

5. INFRASTRUCTURES

Jusqu'à présent, le lecteur a découvert l'histoire des technologies, des services et des équipements qui sont en contact direct avec l'utilisateur, par exemple les outils du langage, les livres, les imprimantes, les appareils téléphoniques, les applications de transmission et d'échange de messages, les réseaux sociaux, la radio, la télévision et le multimédia. Dans les prochains sous-chapitres, nous allons explorer ce qui s'est passé derrière les coulisses pour faire évoluer tous ces outils de communication et d'information. Je vais commencer à décrire les techniques et les équipements qui sont à la base des connexions entre les appareils téléphoniques.

5.1. La bonne vieille ligne téléphonique

Nous avons déjà appris que les premiers appareils téléphoniques, installés au Luxembourg en 1885, étaient du type Boettcher et basés uniquement sur l'effet électrodynamique. Pour connecter

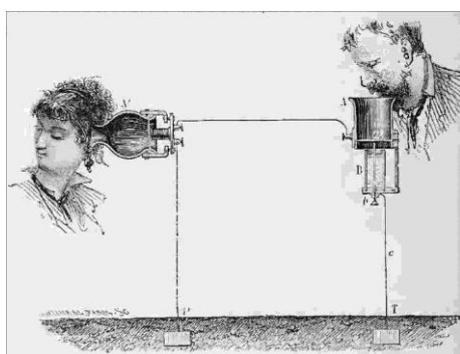


Schéma d'une connexion téléphonique

l'émetteur, composé d'un microphone avec capteur magnétique de sons, à un récepteur, constitué d'une membrane mise en mouvement par le courant électrique, on avait besoin de deux conducteurs de transmission d'électricité. En Europe, tous les opérateurs de téléphonie, à l'exception de la France, utilisaient au début seulement un fil métallique pour connecter un poste téléphonique, une connexion à la terre servait de deuxième conducteur commun pour l'ensemble des raccordements. L'image à gauche montre la configuration d'une communication établie entre un appelant et un appelé. Pour permettre à deux interlocuteurs téléphoniques de parler en même temps (communication duplex), un circuit astucieux, à base de bobines, installé dans

chaque appareil téléphonique, découplait les signaux de réception et d'émission sur les mêmes conducteurs.

L'objectif de la téléphonie n'était pas l'établissement d'une communication point à point entre deux individus, mais la possibilité d'appeler n'importe quel personne équipée d'un poste téléphonique. Deux outils étaient requis pour ce faire. Il fallait d'abord un point de connexion commun entre tous les abonnés au téléphone. Ensuite, on avait besoin d'une liste publique de tous les abonnés, avec leurs noms et leurs références pour les appeler. Le point de connexion commun est appelé un central ou un commutateur. Au début, il n'y avait qu'un seul commutateur installé dans l'ancien bâtiment des Postes à Luxembourg-Ville. Il s'agissait d'un tableau manuel où la connexion entre l'appelant et l'appelé était assurée par un opérateur humain, moyennant une fiche de connexion. D'autres commutateurs ont été ajoutés progressivement dans le pays pour aboutir à une structure de commutation hiérarchisée. Ensuite, les tableaux manuels ont été remplacés par des commutateurs automatiques électromécaniques, puis semi-électroniques, puis par quelques centraux numériques avec des concentrateurs et finalement par un large réseau tout IP. Cette évolution technique spectaculaire sera racontée dans le prochain sous-chapitre. Dans le présent sous-chapitre, je vais me focaliser sur l'évolution des raccordements des postes téléphoniques aux commutateurs et sur l'implantation géographique de ces derniers.

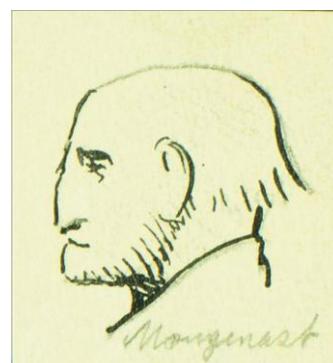
En ce qui concerne la référence pour appeler un abonné téléphonique, on parlait dès le début de numéros téléphoniques. Les listes avec ces numéros sont rapidement devenues des annuaires volumineux. Le récit de l'aventure de l'édition des annuaires téléphoniques mérite une place séparée dans un prochain chapitre.

5.1.1. Premier réseau téléphonique

Lors de la création et extension du réseau téléphonique national, l'Administration des Postes et Télégraphes était dirigée par Félix Neuman (1885 – 1904) et par Georges Faber (1904 – 1924). Tous les deux étaient juristes. Le premier inspecteur des Télégraphes, Jean-Philippe Bourg, de formation ingénieur, venait de décéder le 15 octobre 1885. Son poste est resté vacant pendant presque sept ans et a été attribué ensuite à Arthur Knaff, en juillet 1892. Celui-ci ne pouvait plus exercer ses fonctions, à partir de l'année 1903, en raison de son mauvais état de santé. En juillet 1904, Victor Clément, ingénieur-mécanicien de l'université de Liège et ingénieur-électricien de la Hochschule de Charlottenburg, a été attaché à la direction de l'administration. Il a été nommé Inspecteur des Télégraphes en septembre 1906, pour une courte durée, car il décéda en 1914 à la suite d'une fièvre cérébrale. Son successeur était Jean-Pierre Fischer, ingénieur diplômé de l'École Polytechnique d'Aix-la-Chapelle. Il est resté jusqu'en 1921 où la démission honorable lui fut accordée sur sa demande.

Chef de projet : Mathias Mongenast

On peut se demander comment était-ce possible de construire un réseau téléphonique dans cette situation catastrophique au niveau du personnel de la direction technique. La réponse est simple. Le vrai dirigeant du projet était Mathias Mongenast, un homme d'État à tendance libérale. De 1882 à 1915, il était Directeur général des Finances, l'équivalent de ministre de nos jours. Les postes et télégraphes étaient dans ses attributions, à côté des autres domaines suivants : chambre des comptes, recette générale, contributions directes, accises, cadastre, enregistrement, douanes, caisse d'épargne, crédit, dette publique, monnaies, comptabilité publique, service des pensions, frais des adjudications publiques, enseignement supérieur, arts et sciences, assurances. La réunion de toutes ces responsabilités dans une même personne lui a probablement facilité la tâche pour prendre des décisions, donner des ordres, régler des problèmes et procéder à des achats pour les besoins de la mise en place du réseau téléphonique, pendant toute sa période d'activité. Il surveillait les chantiers sur le terrain, visitait les centraux téléphoniques et les bureaux télégraphiques, participait à des réunions importantes au niveau national et international.



Portrait par Pierre Blanc 2014

Après son départ du gouvernement en 1915, Mathias Mongenast est devenu membre du Conseil d'État.

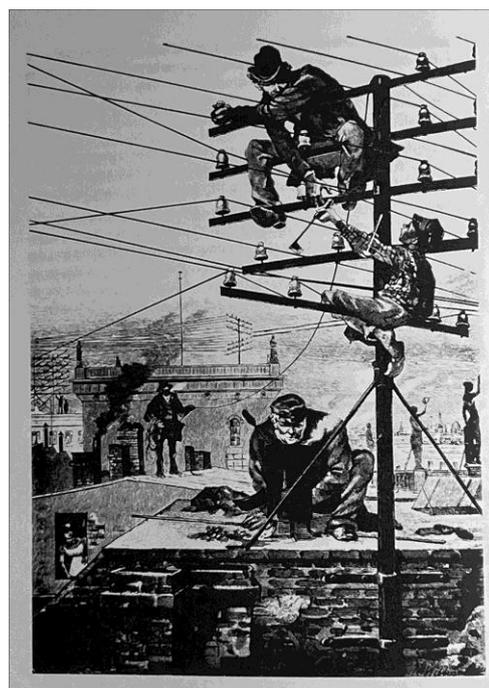
Structure du réseau

Les premiers postes téléphoniques ont été installés dans les bureaux télégraphiques. En juin 1885, cinq bureaux étaient équipés, fin 1885, le nombre était de 12, et en mi-1886, de 16. Le service téléphonique public a été introduit par la loi du 20 février 1884. Comme l'administration des Postes et Télégraphes ne disposait seulement de 3 employés techniques dont aucun n'avait une compétence dans la téléphonie, le gouvernement luxembourgeois avait sollicité le support de l'Allemagne pour construire le premier réseau téléphonique luxembourgeois auprès du secrétaire d'État des Postes allemandes, Dr Heinrich von Stephan. En avril 1884, l'« Ober-Telegrafenasistent » Schlegelmilch de Berlin venait à Luxembourg pour tracer un plan et pour établir un devis. Sur demande du gouvernement, Schlegelmilch fut à nouveau délégué à Luxembourg à partir de mai 1884, accompagné de trois contremaîtres allemands, pour diriger les travaux de construction du réseau local.

L'étendue du premier réseau téléphonique comprenait la ville haute et les faubourgs de Luxembourg, ainsi que les localités de Dommeldange, Eich, Septfontaines, Merl, Hollerich,

Bonnevoie, Pulfermühl, Schleifmühl, Hamm et Neudorf. Le bureau central téléphonique fut installé dans l'ancien bâtiment des postes qui se trouvait à l'emplacement de l'Hôtel des Postes actuel.

Comme cet immeuble n'avait pas la hauteur requise pour dominer les maisons voisines, une construction en charpente avec toiture a été aménagée sur le bâtiment pour hausser le point de départ des lignes, qui devaient passer au-dessus des maisons. À l'intérieur de la ville, des poteaux tubulaires avec des traverses étaient ancrés dans les charpentes des maisons les plus hautes pour fixer les isolateurs en porcelaine qui portaient les lignes métalliques. Dans les faubourgs et les environs de la ville, les lignes furent supportées par des poteaux en bois, plantés dans le sol.



Montage de lignes téléphoniques aériennes

L'ouverture du réseau a eu lieu le 1^{er} octobre 1885, sans tambour ni trompette. Il comportait quatre artères. Une première artère comprenait 48 lignes et passait en direction de la Gare et de Hollerich, avec des embranchements vers Bonnevoie, Pulfermühl, Schleifmühl, Gasperich et Kockelscheuer. Une deuxième artère avec 24 lignes se terminait au Palais de Justice et passait par la Grand-Rue et le Marché-aux-Herbes. Une troisième artère avec 26 lignes se dirigeait vers Eich, Clausen, Fetschenhof et Neudorf, avec un embranchement vers Limpertsberg. La quatrième artère

de 5 lignes longeait l'avenue Marie-Thérèse pour aboutir au convict épiscopal. Lors de l'ouverture du réseau, 91 abonnés étaient raccordés au tableau manuel, dont 76 abonnements privés et 15 abonnements de service. Une année plus tard, le nombre des abonnés était de 163.

Parmi les abonnés privés se trouvaient plusieurs avocats, banquiers, médecins, députés, imprimeurs, bouchers, commerçants et des industriels comme Funck, Heintz van Landewyck, Metz, Mousel, Neuberg, Villeroy-Boch.

Les fils électriques utilisés pour les lignes étaient en bronze phosphoreux d'un diamètre de 1,25 mm. Pour une longueur totale des lignes dépassant 21 km, environ 100 km de fil ont été utilisés pour la construction des quatre artères.



Appareil public Théatrophone

Pour faire de la propagande pour le réseau téléphonique, l'administration des Postes et Télégraphes avait installé un microphone au kiosque de la place d'armes, permettant aux abonnés d'écouter les concerts donnés par la musique militaire. Quelques années plus tard, cette forme d'audition est devenue très populaire à Paris, sous le nom de « Théatrophone », pour écouter des opéras. On trouvait même dans les rues de Paris des appareils publics à monnaies pour écouter. Le théatrophone fut mise au point en 1881 par Clément Ader et commercialisé à partir de



Affiche Théatrophone

1889 par la Compagnie du Théatrophone. L'extension du système a été freinée par plusieurs procès au sujet des droits d'auteur, mais il a fonctionné au moins jusqu'à fin 1936.

5.1.2. Réseau téléphonique national

À partir de 1886, des réseaux téléphoniques locaux ont été réalisés dans d'autres régions du pays. Ils sont énumérés ci-après par ordre chronologique. Une première extension était la création d'un central manuel à Mondorf-les-Bains, suivi par Esch-sur-Alzette et Remich. Douze localités ont été ajoutées en 1887 : Bettembourg, Diekirch, Ettelbruck, Mersch, Dommeldange, Redange-sur-Attert, Wiltz, Larochette, Cap, Saeul, Pétange et Rodange. La majorité de ces nouveaux centraux a été connectée au central de Luxembourg-Ville par des lignes directes, dites lignes interurbaines. Le dernier central de l'année en question, celui de Rodange, a été connecté le 10 décembre 1887. Quinze centraux supplémentaires ont été créés en 1888. : Wormeldange, Bascharage, Echternach, Steinfort, Clervaux, Rumelange, Vianden, Dudelange, Troisvierges, Differdange, Wecker, Weiswampach, Grevenmacher, Junglinster et Roodt. Les quatre localités de Rambrouch, Boulaide, Esch-sur-Alzette et Grosbous ont été ajoutées au réseau téléphonique national en 1889.

À la fin de l'année 1888, près de 300 lignes téléphoniques aériennes de la capitale et 15 lignes interurbaines étaient fixées au support central, monté sur le bâtiment postal de Luxembourg-Ville. L'encombrement de ces lignes créait des difficultés techniques et empêchait l'administration des Postes et Télégraphes de donner satisfaction aux demandes de raccordement en instance. Pour remédier à cette situation, le support central a été remplacé par une tourelle de dispersion. Pour décharger le commutateur manuel de Luxembourg-Ville, un deuxième point de connexion a été ouvert le 17 mai 1889 à Luxembourg-Gare. Vingt-sept abonnés habitant le quartier de la gare furent déconnectés du central de Luxembourg-Ville et raccordés au nouveau central de Luxembourg-Gare. Les deux centraux furent reliés entre eux par des lignes interurbaines.

Un modèle du réseau téléphonique national a été présenté en 1889 à l'exposition internationale de Paris. Une médaille d'or a été décernée à l'Administration à cette occasion pour les équipements exposés.

Induction électromagnétique

Au courant de 1889, les premiers problèmes techniques se manifestaient dans le réseau téléphonique, dont la mise en place dans toute l'étendue du pays était à peine terminée. Le premier problème était lié à l'induction. Comme les lignes aériennes pour raccorder les abonnés et pour interconnecter les centraux téléphoniques entre eux utilisaient un seul fil, avec retour du courant par la terre, elles étaient particulièrement sensibles à l'induction. Comme les fils, qui étaient rapprochés les uns des autres et placés en parallèle sur les poteaux, suivaient le même parcours sur une certaine distance, les faibles courants électriques d'une ligne téléphonique déterminée furent transmis par induction sur les lignes voisines. Une conversation échangée sur une ligne pouvait être écoutée sur les lignes avoisinantes. Lorsque plusieurs communications étaient établies en même temps, l'induction provoqua des bruits très gênants dans les récepteurs et se traduisait par une audition imparfaite et souvent inintelligible. Le problème se manifestait surtout sur les lignes interurbaines à cause de la longueur élevée. Il était aggravé si des lignes télégraphiques étaient installées le long des lignes téléphoniques, car on pouvait entendre distinctement les signaux de transmission du télégraphe.

Pour réduire les nuisances de l'induction, l'administration des Postes et Télégraphes proposait de remplacer les lignes interurbaines à un fil par des circuits à deux fils. Pour relier une ligne locale à un fil avec une ligne à deux fils, et inversement, il fallait intercaler une bobine, dite « translateur », entre les deux lignes. On pratiquait les premiers essais sur une ligne à double fil entre Mondorf-les-Bains et Remich. Les résultats étaient satisfaisants et on continuait à remplacer les lignes interurbaines entre la capitale et les localités d'Esch-sur-Alzette, Diekirch, Ettelbruck, Mersch et Wiltz. Dans une deuxième étape, on transformait les lignes vers Cap, Clervaux, Echternach, Redange-sur-Attert et Grevenmacher. En 1899, un total de 27 circuits directs à double fil, partant de la capitale vers les localités énumérées, était opérationnel, dont 12 vers Esch-sur-Alzette, 4 vers

Grevenmacher, 3 vers Diekirch et 2 vers Mersch. Les autres centraux n'étaient reliés qu'avec un seul circuit.

Ces changements apportaient une réduction des problèmes, mais le phénomène de l'induction restait pendant plusieurs décennies un véritable casse-tête pour l'administration. Ce n'est qu'à partir de 1924 que l'administration a commencé à modifier à double fil les lignes interurbaines secondaires, ainsi que les lignes de raccordement dans les localités d'une certaine importance. Ces travaux ont été conduits sous la responsabilité de Léon Klein, ingénieur-inspecteur des télégraphes.

Écoulement du trafic

L'adaptation continue de la capacité des lignes interurbaines à l'augmentation du trafic était un problème permanent jusqu'au début des années 2000. À la fin de la décennie 1880, lors de la création du réseau téléphonique national, il arrivait que les réseaux locaux dans le pays fussent terminés et que les abonnés pouvaient téléphoner entre eux, mais que la liaison avec la capitale n'était pas encore prête et que les abonnés d'un autre réseau local n'étaient pas accessibles.

Une fois que les liaisons étaient en service avec une ou deux lignes, l'abonné devait attendre des dizaines de minutes, voire plusieurs heures, avant d'être rappelé par le tableau de Luxembourg Ville pour établir la communication avec l'abonné souhaité. L'installation de lignes aériennes supplémentaires sur les liaisons interurbaines, la pose de câbles souterrains entre centraux, le recours à des circuits fantômes, l'exploitation de technologies analogiques de courant-porteur pour pouvoir transmettre plusieurs voies téléphoniques sur les circuits individuels dans les câbles souterrains, la mise en service de faisceaux hertziens analogiques et numériques interurbains, l'introduction de la transmission numérique PCM sur les câbles et finalement la pose de fibres optiques entre centraux étaient les différentes étapes pour augmenter continuellement la capacité d'acheminement de trafic interurbain. Hélas, malgré tous les efforts, on n'arrivait jamais à dépasser l'accroissement de la demande dans tous les secteurs. Ce n'est que grâce aux débits de transmission spectaculaires des fibres optiques que le problème de l'écoulement du trafic a été résolu une fois pour toutes au début du troisième millénaire. Les étapes énumérées seront présentées plus en détail dans les sous-chapitres qui suivent.

Pénurie de raccordements

La pénurie de raccordements dans certains secteurs était un autre problème récurrent. Face à des nombres de raccordements non-réalisables qui dépassaient parfois des centaines, voire des milliers de demandes dans certains réseaux locaux, la situation est devenue plusieurs fois critique et conduisait à des interventions politiques. Certes, le problème de pénurie de raccordements téléphoniques sur les câbles en cuivre avait disparu avant la fin du deuxième millénaire, mais il est réapparu il y a quinze ans dans le cadre des stratégies du gouvernement « le ultra haut débit pour tous » et le « Tout IP avec VoIP ». Le calendrier actuel de « POST Technologies » prévoit une couverture de 100% des localités au réseau LuxFibre fin 2025. Il sera détaillé dans le sous-chapitre « Commutation Tout IP ».

Dommages de guerre

Pour différentes raisons, je ne souhaite pas entrer dans les détails des atrocités commises par l'occupant allemand durant la première et la deuxième guerre mondiale. Je me limite à relever quelques détails techniques.

Dans la matinée du 2 août 1914, les militaires allemands ont occupé les centraux téléphoniques au Luxembourg. Dans la suite, plusieurs lignes ont été détruites, du matériel a été enlevé et le service téléphonique national public a été suspendu plusieurs fois pendant des périodes prolongées. Ce n'est qu'en septembre 1919 que le trafic international avec la Belgique et la France a été rétabli, après plus de cinq ans d'interruption. Tous les projets d'extension ou de modernisation du réseau téléphonique, planifiés par l'administration des Postes et Télégraphes à partir de 1914, ont été retardés ou abandonnés.

Lors de la deuxième guerre mondiale, c'était pire. Le service technique se vit incorporé dans le « Telegraphenbauamt Trier », dès avril 1941. Après la guerre, il fallait reconstruire tout le réseau téléphonique national et international. Au Luxembourg, il n'y avait plus de téléphone du tout sur les trois-quarts du territoire. Le réseau téléphonique au sud du pays a été durement éprouvé vers le début des hostilités, tandis que le réseau au nord du pays le fut sérieusement au cours de l'offensive des Ardennes.

Après la fin de la deuxième guerre mondiale en 1945, les travaux de réparation des installations téléphoniques et la remise en état des bâtiments ravagés se poursuivaient jusqu'en 1949. Sans se reposer, le service technique de l'administration des P.T.T. a commencé alors à planifier la modernisation du réseau. Il s'agissait de l'automatisation intégrale du réseau téléphonique national.

5.1.3. Réseau téléphonique international

Jusqu'au milieu des années 1950, il fallait passer par un opérateur pour faire établir manuellement une communication téléphonique internationale, bien que des relations avec l'étranger furent ouvertes la première fois avec la Belgique en 1898, avec la France en 1900, avec l'Allemagne en 1902 et avec la Suisse en 1904. Grâce au support des administrations de ces pays, il était possible au début des années 1900 de faire établir manuellement une communication téléphonique avec tous les pays d'Europe et avec la plupart des pays d'outre-mer. Une nouvelle étape débutait en 1952 avec la pose des nouveaux câbles suivants :

- Luxembourg, Wecker, Wasserbillig, frontière allemande
- Luxembourg, Ettelbruck, Heiderscheider-Grund, Doncols, frontière belge
- Luxembourg, Frisange, frontière française
- Luxembourg, Rodange, frontière belge

La longueur totale de ces câbles internationaux était de 265 km.

Pour le réseau téléphonique international, les mêmes technologies et les mêmes types d'équipements ont été utilisés que pour le réseau téléphonique national. Dans le présent sous-chapitre, je me limite à résumer l'évolution du réseau téléphonique international et quelques précisions seront fournies dans les sous-chapitres concernant les câbles de jonctions, les faisceaux hertziens, les fibres optiques, les commutateurs et les équipements de transmission.

L'automatisation du service téléphonique international débutait en 1957 avec la Belgique, d'abord avec Bruxelles, ensuite avec Anvers et finalement avec Liège. Une année après, c'était le tour de l'Allemagne : 48 liaisons reliaient le Luxembourg aux bureaux de Düsseldorf, Cologne, Francfort et Trèves. La connexion automatique réciproque totale entre deux pays, le Luxembourg et l'Allemagne, était une première mondiale. En 1961, une première étape d'automatisation avec la France a été réalisée. Elle était suivie par l'automatisation intégrale avec les Pays-Bas en 1962 et avec la Suisse en 1963. À ce moment, plus de 70% volume du trafic international au départ du Luxembourg était automatique et le Grand-Duché se trouvait une fois de plus à la tête des pays européens.

La première liaison internationale par faisceau hertzien a été établie avec l'Allemagne, c'était en 1978. Neuf ans après, en 1987, l'Allemagne était également le partenaire pour la mise en service de la première ligne internationale par fibre optique.

5.1.4. Liaisons de télécommunications

Différentes technologies ont été utilisées pour interconnecter les centraux de commutation téléphonique sur les plans national et international. Les liaisons interurbaines au Grand-Duché étaient initialement basées sur des câbles aériens, puis sur des câbles souterrains. Jusqu'à la fin des années 1960, il s'agissait de câbles souterrains pupinisés. Au début des années 1970, les premiers câbles coaxiaux et les premiers faisceaux hertziens ont été installés. Pour les liaisons internationales, ces mêmes technologies ont été employées, mais on recourait en outre aux liaisons par satellites et aux câbles sous-marins. À partir du milieu des années 1980, les liaisons nationales et internationales commençaient à être dominées par les fibres optiques. Au niveau international, l'Administration des

P&T s'est tôt engagée dans la location de circuits ou l'achat de droits de passage sur les liaisons à longues distances.

L'évolution des câbles et des équipements de transmission pour exploiter les liaisons de télécommunications nationales et internationales est présentée dans les paragraphes suivants du présent chapitre. Un chapitre séparé est dédié à l'histoire luxembourgeoise des satellites.

Liaisons interurbaines aériennes

Nous avons appris que l'induction électromagnétique, qui perturbait les lignes aériennes basées sur des circuits à fil unique, était longtemps un véritable casse-tête pour l'administration. Le remplacement de ces circuits par deux fils apportait une réduction du problème, mais n'était pas la solution miracle. Il fallait donc rapidement trouver une autre alternative pour résoudre ce problème. Elle se présentait sous forme de câbles souterrains.

Liaisons interurbaines souterraines

Les premiers câbles téléphoniques souterrains étaient composés de fils conducteurs en cuivre qui étaient isolés au papier et encaints dans une enveloppe de plomb pour protéger l'ensemble. Lors de la transmission de signaux électriques dans ces câbles, on rencontrait un nouveau problème, lié à la



Câble souterrain BK1 de 1920

distance à parcourir, à savoir l'affaiblissement et la distorsion du signal. Deux innovations technologiques majeures ont permis de faire face à cette contrainte.

Le premier remède était la pupinisation des câbles en plaçant des bobines à des intervalles réguliers sur le tracé pour assurer un affaiblissement linéique dans la gamme de fréquences de la voix téléphonique. Il était alors possible de faire des communications à longues distances sans passer par des éléments actifs. C'est le physicien américain d'origine serbe

Michael Pupin qui a inventé et breveté cette technique, nommée « bobine Pupin », en 1899.

Le premier câble pupinisé a été posé en 1920 par une firme anglaise entre Luxembourg et Ettelbruck. Il portait la désignation BK1 et il a fait l'objet de travaux d'adaptation et de rééquilibrage

par l'entreprise Land- und Seekabelwerke AG Köln en 1964. Il a été en service jusqu'au début des années 1990 pour des usages secondaires.



câble coaxial

Le deuxième remède pour faire face à l'affaiblissement des signaux était l'installation d'amplificateurs intermédiaires à tubes qui n'ont pas été utilisés au Luxembourg, car les bobines Pupin étaient suffisantes pour maîtriser les distances maximales au niveau national.

Les moyens pour acheminer plusieurs voies téléphoniques sur deux paires de circuits ont été introduits dans le sous-chapitre « Écoulement de trafic ». Avant d'aboutir à la technique des fibres de verre pour installer des liaisons interurbaines, un bref interlude fut joué par des câbles coaxiaux vers la fin des années 1970, lorsque la pupinisation de nouveaux câbles a été abandonnée.



câble optique

Faisceaux hertziens

À partir des années 1950, les technologies radioélectriques offraient une qualité de transmission équivalente aux câbles téléphoniques. L'Administration des P&T avait installé en 1969 un premier faisceau hertzien analogique entre Luxembourg et Esch-sur-Alzette. Il utilisait la bande de fréquence 7,5 GHz et avait une capacité de transmission de 960 voies téléphoniques, respectivement d'un canal TV.

Dans ces bandes de fréquences élevées, les ondes radioélectriques ont des propriétés de propagation qui se rapprochent de celles de la lumière. Elles peuvent être concentrées en faisceaux de faible diamètre, moyennant des antennes paraboliques, d'où le nom de la technique. Une vue directe, sans obstacle, entre les deux stations doit exister pour garantir la réception des signaux.

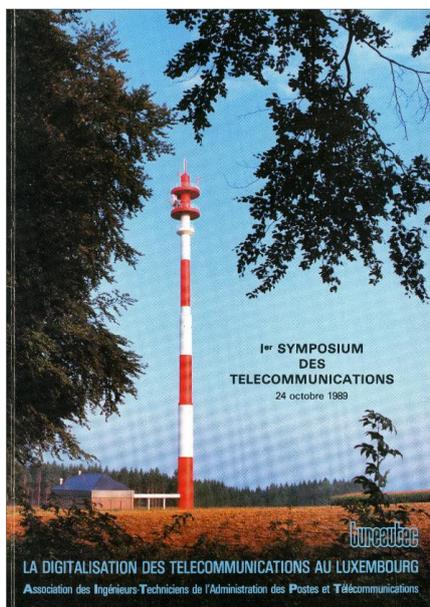
La longueur totale des liaisons par faisceaux hertziens s'élevait à 19,2 km en 1971, à 64,2 km en 1974 et à 82,2 km en 1976. Les travaux de réalisation d'un premier faisceau hertzien avec l'Allemagne avaient démarré en 1977 et une liaison Luxembourg - Kell 1 – Welschbillig a été mise en service en 1978.

À Luxembourg, les antennes des faisceaux hertziens étaient montées sur le bâtiment Tour du Parlement européen au Kirchberg.

Un faisceau hertzien mobile, monté sur un camion, permettant l'établissement d'une liaison de secours dans le cas de la coupure d'un câble de jonction, a été acquis en 1983. À titre d'exemple, je signale que cette solution a été mise en œuvre 17 fois en 1987.

En 1983, des faisceaux hertziens numériques entre Luxembourg et la Belgique ont été mis en service pour les besoins des institutions européennes et de la CLT. Une année plus tard, une liaison hertzienne entre Neidhausen et Bastogne, avec un débit de 34 Mbit/s, fut installée pour l'acheminement du trafic téléphonique international avec la Belgique.

En 1986 le faisceau hertzien analogique existant avec l'Allemagne a été doté d'un canal 2 Mbit/s pour accéder au réseau vidéoconférence de la Bundespost.



1 symposium des télécommunications

Les faisceaux hertziens numériques, mis en place à partir de 1988, transmettaient des signaux de 140 Mbit/s dans la bande de fréquence 6 GHz, ce qui a permis d'acheminer 1.920 voies téléphoniques entre deux points.

En 1989, une tour d'une hauteur de 90m a été construite à Blaschette pour installer des faisceaux hertziens numériques avec la France et l'Allemagne, ainsi que sur le plan national avec le central de Belvaux. Ce dernier a également été relié par faisceau hertzien au central d'Esch-Wobrecken.

Armand Erpelding, le chef du service radio de la Division des Télécommunications, a expliqué le fonctionnement des faisceaux hertziens numériques lors de la Bureautec, en octobre 1989, dans le cadre du premier symposium des télécommunications organisé par l'association des ingénieurs techniciens de l'Administration des P&T.

Un canal supplémentaire a été ajouté en 1992 au faisceau hertzien numérique 140 Mbit/s avec l'Allemagne pour servir de secours au câble optique international entre les deux pays. En 1993 un dernier faisceau hertzien a été mis en service avec la Belgique. Dans la suite, l'avenir appartenait à la fibre optique.

Câbles sous-marin

La date de mise en service du premier câble téléphonique sous-marin entre l'Europe et l'Amérique est relativement récente. Ce n'est que le 25 septembre 1956 que le câble dénommé TAT-1 (Transatlantic Telephone Cable), avec 48 voies téléphoniques, posé entre la Grande-Bretagne et les États-Unis, a été inauguré. La grande longueur de ce câble nécessitait l'installation d'amplificateurs à des intervalles réguliers au fond de l'océan. Il fallait attendre la mise au point d'équipements robustes et miniaturisés avant de pouvoir réaliser la première liaison par câble sous-marin.

D'autres câbles de la série TAT ont été ajoutés dans les années suivantes. En 1988, TAT-8 était le premier câble sous-marin à fibres optiques qui pouvait acheminer 40.000 voies téléphoniques sur une liaison à 280 Mbit/s. Le dernier de la série était TAT-14, inauguré en 2001 et décommissionné

en 2020. Il assurait une liaison sous-marine entre les États-Unis, l'Angleterre, la France, les Pays-Bas, l'Allemagne et le Danemark.

Aujourd'hui, plusieurs centaines de câbles sous-marins sont opérationnels, avec une longueur totale qui excède 1.3 million de kilomètres. Historiquement, les premiers câbles sous-marins ont été financés par des puissants opérateurs de télécommunications, comme ATT, Cable-Wireless, France Telecom, Level3, Verizon, etc, qui fournissaient ensuite le service à leurs clients et à d'autres opérateurs. Depuis le début du troisième millénaire, les investisseurs majoritaires sont les géants de l'Internet (GAFAM : Google, Apple, Facebook, Amazon, Microsoft). Les câbles sous-marins sont devenus la clé de voûte de l'Internet.

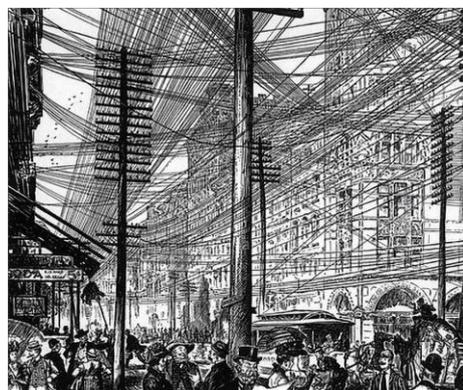


Siège Jean de Nul

Plusieurs sites web publient des cartes mondiales des câbles de télécommunications sous-marins avec des informations détaillées, par exemple « telegeography.com » ou « eurafibre.fr ». Parmi les entreprises de pose de câbles sous-marins, comme « Alcatel Submarine Networks » ou « Louis Dreyfus TRAVOCEAN », se trouve également le groupe luxembourgeois « Jean de Nul », ayant son siège à Capellen.

5.1.5. Raccordements d'abonnés par câbles souterrains

En juin 1905, le directeur de l'administration des postes et télégraphes Georges Faber informa Mathias Mongenast que les abords du bureau manuel de la capitale étaient complètement bouchés par des lignes téléphoniques et qu'il n'était plus possible de raccorder des nouveaux abonnés, malgré la construction de la tourelle de dispersion à Luxembourg-Ville et la mise en place du central à Luxembourg-Gare en 1889. Je ne sais pas si la situation était semblable à celle du Broadway à New York en 1890, présentée dans le dessin à droite. Dans tous les cas Georges Faber proposa de réaliser un réseau téléphonique local souterrain pour mettre fin à l'encombrement. Le gouvernement marqua son accord et les travaux débutèrent la même année.



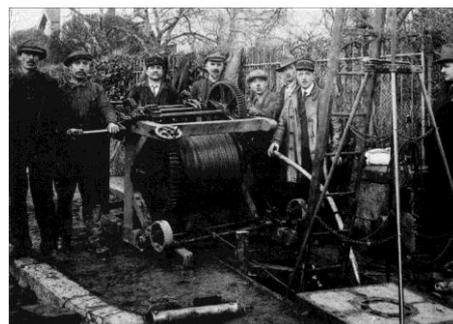
Raccordements aériens, New York 1890

Le territoire de la capitale fut partagé en plusieurs secteurs. Un point de dispersion (pdd) fut aménagé au centre de chaque secteur qui était connecté à un câble sous terre. Ce câble partait de la cave de l'hôtel des postes et contenait un certain nombre de lignes téléphoniques. On sortit le câble et le fit monter le long de la façade d'un immeuble ou le long d'un poteau en bois. Le bout du câble fut ouvert et les circuits y contenus furent fixés à des isolateurs. On fit ensuite rayonner ces circuits comme lignes aériennes en direction des différents abonnés du secteur en question. Au point où le câble sortit de terre, il était protégé jusqu'à une certaine hauteur par une gaine en fer ou en acier.

Les câbles posés avaient été fournis par la firme Felten et Guillaume de Mülheim. Cette firme restait un fournisseur important de câbles pour l'administration pendant plus de cent ans.

Les fils de cuivre à l'intérieur du câble étaient isolés avec du papier et deux paires de fils étaient torsadées pour réduire l'interférence électromagnétique. Quatre paires ont été groupées dans une quarte. En fonction de la capacité du câble, des groupages à des niveaux plus élevés ont été employés, par exemples des faisceaux pour assembler cinq quartes ou des unités pour assembler cinq faisceaux. L'ensemble des groupes était ensuite enveloppé dans une gaine externe pour les protéger des dommages environnementaux. Cette gaine était souvent faite d'un matériau robuste comme le plomb ou un caoutchouc renforcé pour résister à la pénétration de l'eau et protéger les fils contre les dommages physiques.

Enfin, le câble fut enterré dans le sol à une profondeur suffisante pour éviter d'être endommagé par des travaux de construction ou d'autres activités de surface. Pour le premier réseau souterrain dans la capitale, on avait installé des caniveaux en béton (Kabelkanäle) et des puits (Kabelbrunnen). Ces derniers servaient de chambres d'épissures pour prolonger des câbles moyennant la connexion des différents circuits, respectivement pour tirer des nouveaux câbles dans les canalisations. Mais pour faire des économies, on avait posé des dalles allant de une à quatre ouvertures, au lieu de prévoir au moins six à douze ouvertures. À la fin de 1906, la longueur totale des câbles souterrains était de 8.088 mètres, mais il n'y avait qu'une capacité libre très restreinte dans les caniveaux pour procéder à des extensions du réseau.

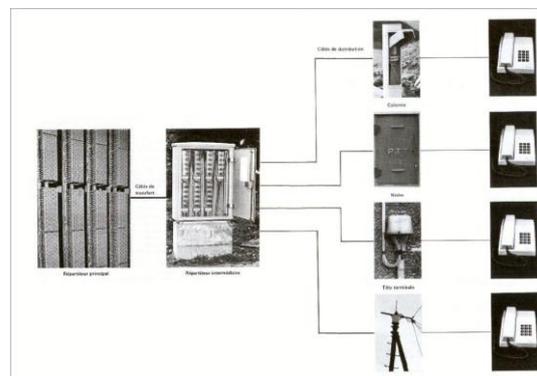


Pose de câbles souterrains

Dans le cadre de la création de l'infrastructure du tramway électrique luxembourgeois, à partir de 1907, il était nécessaire de supprimer de nombreuses lignes téléphoniques aériennes dans la capitale et d'enterrer ces circuits. Dans les années suivantes, il fallait construire des réseaux souterrains à Eich et au Limpertsberg, puis à de nombreux autres endroits dans les environs de la ville. En 1924, l'inspecteur des télégraphes Léon Klein proposa de construire un nouveau réseau de canalisations et de puits pour reprendre les travaux d'extension du réseau téléphonique national qui avaient été arrêtés en 1914. Le gouvernement se rallia à cette proposition et les travaux furent échelonnés sur une période de presque trois ans.

Adaptation des services techniques

La technique de mise en place des réseaux téléphoniques souterrains n'a pas changé fondamentalement pendant 75 ans, jusqu'à la fin des années 1980. Certes, la capacité des câbles de raccordement a augmenté d'une dizaine de lignes à des centaines, voir des milliers de circuits. Le diamètre des fils a été réduit, l'isolation papier a été remplacé par du polyéthylène, le manteau de protection en plomb des câbles a été changé par un matériel plus léger. À côté des poteaux en bois, d'autres types de points de dispersion ont été introduits et rapprochés des abonnés : colonnes, niches, têtes terminales.



Types de pdds dans réseau souterrain

Ce qui a surtout changé, c'est le métier des commis techniques. Progressivement, ils se sont spécialisés dans différentes activités liées à l'exploitation des réseaux souterrains. Les agents de projection ont conçu la topologie des réseaux et le tracé des câbles et ils ont planifié et surveillé tous les travaux de terrassement. Les agents de construction ont procédé au raccordement des abonnés, à partir des points de dispersion, et ils ont documenté dans des livres pdd (Kabelbicher) le parcours des lignes d'abonnés, à partir du répartiteur central et à travers les circuits dans les différents câbles jusqu'au point terminal à la maison de l'abonné. Les agents du bureau de dessin ont répertorié la position et le tracé des câbles sur des cartes topographiques, pour les retrouver dans l'avenir et pour renseigner les entreprises de construction sur la localisation de câbles, lors du démarrage d'un chantier.

Le maître des plans



Marcel Kemmer

sur les calques avec les dessins originaux, exposés à la lumière et développés ensuite en ayant recours à de l'ammoniaque. Je me rappelle moi-même que la cage de l'escalier où se trouvait le bureau de dessin du bâtiment de la DT à la rue de Hollerich sentait en permanence l'ammoniaque, ce qui était assez désagréable. Les rouleaux de calques à développer ont été placés dans un dispositif métallique dans l'escalier. L'ammoniaque a été versé en bas dans une cuve chauffée afin que les gaz montaient et développaient le papier sensible.

Au début, l'exposition à la lumière se faisait avec le soleil, ce qui était très artisanal. Ensuite une machine à copier, qui disposait de tubes luminescents de 4.000 W et qui faisait circuler le plan et le papier sensible, permettait de faire des expositions plus fiables.



Pantographe

Pour établir les plans topographiques avec les tracés de câbles, le bureau de dessin utilisait des plans du cadastre, de l'administration des Ponts et Chaussées et des levées réalisées par ses propres moyens. Comme ces plans n'avaient pas la même échelle, il fallait les agrandir, respectivement les réduire, ce se faisait

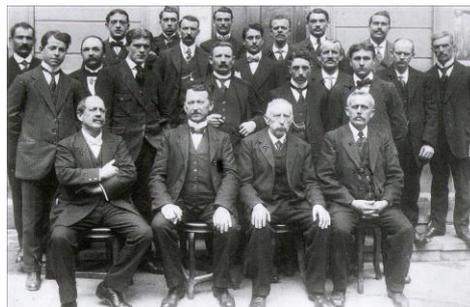


Episcopo

manuellement avec un épiscopo ou un pantographe, appelé « Storchenschnabel ». Les résultats étaient approximatifs, mais il n'existait pas d'autre solution. Les rouleaux de calque ont été stockés dans des grandes armoires avec des tiroirs géants. Il fallait les manipuler avec prudence, car avec le temps, ils devenaient très fragiles et se déchiraient.

Au milieu des années 1980, le service de dessin comptait une vingtaine de personnes et fut placé sous les ordres d'un ingénieur-technicien, John Goldschmidt. Une première amélioration des conditions de travail au bureau consistait alors au remplacement des pupitres standards par des véritables planches à dessin professionnelles. Le bureau fut rebaptisé en « Service de documentation et de dessin (SDD) ». Mais bientôt, le volume des travaux de pose de câbles souterrains dépassait la capacité de dessin du SDD qui comptait alors déjà 40 agents. Il n'y avait qu'une solution valable : la digitalisation des plans. C'était un projet de taille. L'entreprise spécialisée canadienne Enghouse a été chargée en novembre 1993 de mettre en place son logiciel « CableCad ». Il fallait numériser environ 70.000 plans et documents. Les planches à dessin ont été remplacées dans la suite par 40 ordinateurs personnels et le personnel a été formé à l'utilisation de cette nouvelle technologie. À

La spécialisation des commis techniques a conduit à une nouvelle organisation de l'administration. En 1933, l'administration des postes et télégraphes a été renommée en administration des postes, télégraphes et téléphones (PTT). Pendant la deuxième guerre mondiale, l'administration des PTT a été mise sous tutelle de la Reichspostdirektion Trier. En 1945, elle a retrouvé son indépendance sous la direction du nouveau directeur Emil Raus. Le directeur précédent Édouard Jaques était aux commandes de 1924 à 1941.



Service Technique 1928

En 1964, l'administration des PTT a été réorganisée et baptisée « Administration des Postes et Télécommunications ». Les services techniques sont devenus une division technique, dirigée par un sous-directeur. Entre 1922 et 1959, Léon Klein était à la tête des services techniques, avec une interruption de 4 ans pendant la deuxième guerre mondiale. Il a clôturé sa carrière en décembre 1959 pour atteinte de la limite d'âge, après plus de 37 ans au service des télécommunications luxembourgeoises. Il avait joué un rôle important dans le cadre de l'automatisation générale du réseau téléphonique nationale. Son successeur était Jean-Bernard Wolff, ingénieur diplômé de la RWTH Aachen, engagé comme adjoint de l'ingénieur chef des services techniques en 1930. Un deuxième adjoint a été engagé en 1934, Léon Bernard.

En octobre 1936, un troisième ingénieur adjoint a été engagé, Édouard Kirsch, titulaire d'un diplôme d'ingénieur-électricien de l'université de Grenoble. Il a été chargé de la direction du Service de Construction (Baudienst), responsable pour la construction et l'entretien des réseaux de télécommunications aériens et souterrains, tant locaux qu'interurbains. Pendant la deuxième guerre, la valeur du diplôme universitaire d'Édouard Kirsch fut mise en question. L'occupant était d'avis que ses études n'avaient pas le même niveau que celles absolvées dans une École Polytechnique allemande. Par ailleurs, il affirmait que les attributions d'Édouard Kirsch ne justifiaient pas un poste dans la carrière supérieure scientifique. Sa rétrogradation était la conséquence. Malgré les interventions du directeur de l'administration après la guerre auprès du gouvernement pour faire reclasser Édouard Kirsch, il a dû attendre jusqu'en avril 1964 pour être promu ingénieur principal. Deux mois plus tard, en juin 1964, la démission honorable fut accordée à Édouard Kirsch pour cause de maladie.

La même année, Jean-Bernard Wolff fut nommé sous-directeur dans le cadre de la réorganisation de l'administration des PTT. La biographie détaillée de Jean-Bernard Wolff concernant ses activités avant son engagement auprès de l'administration et pendant la deuxième guerre mondiale se lit comme un roman. La démission honorable pour avoir atteint la limite d'âge lui fut accordée le 25 janvier 1969. C'était alors au tour de Léon Bernard de diriger la Division Technique. Ingénieur diplômé en télécommunications de la « Technische Hochschule München », il entra aux services de l'administration des PTT comme ingénieur adjoint en 1934. Pendant la deuxième guerre mondiale, Léon Bernard a été détaché par les Allemands à différents postes à Trèves, Hambourg et Karlsruhe. Il a été blessé pendant les bombardements de Hambourg fin juillet 1943. Son parcours pendant la guerre est aussi spectaculaire que celui de Jean-Bernard Wolff.

En 1945, à sa demande, il a été engagé par la « Bell Telephone Manufacturing Company d'Anvers » comme agent général pour le Grand-Duché de Luxembourg. En 1953, l'activité de Léon Bernard comme représentant de Bell prit fin. Le système de commutation Bell Rotary ne fut pas retenu pour l'automatisation intégrale du réseau téléphonique luxembourgeois. La représentation de Bell au Grand-Duché fut transférée à la firme CEL (Comptoir Électrotechnique Luxembourgeois).



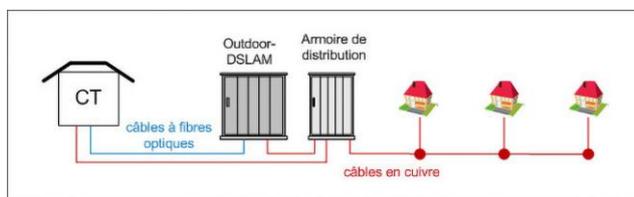
Fête de retraite de Léon Bernard

En juin 1953, Léon Bernard fut réengagé par l'administration des PTT. Lors du départ en retraite d'Édouard Kirch en 1964, le titre d'ingénieur principal est attribué à Léon Bernard. Il fut promu sous-directeur en 1969, après la retraite de Jean-Bernard-Wolff. À partir de 1970, il portait le titre de directeur-adjoint. Par arrêté grand-ducal du 27 octobre 1975, la retraite fut accordée à Léon Bernard pour atteinte de la limite d'âge. C'était la fin d'une époque. La nouvelle génération des ingénieurs et dirigeants de la Division Technique faisait part d'un autre monde. Tous nés après 1936, ils n'avaient pas subi les mêmes horreurs pendant l'occupation que leurs prédécesseurs.

5.1.6. Raccordements d'abonnés par fibres optiques

Lors des premiers tests d'une liaison par fibre optique au Luxembourg, nous étions en 1983. L'ingénieur principal Edmond Toussing avait quitté l'Administration des Postes et Télécommunications dix ans plus tôt pour diriger le nouveau centre informatique de l'État. François Scholtes, le successeur de Léon Bernard comme directeur-adjoint, en charge de la direction de la Division Technique, était décédé en 1977. La nouvelle équipe d'ingénieurs se composait à cette date de Charles Dondelinger, Marcel Gross, Marcel Heinen, Paul Kieffer, Albert Wolter et moi-même. J'étais le plus jeune avec 32 ans, le directeur-adjoint Charles Dondelinger était l'aîné avec 38 ans et il venait de quitter la Division des Télécommunications pour occuper le poste de directeur-général-adjoint auprès du directeur de l'Administration des P&T, Joseph Heinen.

Le raccordement d'abonnés par fibre optique a démarré lentement et se limitait au début au domaine professionnel. En 1985, quelques studios de visioconférence ont été connectés à Luxembourg. Une année après, c'était la réalisation d'une connexion par fibre optique pour la transmission TV d'un utilisateur particulier. Pour préparer le terrain, la DT commençait, à partir de 1986, dans le cadre des extensions des réseaux locaux, à installer des gaines spécialisées, destinées à recevoir plus tard des câbles optiques. En 1988, des liaisons à fibre optique ont été installées pour les besoins de la CLT-UFA au Kirchberg. À partir de 1992, des nouveaux projets de construction de cités résidentielles ont été équipés d'un réseau à fibres optiques du type « Fiber to the Home (FTTH) » par la DT, à la demande des promoteurs.



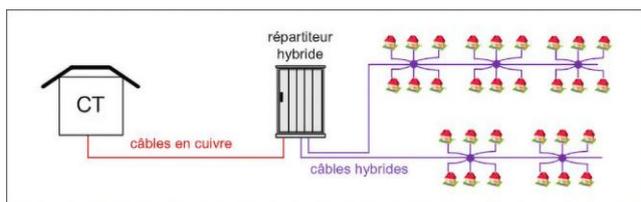
Outdoor-DSLAM avec armoire de distribution en cuivre

En 1995, le concept de « Fiber to the Curb (FTTC) » a été généralisé. Des concentrateurs déportés (Outdoor-DSLAM) ont été raccordés par fibre optique aux commutateurs numériques et le dernier tronçon, jusqu'au domicile de l'abonné, a été réalisé avec un circuit à cuivre traditionnel.

Il ne faut pas oublier non plus les antennes du réseau LUXGSM, dont la majorité fut également raccordée par fibre optique.

Dans le domaine des services de télécommunications pour les professionnels, les liaisons par fibre optique sont devenues l'épine dorsale des nouvelles techniques SDH (Synchronous Digital Hierarchy) et ATM (Asynchronous Transfer Mode). Un premier exemple concret de l'utilisation de

ces technologies est le projet pilote Heathnet qui a été lancé en 1995 et que je vais décrire dans le sous-chapitre « Télémedecine ».



Répartiteur hybride avec câbles hybrides

Dans les années suivantes, l'EPT a continué à préparer activement le déploiement de la fibre optique dans tout le pays. Une astuce consistait à poser, à partir de 1997, lors d'une extension, des câbles souterrains hybrides qui comprenaient, outre les circuits en cuivre, quelques fibres en verre au milieu du câble. Après avoir sommeillé sous terre pendant dix ans, ces fibres ont été activées la première fois

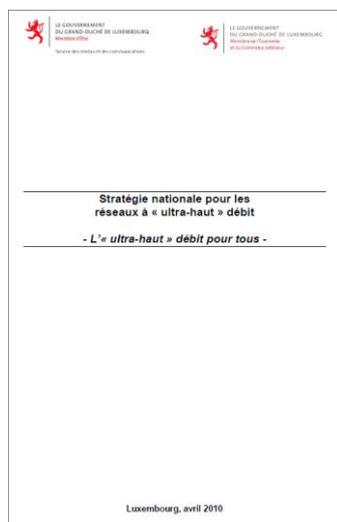
en 2007, quand les prix des équipements de transmission optique avaient baissé sensiblement.

L'ultra-haut débit pour tous

Pour offrir des accès à haute vitesse à Internet, sans disposer de fibre optique, l'EPT avait présenté pour la première fois à la Software&Internet Expo en automne 2000, le nouveau service LuxDSL, qui permettait de transmettre des données numériques sur les câbles en cuivre avec des débits maximaux de quelques dizaines de Mbit/s, moyennant la technologie « Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) ». LuxDSL a été commercialisé à partir du 1^{er} janvier 2001.

Fin 2001, tous les 50 centraux de l'EPT étaient équipés d'interfaces ADSL afin de permettre à un maximum de clients résidentiels et professionnels de se raccorder à LuxDSL. Par ailleurs, 11 répartiteurs intermédiaires étaient également prêts. Fin mai 2002, plus que 2.500 raccordements LuxDSL étaient opérationnels et un nombre élevé de commandes était en instance de réalisation. LuxDSL sera présenté plus en détail dans le sous-chapitre « Internet ».

Dans la suite, l'EPT avait mis en œuvre toutes les mesures nécessaires afin de permettre l'ouverture des réseaux d'accès à des opérateurs alternatifs, qui pouvaient soit louer les produits en gros auprès de l'EPT, soit développer leurs propres produits sur base de l'infrastructure fibre optique déployée. Dans son rapport annuel pour l'année 2010, l'ILR a confirmé que les analyses des marchés « haut débits » et « fourniture en gros d'accès à large bande » ont démarré en 2007.



Stratégie haut débit 2010

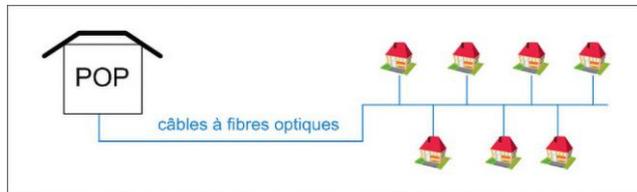
En avril 2010, le gouvernement avait publié sa stratégie nationale pour les réseaux à ultra-haut débit, mais il ne comptait pas soutenir le plan avec des aides publiques. Parmi les objectifs qualitatifs et quantitatifs fixés figurait l'inclusion du haut débit dans le champ d'application du service universel, ainsi que le calendrier suivant concernant l'extension progressive de la couverture du haut débit :

- minimum 25 Mbit/s en voie descendante et minimum 10 Mbit/s en voie ascendante
95% couverture de la population en 2011
- minimum 100 Mbit/s en voie descendante et minimum 50 Mbit/s en voie ascendante
80% couverture de la population en 2013
100% couverture de la population en 2015
- minimum 1 Gbit/s en voie descendante et minimum 500 Mbit/s en voie ascendante
25% couverture de la population en 2013
50% couverture de la population en 2015
100% couverture de la population en 2020

Pour les vitesses supérieures à 100 Mbit/s la fibre optique était indispensable, pour les vitesses de 25 Mbit/s la technologie ADSL sur cuivre était une alternative. Figurer parmi les leaders européens en termes de pénétration de l'ultra-haut débit en 2013 était un objectif additionnel spécifié dans le plan stratégique.

LuxFibre

Pour concrétiser la stratégie « ultra-haut débit pour tous », l'unité commerciale de la DT avait conçu un produit attrayant, nommé « LuxFibre », qui combinait un raccordement téléphonique fixe, une adresse courrielle et un accès haut débit à Internet. C'était la dernière action marketing de la DT, avant la fusion en 2009 de l'unité commerciale avec la filiale LUXGSM SA, pour donner naissance à une nouvelle entité de commercialisation, dénommée provisoirement NewCo.



POP avec câbles à fibres optiques

Les répartiteurs, appelés « Point of Presence (POP) », ont été construits avec des éléments préfabriqués de la société Béton Feidt. Ils ont été déployés, à grande échelle, sur le terrain des communes de tout le pays à partir de 2010.

Le lancement de « LuxFibre » était prévu pour la foire de printemps qui a eu lieu entre le 1^{er} et le 9 mai 2010 à la LuxExpo. L'événement a été annoncé dans la presse l'avant-veille de l'ouverture de l'exposition. Le lendemain de la parution de la publicité au Luxemburger Wort, l'EPT recevait une lettre de l'Institut Luxembourgeois de Régulation (ILR) lui enjoignant de retirer LuxFibre de sa gamme de services. Les vendeurs sur le stand de la NewCo ont été briefés à la dernière minute pour ne pas révéler au public les raisons du report de l'action commerciale. Le conseil d'administration de l'EPT a été saisi de l'affaire dans la semaine. Serge Allegrezza, le directeur du Statec et vice-président du Conseil, jugeait le refus de l'ILR, sous prétexte que l'EPT détient trop d'avance sur ses concurrents, contraire à la politique du gouvernement de développer l'ultra-haut débit pour tous. Il déclarait que « la politique de concurrence dans l'Internet à ultra-haut débit ne consiste pas à freiner celui qui veut avancer pour protéger ses concurrents qui n'en sont pas à ce stade de développement ».



Point of Presence (POP) du FTTH

OPAL

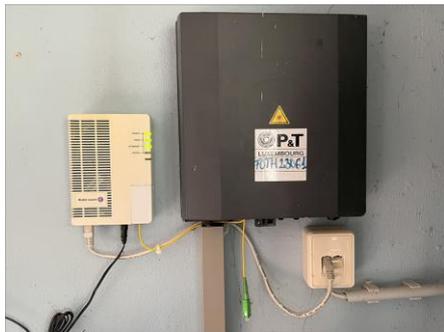
Les négociations entre l'ILR, l'EPT et la fédération des opérateurs télécom alternatifs du Luxembourg (OPAL) ont duré plus que 15 mois pour trouver un accord. L'OPAL a été fondée en 2007 et comprend sept membres. Sur son site web, on peut lire que la fédération défend les intérêts des opérateurs alternatifs et intervient auprès des instances en charge du marché, notamment l'ILR, les ministères compétents, les chambres patronales et syndicales et les instances européennes.

Je rends le lecteur attentif au fait que les membres de l'OPAL ne sont pas des petites start-ups, mais majoritairement des grands groupes étrangers, dont certains dépassent la taille de l'opérateur historique POST : Orange, Proximus, BT, CEGECOM, LuxNetwork, LuxConnect et Eltrona (acquis en décembre 2022 par Telenet). Un échange de vues entre la « Commission de l'Enseignement supérieur, de la Recherche, des Media, des Communications et de l'Espace de la Chambre de Députés » avec des représentants de l'OPAL a eu lieu le 3 février 2011. Le 29 juillet de la même année, l'ILR avait enfin approuvé l'« Offre de référence Accès Très Hauts Débits sur FTTH (ORATH) », proposée par l'EPT. Il n'est pas exclu que cette décision était liée au changement de direction de l'ILR. En effet, le 1er avril 2011, Paul Schuh avait succédé à Odette Wagener, la première directrice de l'ILR ?

La mise en oeuvre de la stratégie haut débit a donc pris du retard et l'EPT a dû réviser son offre commerciale LuxFibre. A la mi-septembre 2011, les communes de Leudelange et de Hosingen ont été les deux premières à être intégralement raccordées au réseau Luxfibre. En présence de nombreux représentants du monde politique, économique et social, local et national, le nouveau réseau à fibres optiques a été inauguré le 15 septembre 2011 par le geste symbolique de connexion du centre culturel « An der Eech » de Leudelange au réseau Ultra Haut Débit. Quelques jours plus tard, le 19 septembre 2011, le premier raccordement LuxFibre 100 Mbit/s a été mis en service au Parc Naturel de l'Our, lors d'une cérémonie moins somptueuse. Chaque raccordement LuxFibre comportait 4 fibres de verre dont 2 étaient réservées pour POST Luxembourg et 2 étaient à la disposition des opérateurs alternatifs.



Inauguration LuxFibre à Leudelange



Installation LuxFibre dans ma cave

Mon raccordement LuxFibre à Rodange a été installé le xxx 2012. La photo à gauche montre l'installation dans ma cave. Le câble avec les quatre fibres de verre entre de l'extérieur et passe dans une gaine vers le répartiteur interne FOTH 23061. Deux fibres sont sorties du répartiteur, dont une est connectée à un dispositif « GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network) » qui effectue la conversion des signaux laser en signaux électriques pour transmission sur un réseau Ethernet classique. À l'autre bout du câble Ethernet, qui passe au premier étage, se trouve mon routeur « Fritzbox » qui assure la connexion avec mes différents équipements dans la maison, par câble Ethernet ou par WiFi. Comme je disposais déjà d'un

raccordement LuxDSL auparavant, le réseau interne restait en place.

Dans les années qui suivaient, le nombre de mises en service de POPs supplémentaires, à travers le pays, ne cessait de croître. Le tableau qui suit montre la progression du déploiement du réseau FTTH de l'EPT à partir de 2011 :

Valeur	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
POPs	5	13									
Couverture					44%	51%	57%	65,5%	67,5%	72,1%	75,2%

Parrain de la conférence « Fiber to the home », le plus grand événement consacré à la fibre optique dans le monde, Xavier Bettel a souhaité le 16 février 2016 la bienvenue aux 3.000 participants. Organisé annuellement par le « FTTH Council Europe », c'était la treizième édition de cette conférence qui s'est déroulée jusqu'au 18 février 2016 à la LuxExpo. Dans son discours, Xavier Bettel a rappelé les objectifs de la stratégie nationale pour le développement des réseaux à ultra-haut débit, une des priorités de Digital Lëtzebuerg. Il a confirmé que la mise en oeuvre de la stratégie avance comme prévu et que presque toute la population peut désormais avoir accès à des connexions de 100Mbit/s.



Conférence FTTH en 2016

Lors de cette conférence, le prix du meilleur opérateur FTTH a été décerné à POST Luxembourg par l'organisateur. Pour connaître le reste de l'histoire du « réseau Ultra Haut Débit », il faut aller à la fin du prochain chapitre. « Tout IP » est la nouvelle devise.

5.1.7. Raccordements d'abonnés par câbles coaxiaux

À côté des fibres optiques, il existe une autre infrastructure au Luxembourg qui permet d'offrir des raccordements avec un débit jusqu'à 1 Gbit/s : les réseaux de télédistribution avec leurs câbles coaxiaux. L'histoire de cette infrastructure, qui a débuté avec plusieurs dizaines d'antennes collectives dans le pays au milieu du deuxième millénaire, sera décrite dans un sous-chapitre spécifique. Pour le moment, il suffit de savoir que l'infrastructure de télédistribution est consolidée depuis 2020 par un seul opérateur et par le standard « DOCSIS 3.x » et qu'elle est intégrée dans la stratégie « l'ultra-haut débit pour tous » du gouvernement.

5.2. Les centraux téléphoniques

Après l'exploration des réseaux téléphoniques locaux, nous allons découvrir les équipements et technologies utilisés à l'intérieur des centraux téléphoniques. Pour rappel, un central téléphonique est le point commun entre plusieurs raccordements téléphoniques qui sont connectés en général sous forme d'étoile. Le central téléphonique est un bâtiment qui héberge un commutateur, permettant de mettre deux, ou plusieurs, postes téléphoniques en contact entre eux. Dans le passé, on appelait un central le plus souvent un bureau de téléphone et le commutateur était constitué par un tableau manuel, opéré par des agents. On utilisait également le terme de standard téléphonique. Progressivement, le tableau manuel a été remplacé par des commutateurs automatiques. Les premiers étaient des équipements électromécaniques, ensuite des ordinateurs qui commandaient des matrices de commutation semi-électroniques avec des relais. Des équipements de transmission ont été ajoutés dans les centraux pour acheminer plusieurs voies téléphoniques sur un circuit dans le câble. Dans une étape suivante, la technologie analogique a été remplacée par une technologie numérique. Récemment, la conception d'un réseau en forme d'étoile, avec des commutateurs interconnectés, n'est plus valable, car la technologie téléphonique « Tout IP » est basée sur un réseau maillé fonctionnant avec d'autres principes. Dans les prochains sous-chapitres, nous allons explorer l'évolution des centraux téléphoniques plus en détail.

5.2.1. Tableaux manuels

Le premier commutateur manuel, installé à Luxembourg-Ville en 1885, se composait de deux tableaux à 50 numéros chacun, placés sur des armoires d'une hauteur d'environ un mètre. Les tableaux ont été fournis par la firme Schaefer & Montanus de Francfort-sur-le-Main. Chaque tableau comportait 50 clapets (Anrufklappen) ou annonceurs, ainsi que le même nombre de trous ou jacks (Klinken), aménagés sur cinq rangées horizontales à dix unités chacune. Entre chaque clapet et chaque jack était indiqué un numéro d'abonné allant en série de 1 à 50.

Au fur et à mesure de l'évolution du réseau téléphonique, des tableaux manuels ont été installés dans les nouveaux centraux. En fonction des besoins, les tableaux avaient des capacités de 10, 20, 50, 100 ou 200 numéros. Si nécessaire, des tableaux ont été juxtaposés. Des anciens tableaux de la première génération ont été remplacés par des tableaux plus modernes, installés par d'autres fournisseurs, par exemple les firmes Siemens-Halske de Berlin et Zwietusch & de Berlin-Charlottenburg. C'était un réarrangement permanent jusqu'au début des années 1960.

Quand un abonné raccordé au tableau tournait la manivelle sur son poste téléphonique, le clapet correspondant sur le tableau tombait et attirait l'attention de l'opérateur. Il enfonçait la fiche (Stöpsel) d'un cordon flexible dans le trou sous le clapet tombé et demandait, avec son poste téléphonique, à l'appelant de lui dire le numéro ou le nom du correspondant souhaité. Puis il enfonçait l'autre bout du cordon flexible dans le jack de l'abonné à appeler.



Tableau manuel au musée P&T

L'appelant devait alors tourner de nouveau sa manivelle pour activer la sonnerie du poste téléphonique auprès de l'appelé. L'opérateur avait la faculté de rester en ligne et d'écouter la conversation, sous prétexte de surveiller la qualité. Au début, les opérateurs qui desservaient les tableaux manuels étaient debout et ils passaient les cordons flexibles à leurs ceintures pour les avoir à portée de main.

L'image à gauche montre une séquence vidéo disponible dans l'exposition virtuelle « 175anspost.lu » où l'agent technique Carlo Stemper présente le fonctionnement d'un ancien tableau manuel au musée des P&T.

Tableaux manuels avec système multiple

Avec l'accroissement du nombre de raccordements à un central, la juxtaposition de tableaux manuels pour augmenter la capacité de commutation atteignait ses limites. Quand l'appelant était attaché au premier tableau et l'appelé au n-ième tableau, à l'autre bout de la salle, à une dizaine de mètres, il fallait des cordons très longs, respectivement passer par des opérateurs intermédiaires. Dans les deux cas, les problèmes résultants étaient de nature à compromettre le bon fonctionnement du service de commutation.

La solution était l'utilisation de tableaux manuels avec système multiple qui étaient déjà opérationnels depuis 1890 dans les grands centraux téléphoniques à l'étranger. Le principe était simple : les jacks reliés à une même ligne d'abonné étaient reproduits sur chaque tableau manuel et étaient reliés entre eux (Teilnehmervielfachklinken). Chaque opérateur pouvait atteindre au tableau tous les abonnés du réseau local et toutes les liaisons interurbaines, sans quitter sa position assise et sans avoir recours aux bons services de ses collègues.

L'Inspecteur des Télégraphes Arthur Knaff s'était opposé à l'introduction de cette technique avec l'argument que l'opération de ce système multiple nécessitait des compétences techniques très pointues de la part des opérateurs. Il plaidait pour un réaménagement des tableaux manuels existants, en géométrie de fer-à-cheval. Après de longues discussions, Mathias Mongenast ordonnait en 1899 à l'administration des Postes et Télégraphes de faire installer un commutateur avec système multiple à Luxembourg-Ville.

La planification de cette installation a pris quelques années. Une nouvelle salle de commutation a été aménagée au second étage d'une nouvelle aile du bâtiment dont la construction a été achevée au printemps de l'année 1905. La firme Mix et Genest de Berlin a été chargée de la fourniture et du montage du nouveau commutateur multiplex. Il permettait le raccordement de 1319 abonnés et cabines publiques du réseau local de la capitale. Le nouveau commutateur manuel fut mis en service en octobre 1906. Il a été étendu plusieurs fois pour servir les abonnés du réseau local Luxembourg-Gare et pour faire face à l'accroissement des demandes de raccordement. À la fin de 1913, la capacité était de 1.800 lignes de raccordement. Il fut mis hors service en novembre 1992, après le démarrage du premier commutateur automatique.



Tableau manuel à Luxembourg-Ville en 1906

Un deuxième commutateur multiple a été mis en service en janvier 1914. Dans le cadre du réaménagement continu des tableaux manuels dans les différents réseaux locaux d'autres systèmes multiples ont été acquis au fur et à mesure des besoins.

Les opérateurs

Le service de commutation à Luxembourg-Ville fut assuré par des commis de postes sous la direction du commis préposé Vincent Schleich. Au début, le bureau était une annexe de la perception des télégraphes. Une perception des téléphones fut créée en 1893 et Vincent Schleich en fut nommé percepteur. Il exerçait cette fonction jusqu'en 1919.

Dans le reste du pays, les centraux étaient installés dans les bureaux de postes et les employés du service postal desservaient le service téléphonique. Ils travaillaient sous la surveillance des percepteurs de poste qui touchaient de ce fait une indemnité annuelle.

Les dames-téléphonistes

Contrairement au reste du monde, au Luxembourg, le service téléphonique était opéré exclusivement par du personnel masculin, jusqu'en 1919. Depuis la mise en service du tableau téléphonique manuel à Luxembourg-Ville, bon nombre de députés étaient intervenus à la Chambre en faveur de l'occupation des femmes au service du télégraphe et du téléphone. Ces motions n'avaient d'autre résultat que de fournir à d'autres députés l'occasion de placer quelques mots déplacés et le gouvernement continua à persister dans son immobilisme. Par loi du 15 mai 1919, portant révision de la Constitution, le suffrage universel a été introduit au Luxembourg et le droit de vote a été reconnu aussi aux femmes.

Un arrêté du 15 novembre 1919 stipulait que dans l'administration des postes et des télégraphes la classe des expéditionnaires pourra comprendre des dames-téléphonistes. Seules des personnes non mariées étaient admises, le mariage d'une employée entraînait sa démission volontaire. Les postulantes devaient être âgées entre 18 ans au moins et de 35 ans au plus. Un diplôme de la réussite de l'examen de passage dans un lycée de jeunes filles, respectivement un diplôme équivalent, était requis pour les postes à pourvoir. Fin 1919, une quinzaine de jeunes filles, ayant rempli ces conditions, fut engagé par l'administration.

L'émancipation de la femme dans le service public n'était que de courte durée. L'innovation de la mise en service du premier commutateur automatique se traduisait par une réduction du nombre d'opérateurs des tableaux manuels. Cette économie fut réalisée aux seuls dépens des dames-téléphonistes. Au début de l'année 1923, l'administration les congédia sans façon.

Pendant une longue période, l'exploitation des services télégraphiques et téléphoniques restait une affaire d'hommes. Lorsque j'ai joint la Division technique de l'administration des P&T en 1978, il n'y avait aucune femme dans les équipes techniques, à l'exception de l'atelier électrique pour nettoyer les postes téléphoniques retournés. Quelques femmes travaillaient au secrétariat, au service des abonnés (SAT) et au service de renseignements. Dans la carrière universitaire, la première femme a été engagée en 1995.

5.2.2. Premiers commutateurs automatiques

Le premier commutateur téléphonique automatique a été mis en fonction en novembre 1922. Il s'agissait d'un commutateur fourni par la maison Thomson Houston de Paris, fonctionnant avec des sélecteurs Strowger. Le premier modèle disposait d'une capacité de seulement 3.200 numéros.

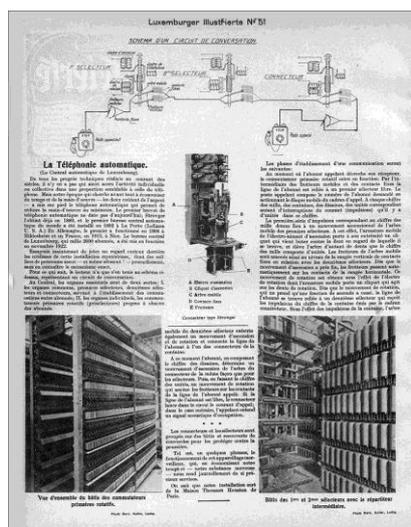
Le collectionneur d'anciens postes téléphoniques français, Jean Godi, a publié sur son site web personnel « jean.godi.free.fr/histoire/strowger.htm » une description très étoffée de la technologie Strowger.

Sélecteurs Strowger

L'inventeur Almon Brown Strowger a déjà obtenu en 1891 aux États-Unis un brevet exploitable industriellement pour un « commutateur automatique, destiné à établir, sans l'aide d'un opérateur humain, une liaison entre deux abonnés d'un central téléphonique ». Almon B. Strowger était un entrepreneur américain de pompes funèbres à Kansas City et il était persuadé que l'épouse de son concurrent, employée comme opératrice du téléphone au central téléphonique manuel de la société

de téléphone locale, participait à un détournement de trafic des clients en deuil au profit de son mari. Il entreprit des études techniques pour concevoir le commutateur, et après l'obtention de son brevet, il fonda avec ses associés la « Stowger Automatic Telephone Exchange Company ». Un premier central téléphonique automatique, avec 75 abonnés, a été mis en service en novembre 1892 dans la ville de La Porte dans l'Indiana. Joseph Harris, un des associés de la compagnie, a conclu vers la fin de la décennie 1900 des contrats de licence avec les firmes Thomson Houston en France et Siemens-Halske en Allemagne.

En Europe, les premiers commutateurs Stowger ont été déployés en 1908, à Hildesheim en Allemagne, et en 1913, à Nice en France. La technologie Stowger était donc bien éprouvée quand elle est arrivée au Luxembourg.



Luxemburger Illustrierte 1922

Dans le numéro 51 du magazine « Luxemburger Illustrierte », publié en 1922, on peut lire un article sur l'introduction du premier commutateur Stowger au Luxembourg. On apprend que les organes essentiels du commutateur étaient de deux sortes :

- Les organes communs, premiers sélecteurs, deuxièmes sélecteurs et connecteurs, servant à l'établissement des communications entre abonnés
- Les organes individuels, les commutateurs primaires rotatifs (présélecteurs) propres à chacun des abonnés

J'épargne aux lecteurs de citer la description détaillée de la phase d'établissement d'une communication avec des frotteurs, des mouvements ascensionnels, des arbres mobiles, des cliquets, des dents de rotation, des électro-aimants, et j'en passe. Les explications dans l'article ne sont pas très compréhensibles. Ce qu'on peut retenir, c'est qu'il s'agissait d'une technique compliquée, mais robuste. L'administration décidait de progresser avec le remplacement des tableaux manuels par des

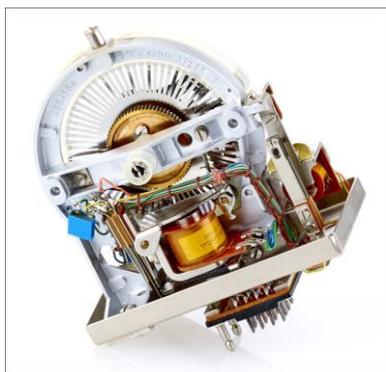
commutateurs automatiques, mais avec un autre type de matériel. La firme Western Electric Labs, le précurseur des Bell Labs, avait développé entretemps un système de commutation plus rapide et plus performant, appelé Rotary. Ce système, fabriqué à Anvers en Belgique, a été utilisé partout en Europe, mais aussi dans le monde. Les réseaux d'Esch-sur-Alzette, Belvaux, Kayl et Rumelange étaient les premiers à être équipés de commutateurs Rotary 7D, fournis par la société Bell Telephone Company d'Anvers. L'automatisation était achevée en 1932. Les prochains réseaux, automatisés à partir de 1936, étaient Bascharage, Bettembourg, Differdange, Dippach, Dudelange, Pétange et Rodange. Pour les réseaux du nord, le choix du fournisseur s'est porté sur la firme Siemens-Halske de Berlin, un des partenaires de la compagnie Stowger. Il s'agissait de commutateurs Stowger perfectionnés qui ont été installés en 1940 à Ettelbruck, Colmar-Berg, Diekirch et Vianden.

Après la réparation de tous les dégâts de guerre, terminée avant le début 1950, le réseau téléphonique se composait de 16 centraux avec commutation automatique et de 35 centraux avec commutation manuelle. Le nombre total de raccordements dépassait 22.300 postes téléphoniques et le volume du trafic dépassait 15.400.000 communications établies pendant l'année 1949.

Le réseau téléphonique national ne répondait plus aux exigences de cette croissance. Il fallait réagir d'urgence.

5.2.3. Commutateurs électromécaniques EMD

Un projet ambitieux de procéder à l'automatisation intégrale du réseau téléphonique et de remplacer la totalité des équipements de commutation a été lancé en mai 1950. La clé de voûte de ce projet était la fourniture et l'installation de 45 centraux du type EMD (Edelmetall-Motor-Drehwähler) par les sociétés Siemens & Halske de Munich et Albiswerk A.G. de Zürich.



Répétiteur d'impulsions EMD

Le programme ne comprenait pas seulement la mise en place des systèmes de commutation automatique, mais également l'agrandissement, ou la nouvelle construction, de bâtiments pour héberger les équipements, la pose de câbles de jonction entre centraux, l'extension des câbles souterrains dans les réseaux locaux et l'échange des numéros d'appel à 4 chiffres par des numéros à 5 chiffres. Le projet s'étendait sur une période de 13 ans, jusqu'en octobre 1963. À partir de cette date, tous les abonnés luxembourgeois pouvaient établir des communications téléphoniques, d'une façon instantanée et automatique, par numérotation directe, avec d'autres abonnés au Luxembourg, respectivement avec les abonnés d'un grand nombre de pays européens. Le Luxembourg se trouvait à ce moment en tête des

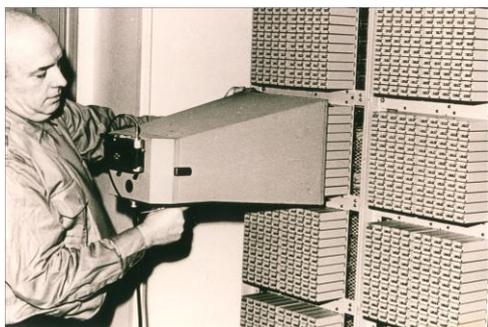
pays jouissant de ce privilège, ensemble avec la Suisse.

La première tranche du projet était la mise en service du commutateur EMD à Luxembourg-Ville en août 1954, avec 4.000 raccordements. C'était alors un des premiers centraux EMD dans le monde et longtemps le plus grand. J'ai signalé dans le chapitre « Génération Smartphone » que ma famille, habitant alors à Cessange, était raccordée à ce central. Mon frère se rappelle même le numéro téléphonique : xxx. La dernière tranche a été achevée en octobre 1963 par le transfert d'abonnés à service mobile au central EMD de Binsfeld.

Le réseau téléphonique automatisé EMD était segmenté en sept secteurs avec chacun un central nodal et plusieurs centraux terminaux :

- Luxembourg-Ville : Walferdange, Senningen, Oetrange, Hesperange, Reckange, Garnich, Strassen, Steinfort, Kehlen
- Esch-Alzette : Burange, Tétange, Belvaux, Differdange, Pétange
- Filsdorf : Remerschen, Remich
- Wecker : Wasserbillig, Grevenmacher, Wormeldange, Roodt, Junglinster, Consdorf, Echternach, Hinkel
- Redange : Schwebach, Riesenhof
- Ettelbruck : Roost, Grosbous, Heiderscheidergrund, Vianden, Diekirch, Beaufort, Larochette
- Neidhausen : Markenbach, Harlange, Wiltz, Hamiville, Binsfeld

La structure du nouveau réseau téléphonique n'était plus la même que dans le passé. Certains centraux comme Rodange avaient été supprimés, d'autres comme Dudelange avaient été déplacés.

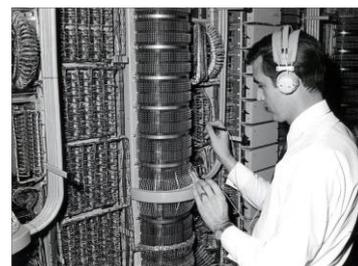


Prise de photos des relevés de compteurs

Pour facturer les communications téléphoniques, chaque abonné disposait d'un compteur électromécanique individuel qui faisait partie d'un groupe de 100 compteurs, disposé en 10 rangées et en 10 colonnes. Chaque groupe de compteurs a été photographié une fois par mois avec un appareil photographique, équipé d'un dispositif fabriqué sur mesure en forme d'entonnoir. Les relevés des compteurs ont été saisis manuellement par le service de mécanographie à partir des photos développées pour établir les factures.

Les services techniques de l'administration n'avaient pas le temps de se reposer sur les mérites du travail accompli. Même avant la fin des travaux en 1963, des problèmes se manifestaient au niveau de la fluidité du trafic. Ensuite, les réserves au niveau des possibilités de raccordements s'épuisaient rapidement, face au rythme de croissance exponentielle des demandes. La situation la plus critique existait dans le central de Luxembourg-Ville. Le central était débordé de tous les points de vue et les locaux étaient de loin trop petits pour procéder à une extension. La seule solution consistait à l'installation

de nouveaux centraux. Début 1968, un nouveau commutateur EMD a été mis en service au Kirchberg pour connecter les abonnés du plateau et des quartiers environnants, ce qui permettait de libérer des capacités de raccordements au central de la capitale. Un autre moyen d'extension des capacités de raccordement était l'installation de concentrateurs de lignes (Sternwählschalter). Au début des années 1970, le total des raccordements en service se rapprochait de 100.000 unités, dont la moitié a été réalisée au courant des huit années précédentes. Presque 5.000 demandes étaient en suspens, dont la majorité était techniquement non-réalisable.



Contrôle central EMD 1970

Central EMD Luxembourg Gare

En parallèle à la mise en service du commutateur au Kirchberg, un important nouveau bâtiment de télécommunications fut construit dans le quartier de la gare. Il n'était pas seulement destiné à héberger un central nodal, mais également un commutateur automatique international. En 1969, le nouveau central Luxembourg-Gare a été mis en service avec la technologie EMD la plus récente. Il y avait en effet de grandes différences à la fois au niveau du fonctionnement et au niveau de la structure, en comparaison avec le commutateur EMD de Luxembourg-Ville.



Témoignage EMD de Carlo Stemper

Carlo Stemper a commencé sa carrière auprès de l'Administration des P&T au nouveau central EMD à Luxembourg-Gare. Le commutateur gérait au début 10.000 numéros téléphoniques commençant avec les chiffres 48 et 4.000 numéros avec le préfixe 49, soit un total de 14.000 raccordements. Il desservait les localités de Bonnevoie, Howald, Gasperich et Cessange et une partie du quartier Luxembourg-Gare. Pour étendre le réseau local de Bonnevoie, il fallait installer des répartiteurs intermédiaires (Linienverteiler : LV) avec des concentrateurs de lignes, car les câbles souterrains qui passaient en dessous des rails des chemins de fer étaient complètement saturés et il n'était pas possible de poser des

nouveaux câbles entre le central de Luxembourg-Gare et la localité de Bonnevoie. Dans le dossier thématique « Le central EMD de Luxembourg-Gare » de l'exposition virtuelle « 175anspost.lu » Carlo Stemper raconte l'histoire de l'évolution de ce commutateur.

La situation a été assainie dans la suite par le creusement d'un nouveau tunnel sous les rails.

IKA

Lors de l'extension du central local de Luxembourg-Gare avec 3.000 raccordements supplémentaires en 1978, un commutateur dédié pour assurer les communications avec l'étranger a été installé au deuxième et troisième étages du bâtiment des télécommunications à Luxembourg-Gare. Dans le jargon allemand, on l'appelait IKA (Internationales Kopfamt). Si un abonné, peu importe où dans le pays, entrait deux fois le chiffre 0 pour établir une liaison avec l'étranger, il était transmis d'un central à l'autre pour arriver à ce centre de transit international IKA. Quand il composait ensuite le préfixe 33 pour joindre la France, cette direction était sélectionnée par le commutateur qui déterminait sur base des chiffres qui suivaient si l'appel était à acheminer vers Metz, Paris, Strasbourg, etc. De Luxembourg-Gare partaient les liaisons pour toutes les grandes villes de la France et de ses pays voisins, comme par exemple en Suisse, Bâle et Zurich. Avant la mise en service de l'IKA, c'était le commutateur de Luxembourg-Ville qui gérait les communications internationales automatiques.

Au deuxième étage du bâtiment, se trouvaient également les équipements techniques des tableaux manuels. À Luxembourg-Ville, on utilisait encore les tableaux manuels avec système multiple et

cordons à fiche, tandis qu'à Luxembourg-Gare des tableaux manuels de type « sans cordon » ont été installées pour établir les communications téléphoniques internationales vers des destinations non automatisées. Tout fonctionnait grâce à des boutons, même si, en coulisses, il s'agissait toujours de sélecteurs EMD qui réagissaient et pilotaient le système en fonction des boutons actionnés. Une autre nouveauté consistait en une file d'attente. Quand un abonné appelait et que tous les opérateurs étaient occupés, il obtenait une position donnée dans la queue d'attente. Les opérateurs du tableau manuel de Luxembourg-Ville et les agents du service de renseignement ont été transférés au central de Luxembourg-Gare. Quand les abonnés souhaitaient appeler à l'étranger, ils ignoraient, pour la plupart du temps, les numéros de téléphone afférents. Pour obtenir le numéro nécessaire, ils pouvaient contacter le service de renseignement, qui détenait tous les annuaires étrangers et pouvait renseigner l'abonné. Ce service était gratuit pour les numéros internationaux et les numéros nationaux non-secrets qui ne figuraient pas encore dans l'annuaire téléphonique. Si un abonné demandait un numéro inscrit dans l'annuaire, les opérateurs avaient un bouton spécial qui facturait une communication aux appelants en question. Les opérateurs travaillaient par roulement pour assurer un service permanent.

Avec un accroissement du trafic téléphonique international de 12% par an, la capacité de l'IKA n'était plus suffisante pour acheminer toutes les communications pendant les heures de pointe et il fallait procéder continuellement à des extensions. Avec l'importance grandissant de l'IKA, des équipes techniques ont également commencé à travailler en roulement pour assurer une présence sur site de 6h00 du matin jusqu'à 22h00 le soir. Lors de l'apparition d'un incident technique pendant la nuit, un agent ayant astreinte à domicile a été averti par un système d'alarme et s'est rendu sur place pour régler le problème. Il existait également un « correspondant automatique » que le dépanneur pouvait appeler de l'extérieur pour faire un premier diagnostic du problème, en écoutant des tonalités codées où chaque séquence correspondait à une panne spécifique.

Pour des raisons de sécurité, un deuxième central de transit international a été mis en service début 1987 à Belair. Il s'agissait d'un central numérique EWSD. Fin 1987, il supportait quelque 500 lignes au départ vers l'étranger et quelque 400 lignes à l'arrivée, ce qui représentait à peu près la moitié de toutes les lignes internationales.

Transmission avec multiplexage analogique

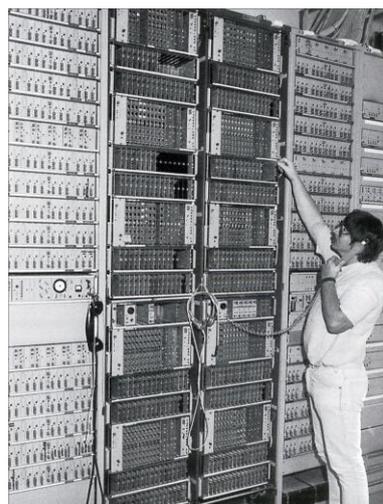
Pour résoudre le problème de la fluidité du trafic, le nombre des lignes de jonction entre Luxembourg-Ville et Esch-sur-Alzette a été augmenté en 1969 de 30%, grâce à la mise en service du premier faisceau hertzien avec 120 circuits, qui a été étendu plus tard à 960 lignes. L'installation d'un deuxième faisceau hertzien entre Luxembourg-Ville et Neidhausen en 1973 a permis de décongestionner tout le nord du pays.

En parallèle, le multiplexage analogique à courant porteur, utilisé progressivement sur quelques circuits dans les câbles de jonction entre les autres centraux, constituait dans une première phase un remède efficace pour adapter la capacité de transmission aux besoins du trafic. Les équipements de transmission nécessaires pour acheminer plusieurs voies téléphoniques sur un même circuit à double fil ont été installés dans les deux centraux reliés. Cette technologie a également été utilisée pour les liaisons internationales. Pour garantir l'interfonctionnement d'équipements sur le plan international, l'Union Internationale des Télécommunications (UIT) avait défini des standards afférents. Dans le cas des systèmes internationaux analogiques à courants porteurs, il s'agit de la recommandation UIT-T G.233, publiée dans le Livre Bleu de l'UIT.

En général, un groupe primaire d'un système à courants porteurs peut transmettre 12 voies téléphoniques, un groupe secondaire assemble 5 groupes primaires et peut donc acheminer 60 voies.

Transmission avec multiplexage numérique

En 1977, la transmission numérique a fait son entrée au Luxembourg. C'était une technologie de transmission plus performante pour rétablir la fluidité du trafic sur des lignes de jonction, car au lieu de transmettre seulement 12 voies, on pouvait transmettre 30 voies téléphoniques sur les mêmes câbles, avec un débit normalisé de 2 Mbit/s. Un autre avantage était la préparation des liaisons de jonction à la commutation numérique, qui se dessinait à l'horizon. La technique était basée sur un système de modulation par impulsion et codage, généralement abrégé en PCM (pulse-code modulation) qui constitue une représentation numérique d'un signal électrique, résultant d'un processus de numérisation. Le signal est d'abord échantillonné, puis chaque échantillon est quantifié indépendamment des autres échantillons, et chacune des valeurs quantifiées est convertie en un code numérique. Le traitement indépendant de chaque échantillon implique qu'il n'y a ni chiffrement, ni compression de données.



Equipements PCM en 1989



Albert Wolter explique l'évolution du PCM

Dans le dossier thématique « La digitalisation des réseaux » de l'exposition virtuelle « 175anspost.lu », Albert Wolter raconte l'histoire du multiplexage numérique.

Dès 1978 des systèmes numériques, fonctionnant avec un débit de 8 ou 34 Mbit/s, ont été mis en service entre Luxembourg et les centraux nodaux. La pose de câbles coaxiaux était toutefois indispensable pour supporter ces vitesses, ainsi que la pose de répéteurs sur les lignes tous les 4 km. Sept ans plus tard, à partir de 1985, la technique du câble coaxial a été abandonnée au profit de celle des fibres de verre qui avaient connu un développement technologique

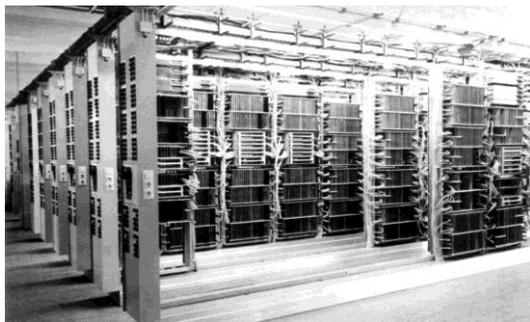
spectaculaire.

5.2.4. Commutateurs semi-électroniques EWSA

Le recours à la transmission de multiplexage analogique, puis numérique, a pu résoudre les problèmes d'encombrement du trafic une fois pour toutes, mais elle ne contribuait nullement au problème des demandes de raccordements en suspens. Au contraire, la bonne qualité du fonctionnement du réseau faisait croître davantage le nombre de nouvelles demandes. Les raccordements non-réalisables dépassaient un total de xxx unités, dont x dans la capitale et y à Esch-sur Alzette. Au milieu des années 1970, la situation était devenue tellement critique que l'administration des P&T ne pouvait plus attendre l'arrivée de la commutation numérique, mais face à la pression politique, elle devait réagir de suite.



Inauguration central EWSA Wobrecken



Equipements au central EWSA Belair

En mars 1979, quelques semaines avant les élections législatives, deux commutateurs semi-électroniques EWSA (Elektronisches Wählersystem Analog), fournis par la firme Siemens de Munich, ont été mis en service dans des nouveaux bâtiments à Belair et à Esch-Wobrecken. Ces commutateurs comportaient chacun un ordinateur central dédoublé. L'établissement des liaisons entre abonnés était effectué par des mini-relais protégés, donc sans intervention de circuits électroniques. Une première liaison de transmission optique a été testée entre Luxembourg-Ville et le nouveau central de Belair en 1983.

En juillet 1982, le cinquième central téléphonique EWSA a été mis en service à Diekirch. Après Belair, Esch/Wobrecken, Kirchberg et Burange, il s'agissait du dernier commutateur de la génération semi-électronique, commandé par ordinateur. Au total 20.000 abonnés étaient alors raccordés à un central EWSA. Le réseau téléphonique national comptait à cette date 49 commutateurs avec xxxx raccordements.

Les données pour la facturation des communications établies par des commutateurs commandées par ordinateur, comme EWSA et EWSD, ont été enregistrées directement sur bande magnétique ou sur disque pour traitement par le service informatique de l'EPT.

5.2.5. Commutateurs numériques EWSD

Le premier commutateur numérique EWSD (Elektronisches Wählersystem Digital), fourni par la firme Siemens de Munich, a été mise en service en 1985 à Belair. Les années suivantes, les centraux de Luxembourg-Ville, Neidhausen, Wiltz, Esch-Wobrecken, Pétange, Hesperange, Burange, Kirchberg, Strassen, Walferdange, Wecker, Ettelbruck, Luxembourg-Gare et Oetrange ont été équipés d'un commutateur numérique. Le matériel des anciens commutateurs a été récupéré pour procéder à des extensions dans plusieurs autres centraux. Certains centraux terminaux ont été remplacés par des unités de connexion déportées, reliées à un commutateur EWSD dans un central nodal.



Central numérique EWSD

L'opération de digitalisation du réseau téléphonique national s'est étendue sur une période de dix années. Le tableau suivant montre la progression de 1988 à 1995 :

1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
12,6%	20%	31%	45%	70%	82%	91,4%	100%

Le dernier commutateur téléphonique analogique a été mis hors service le 28 septembre 1995. À cette date, le Luxembourg était un des premiers pays du monde fonctionnant à 100% en technique digitale. Le nombre total de raccordements téléphoniques s'élevait à 230.512 et le nombre de demandes non-réalisables était descendu à 12. On était au paradis.

Cette infrastructure était l'épine dorsale du RNIS (Réseau numérique à intégration de service), au Luxembourg plus connu sous le nom d'ISDN (Integrated Services Data Network), qui ouvrait la porte à de nombreuses nouvelles applications : vidéoconférence, télétravail, streaming, etc. C'était également la clé de voûte pour l'IN (Intelligent Networks). Nous allons découvrir plus d'informations à tous ces sujets dans des prochains sous-chapitres.

Mais le réseau téléphonique numérique fixe entrait en compétition avec LUXGSM, le premier réseau numérique fixe luxembourgeois, qui a été inauguré en juillet 1993. En plus, la concurrence

de la part d'autres opérateurs, suite à la libéralisation des télécommunications voulue par la Commission européenne, ne se dessinait pas seulement à l'horizon 1997, mais elle était déjà présente sur le terrain depuis le début des années 1990. Ce volet sera traité dans le chapitre 6 avec le titre « Transformations ».

Le niveau de nouvelles demandes de raccordements téléphoniques par an ne baissait pas et il fallait étendre les commutateurs EWSD en continu, pour faire face à cette hausse. Le tableau qui suit montre la progression du nombre total de raccordements téléphoniques pendant 10 ans :

1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
230.512	244.205	279.736	293.083	310.893	330.988	346.763	355.383	360.000	363.268

Il reste à signaler qu'une partie des équipements EMD dans le central de Wasserbillig a été conservée pour servir de musée technique.

5.2.6. Tout IP

Au milieu de la décennie 2000, la commutation téléphonique numérique était à son apogée au Luxembourg. Plus que la moitié des lignes utilisait la technologie ISDN. Le nombre de raccordements analogiques commençait à baisser, le nombre de cartes SIM du réseau LUXGSM dépassait le nombre de raccordements fixes. Les services techniques de la DT avaient procédé en 2004 aux premiers essais avec la téléphonie sur IP (VoIP = voice over IP). De plus en plus de lignes téléphoniques ont été utilisées à d'autres fins, comme la transmission de données ou l'accès à Internet.

Connecting Tomorrow

Le service des médias, des communications et du numérique du Ministère d'État avait organisé du 5 au 7 octobre 2021 une conférence « Connecting Tomorrow : 5G, broadband and beyond » dans les locaux de la LuxExpo. Dans ce cadre, Xavier Bettel a présenté la nouvelle stratégie du gouvernement pour les réseaux de communications électroniques à ultra-haut-débit avec le titre « Une connectivité performante pour tous », couvrant la période de 2021 à 2025. Sur le site web de la conférence « connecting-tomorrow.lu », le lecteur intéressé trouve une archive avec plein de photos et de vidéos concernant les différentes séances de cette conférence.



Conférence Connecting Tomorrow

En 2021, il y avait 265.000 ménages au Grand-Duché, selon le Statec, et 235.000 ménages ayant un raccordement haut débit à Internet, selon l'ILR. 30.000 ménages ne disposaient donc pas d'un accès fixe Internet à haut débit, soit par manque d'intérêt, soit parce que l'Internet mobile leur suffisait, soit parce qu'ils utilisaient Internet au travail. L'autre possibilité était qu'ils habitaient dans une zone exclue d'Internet à haut débit. C'est à ce sujet que les discussions sont devenues animées.



Stratégie 2021 - 2025

La couverture LuxFibre, publiée par POST Technologies, était de 75,2%, celle de DOCSIS 3.x de 90,2%. Au total 67% des abonnés étaient vraiment raccordés à LuxFibre ou DOCSIS 3.x avec un débit potentiel de 1 Gbit/s, mais seulement 8,6% des usagers avaient opté pour cette vitesse. La majorité se contentait d'un abonnement avec des vitesses entre 100 Mbit/s et 1 Gbit/s.

Si on comparait tous ces chiffres avec la situation dans les autres pays en Europe, où le très haut débit signifie souvent 30 Mbit/s, il fallait se demander si cette nouvelle stratégie du gouvernement était nécessaire, surtout si on sait que le déploiement de LuxFibre dans les quelques zones non couvertes coûte très cher à l'opérateur historique. Au titre de sa mission de service public, POST était régulièrement mis sous pression pour qu'elle avance dans l'ouverture de trous pour tirer la fibre optique, ce qui est très onéreux dans les zones à plus faible densité de population ou dans certaines rues en impasse. Souvent, la fibre optique se trouvait

bien au sous-sol des immeubles d'appartements, mais ne montait pas jusqu'à l'endroit où vivaient les gens.

Le chef du gouvernement déclarait qu'il ne s'agissait pas d'une question de technologie, mais d'une question sociale. Il fallait éliminer les points blancs restants, fournir de la connectivité à tous, quelle que soit la situation financière de l'utilisateur final. La stratégie « Une connectivité performante pour tous » a pour objectif d'inciter les propriétaires et les syndicats d'immeubles d'appartements à poser la fibre optique verticalement quand ce n'est pas le cas et d'obliger les opérateurs et les municipalités d'amener la fibre partout où c'est nécessaire.

All IP

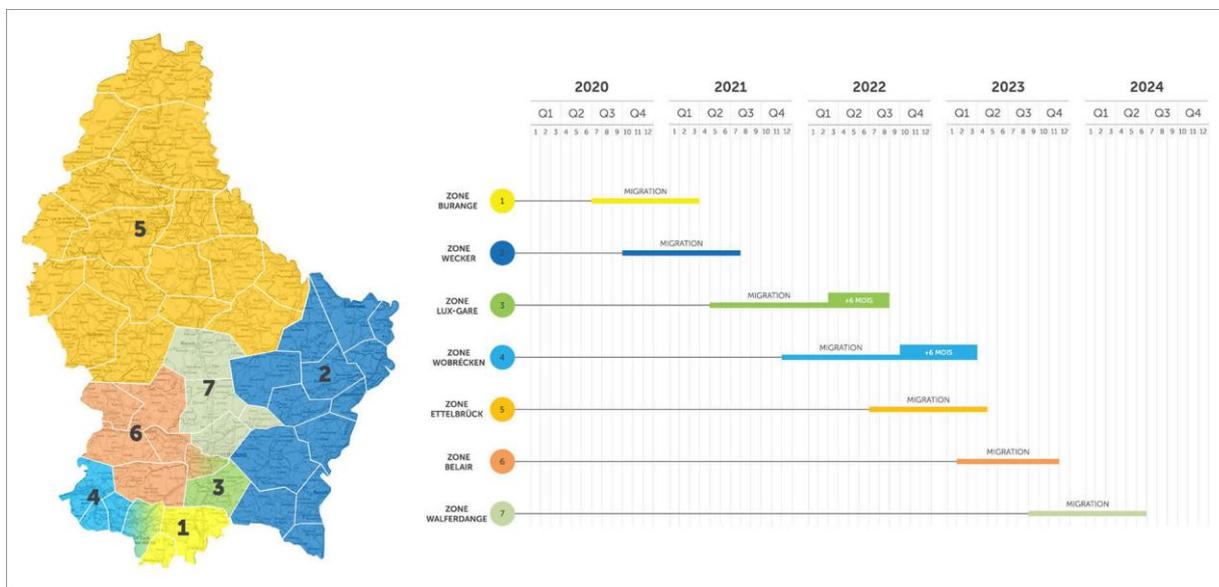
L'opérateur POST Luxembourg n'a pas attendu l'annonce d'une nouvelle stratégie du gouvernement pour progresser avec le déploiement de LuxFibre dans les derniers coins isolés du pays. En 2020, POST Technologies a concrétisé sa démarche sur son site web « www.post.lu/fr/particuliers/internet/all-ip » avec le slogan « Tous ensemble vers le All IP ».



Projet „Tous ensemble vers le ALL IP" de POST Luxembourg

Le projet « All IP » consiste à supprimer progressivement tous les commutateurs téléphoniques numériques encore opérationnels et à transférer les connexions des postes téléphoniques fixes y

raccordés sur LuxFibre. Le calendrier de migration publié sur le site web de POST Technologies présente les sept étapes planifiées. Après l'achèvement des travaux dans les zones de Burange, Wecker, Lux-Gare, Wobrecken et Ettelbruck, les migrations seront terminées en 2024 avec les zones de Belair et Walferdange et la couverture de LuxFibre sera de 100%.



Calendrier des migrations vers „All IP“ planifiées par POST Technologies

À la fin du chapitre « 5.1. La bonne vieille ligne téléphonique », nous étions en 2021 et le nombre de ménages couverts par l'accès à LuxFibre dépassait 75,2%. Contrairement au gouvernement, l'ambition de POST Luxembourg de passer à une couverture de 100% dans un laps de temps de quelques années se base moins sur une raison sociale, mais surtout sur des raisons techniques et économiques. L'exploitation de l'infrastructure existante, avec une variété de réseaux et d'équipements, comporte de nombreux désavantages aux niveaux de la formation du personnel, de l'économie d'énergie, de l'échange de données entre services, de la flexibilité et de la réduction des coûts.

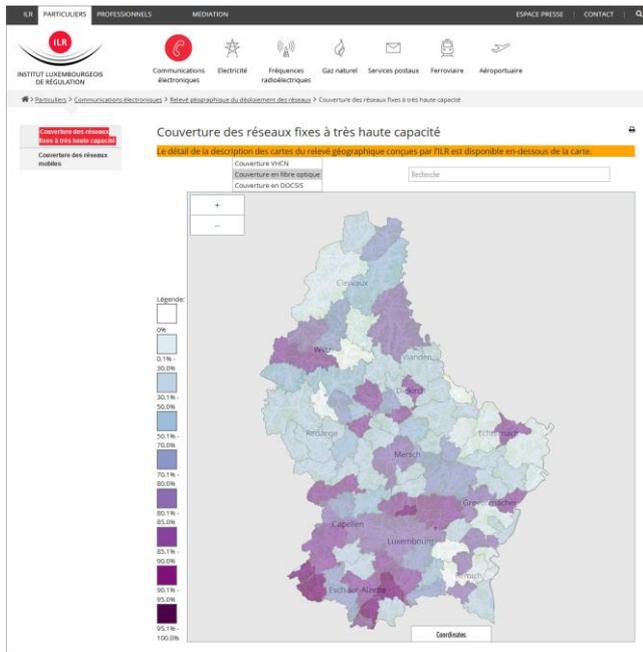
Si tout se passe comme prévu, la téléphonie fixe et mobile classique n'existera plus au Luxembourg à la fin de 2024. Toutes les communications et informations multimédias passeront alors à travers un réseau commun à très haut débit, en utilisant une seule technologie de transmission et de commutation, le protocole Internet. L'utilisation du protocole IP ne veut pas dire que toutes les données circulent sur l'Internet public. Au contraire. Il s'agit d'un réseau de POST Luxembourg sécurisé avec des passerelles protégées vers l'Internet public. Bienvenue dans le monde « All IP ».



Un réseau pour tous les services

Outils de vérification

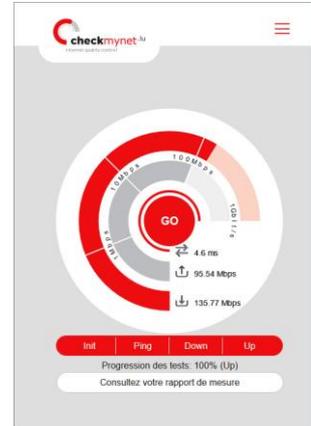
Pour vérifier la disponibilité d'un accès ultra haut débit à son domicile, les opérateurs de télécommunications proposent sur leurs sites web des formulaires interactifs, avec un champ pour entrer son adresse postale. L'IRL présente sur son site web un relevé géographique du déploiement des réseaux LuxFibre et DOCSIS 3.x, en toute indépendance vis-à-vis des opérateurs.



Carte de couverture des réseaux haut débit de l'ILR

J'ai comparé cette carte de l'ILR mise à jour le 24 février 2023 avec les données indiquées par les opérateurs et je ne comprends pas pourquoi les zones colorées en violet sombre ne couvrent pas 90% du territoire. Je vais demander l'avis à l'ILR.

L'ILR propose également un outil pour vérifier le débit d'un raccordement haut débit existant sur le site web « checkmynet.lu ».



Outil Checkmynet