ai eu l'occasion de voir la station centrale établie à Mulhouse en Alsace, et j'y ai constaté qu'un nombre très-restreint d'abonnés demandait en effet un local assez spacieux.

Je tiens à ajouter que sur la question des switchboards je n'avais pas cité particulièrement les installations de Berlin. Mais je suis heureux d'avoir fourni à M. Oester-

reich l'occasion de donner quelques détails intéressants sur le fonctionnement de ce réseau. Il nous apprend que la moyenne des communications y monte jusqu'à 22 par abonné et par jour. Ce chiffre est certainement très élevé, et à ma connaissance il dépasse de beaucoup toutes les moyennes établies pour d'autres villes. J'ai moi-même constaté pour Genève, où le service téléphonique est des plus actifs, les moyennes suivantes :

Octobre 1886	. . .	6,07
Novembre	, . .	5,03
Décembre	, . .	5,45
Janvier 1887	. . .	5,43
Février	, . .	4,09
Mars	, . .	5,05
Avril	, . .	5,41
Mai	, . .	5,35
Juin	, . .	6,06

On admet en outre à Berlin un maximum de 400 communications par employé et par jour, d'où suit la nécessité de faire fonctionner, pendant les heures les plus occupées, trois employés devant un seul switchboard. A Genève au contraire, chacune des dames chargées du service établit de 700 à 1000 communications par jour; une employée suffit donc pour desservir 100 abonnés, même pendant les heures où le travail est le plus actif.

Il résulte de ces faits qu'à Berlin les switchboards doivent nécessairement être beaucoup plus larges qu'à

Genève; mais c'est là un cas exceptionnel et qui n'infirmes pas l'ensemble de mes données.

Le seul point sur lequel je me suis peut-être trompé, c'est au sujet de la communication entre les switchboards. J'ai supposé une situation intermédiaire entre l'ancien système et le multiple d'aujourd'hui en me laissant guider par les articles parus dans la „Elektrotechnische Zeitschrift“, surtout par ceux du vol. VI, page 14, et du vol. VII, page 28. Il ne m'a pas été possible, en effet, de trouver dans aucun journal scientifique des indications positives sur l'emploi, en Allemagne, du nouveau système de multiples. Un fonctionnaire supérieur de l'Administration allemande décrit bien ce système dans la „Elektrotechnische Zeitschrift“, vol. VI, p. 157, mais il ne dit nulle part qu'il soit employé à Berlin ou sur l'un des autres réseaux allemands.

Je remercie M. Oesterreich des renseignements qu'il a bien voulu nous donner à cet égard, et je suis satisfait d'apprendre que nous aurons bientôt, d'une plume aussi compétente que la sienne, une description complète des installations téléphoniques de Berlin.

Ce qui me semble ressortir évidemment des indications qui précèdent, c'est que la téléphonie fait des progrès si rapides que ce qui s'écrit aujourd'hui ne sera plus complètement exact demain; j'ai eu maintes fois l'occasion de constater ce fait qui ne peut d'ailleurs que réjouir tous les véritables amis de la science.

Berne, le 11 Août 1887.

D^r ROTHEN.



