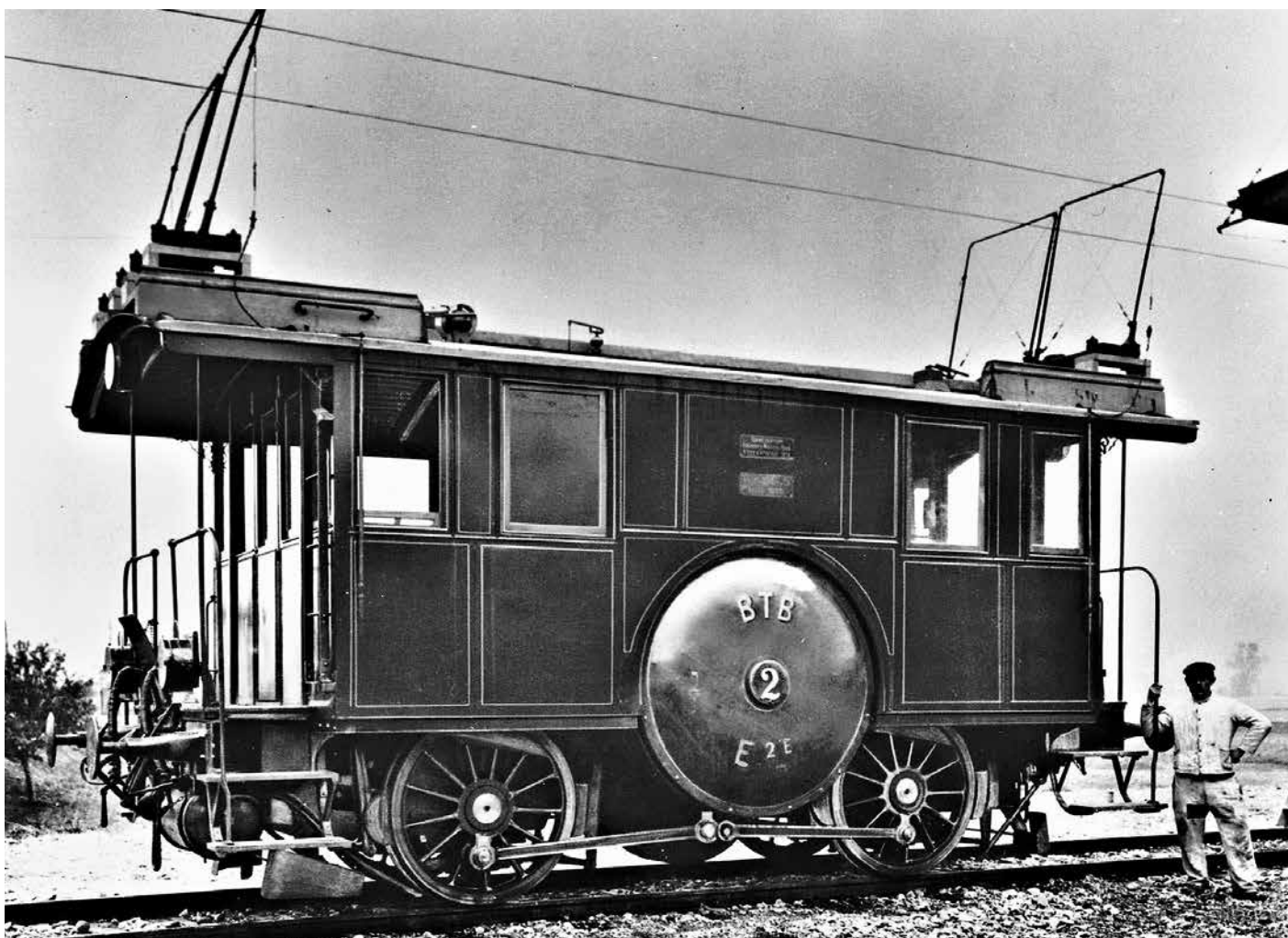




Historique

L'électrification de la grande traction ferroviaire

Une longue
tradition ABB

NORBERT LANG – L'histoire a ses paradoxes : n'est-il pas étonnant que, bien longtemps avant les premiers signes de « globalisation », la technique ait progressé en parallèle dans différents pays occidentaux, malgré leurs disparités géographiques, économiques et culturelles ? Il en est ainsi de l'électrification et de la traction ferroviaires. La décision d'électrifier le chemin de fer dépendait en grande partie de la richesse du pays en ressources houillères ou hydroélectriques. D'où la multiplicité de filières et techniques nationales qui n'ont pourtant pas empêché la naissance de nombreuses innovations remarquables par leur universalité.

Question de fréquence

Saviez-vous que l'un des cofondateurs de la Fabrique de Locomotives et de Machines suisse SLM → 2, en 1871, fut Charles Brown père (1827–1905), dont le nom se perpétue encore aujourd'hui dans l'un des « B » d'ABB ? Constructeur de locomotives de montagne et à vapeur, l'entreprise détient alors, depuis des décennies, le quasi-monopole de la partie mécanique (carrosserie, châssis et organes de roulement) des locomotives électriques suisses. Les deux fils Brown, Charles Eugène Lancelot (futur cofondateur de BBC) et Sidney, sont de la partie : ils conçoivent la première locomotive de grande ligne électrique pour la liaison Berthoud–Thoune de 40 km → photo p. 16. Il s'agissait d'une loco de fret, à deux vitesses constantes (17,5 et 35 km/h), alimentée en alternatif triphasé à 40 Hz. La transmission utilisait des engrenages droits qu'il fallait changer à l'arrêt ; deux gros moteurs asynchrones entraînaient les deux essieux à l'aide d'un arbre intermédiaire et de bielles d'accouplement. La tension de la ligne aérienne de contact était limitée à un maximum légal de 750 V.

En 1903, la Compagnie de l'Industrie Électrique et Mécanique (CIEM), prédécesseur d'ABB Sécheron, électrifie le chemin de fer à voie étroite reliant St-Georges-de-Commiers à La Mure, en France ; l'alimentation est en continu, à une tension exceptionnellement élevée pour l'époque de 2400 V, sous fil de contact aérien double. Presque simultanément, mais chacun de leur côté, les Ateliers de Construction Oerlikon (MFO) et BBC lancent un grand projet d'électrification du réseau exploité par les Chemins de Fer Fédéraux suisses (CFF).

À l'origine, l'alternatif monophasé

De 1905 à 1909, les Ateliers Oerlikon entreprennent des essais de traction monophasée à 15 kV, 15 Hz, sur un tronçon de l'ancien réseau ferré helvétique Nationalbahn reliant Zurich-Seebach à Wettingen (aujourd'hui partie intégrante du réseau suburbain zurichois). La première locomotive Oerlikon est équipée d'un groupe tournant et de moteurs de traction à courant continu (CC) → 3. Une seconde machine est ajoutée en 1905 → 4 : elle conserve la même disposition d'essieux B'B' mais les bogies sont tous deux équipés d'un moteur monophasé à excitation série de 180 kW, directement alimenté par le changeur de

1 Premiers jalons

- 1890 : un prédécesseur de l'entreprise genevoise ABB Sécheron équipe Clermont-Ferrand des premiers tramways électriques français.
- 1892 : le premier chemin de fer à crémaillère électrique (500 V continu) voit le jour au Mont Salève, près de Genève.
- 1894 : les Ateliers Oerlikon livrent les premiers trams électriques zurichois.
- 1896 : les premiers trams électriques BBC font leur apparition à Lugano, en Suisse. L'entreprise suédoise ASEA, fondée en 1883 et devancière du groupe ABB, lance son activité Traction électrique avec des voitures de tram.
- 1898 : BBC équipe les dessertes Stansstaad–Engelberg et Zermatt–Gornergrat, ainsi que la ligne qui grimpe au col du Jungfraujoch, à 3 500 m d'altitude.
- 1901 : ASEA fournit des trams électriques à la ville de Stockholm.

prises du transformateur. La commande par jeu de prises échelonnées sur les enroulements du transformateur allait devenir par la suite la méthode classique de pilotage des locomotives à courant

« Le véhicule à traction électrique, sans doute le plus harmonieux et le plus bel assemblage de composants électromécaniques, ne cesse de poser au génie humain de nouveaux et passionnants défis de conception. »

Karl Sachs

alternatif, jusqu'à l'essor de l'électro-nique de puissance. Les essieux étaient entraînés par un réducteur, un arbre intermédiaire et des bielles d'accouplement. La vitesse maximale plafonnait à 60 km/h. Les moteurs utilisaient un stator

Pour la plupart des constructeurs ferroviaires, les dispositifs et systèmes d'électrification puisent leurs origines dans le tramway. En 1890, un prédécesseur d'ABB Sécheron, à Genève, fournit à la ville de Clermont-Ferrand les premiers trams électriques français → 1, ouvrant la voie à l'électrification des lignes de montagne à crémaillère. En 1898, un autre pionnier d'ABB, Brown, Boveri et C^{ie} (BBC), équipe plusieurs chemins de fer de montagne, comme la célèbre ligne de la Jungfrau qui se hisse au col du Jungfraujoch, à 3500 m d'altitude ; la voie ferrée est d'abord électrifiée en courant triphasé à 40 Hz, avant de passer à la fréquence industrielle de 50 Hz.

Dès leurs premières heures, les voies ferrées locales et de montagne connaissent de fulgurants progrès techniques. Pour autant, cet article se consacrera essentiellement aux développements des grandes lignes ferroviaires à voie normale (écartement de 1435 mm).

Photo p. 16

Première locomotive de grande ligne électrique pour la liaison Berthoud–Thoune (1899)

3 Première locomotive d'essai Oerlikon à groupe tournant et moteurs de traction à courant continu



4 Seconde locomotive d'essai Oerlikon à moteurs monophasés (1905)



Walter Boveri s'opposa à l'exploitation des concessions publiques et réseaux de chemins de fer suisses à différentes fréquences ; son objection déboucha sur le compromis du 16 $\frac{2}{3}$ Hz.

2 Quelques grands noms et sigles du rail

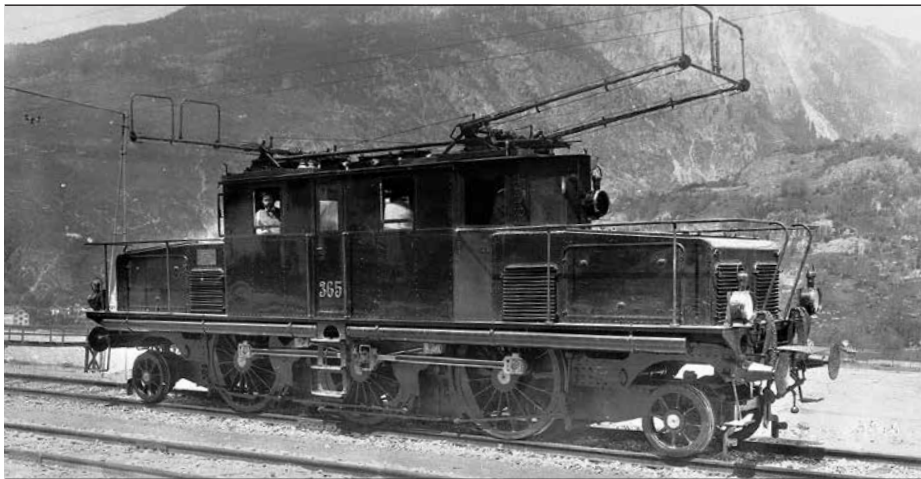
ASEA	<i>Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget</i> , Västerås, Suède (1983–1987) ; ASEA fusionne avec BBC en 1988 pour former <i>Asea Brown Boveri</i> (ABB).
BBC	<i>Brown, Boveri et C^o</i> , Baden, Suisse (1891–1987)
BLS	<i>Chemin de fer du Bern–Lötschberg–Simplon</i> , Spiez, Suisse
CFF	<i>Chemins de fer Fédéraux suisses</i>
CIEM	<i>Compagnie de l'Industrie Électrique et Mécanique</i>
DB	<i>Deutsche Bahn</i> , entreprise nationale des chemins de fer allemands
MFO	<i>Ateliers de Construction Oerlikon</i> (1876–1967), repris par BBC.
ÖBB	<i>Österreichische Bundesbahnen</i> , chemins de fer fédéraux autrichiens
SAAS	<i>Société Anonyme des Ateliers de Sécheron</i> , Genève, Suisse (1918–1969), reprise par BBC.
SJ	<i>Statens Järnvägar</i> , entreprise nationale des chemins de fer suédois, devenue société publique à responsabilité limitée en 2001.
SLM	<i>Schweizerische Lokomotiv- und Maschinenfabrik</i> , Winterthur, Suisse, fondé en 1871 et acquis par ADtranz en 1998.

à pôles saillants et une commutation de champ à décalage de phases. Cette machine rencontra un tel succès que la première locomotive fut adaptée en conséquence. De décembre 1907 à 1909, tous les trains réguliers de cette ligne passèrent à la traction électrique. Néanmoins, la haute tension n'autorisait pas l'emploi de ligne aérienne de contact centrée sur la voie : l'alimentation électrique se faisait par un fil latéral, fixé sur des poteaux en bois. Le contrat prévoyait de retirer ce fil au terme des essais et de restituer la ligne à la traction vapeur, qui ne sera électrifiée qu'en 1942. Cette expérience eut néanmoins un grand retentissement.

Le monophasé à fréquence spéciale pour le Simplon

Fin 1905, BBC se charge d'électrifier, à ses frais et à ses risques, les 20 km du tunnel monovoie subalpin du Simplon reliant Brigue (Haut-Valais suisse), à

Iselle (Italie), en cours d'achèvement. Lever le risque d'intoxication des voyageurs par le monoxyde de carbone des locos à vapeur, en cas de panne du convoi dans ce long tunnel, était le premier argument justifiant l'électrification. Pourtant, il ne restait que six mois avant l'inauguration de l'ouvrage. L'électrification fut réalisée en triphasé à 16 $\frac{2}{3}$ Hz, sous une tension de 3 kV fournie par deux centrales électriques situées de part et d'autre du tunnel. Ce système électrique fut repris pour la ligne de la Valteline (nord de l'Italie), les lignes franchissant le col du Brenner (entre l'Autriche et l'Italie) et du Monte Giovi (province de Florence), ainsi que celle longeant le littoral méditerranéen italien. Le parc d'origine comprenait deux locomotives Ae 3/5 (1'C 1') → 5 et deux Ae 4/4 (0-D-0), à moteurs asynchrones. Le réglage de la vitesse se faisait à l'aide des pôles commutables du stator. Les moteurs lents, montés en bas de caisse, entraînaient les essieux par



1904 voit la création, en Suisse, d'un comité fédéral d'études pour l'électrification du chemin de fer en vue « d'examiner et de clarifier les conditions techniques et financières préalables à l'instauration de la traction électrique sur les lignes ferroviaires suisses ». Plusieurs systèmes d'électrification font alors l'objet d'études approfondies, s'appuyant sur de récentes réalisations. Résultats et conclusions sont régulièrement publiés. En 1912, le comité préconise d'unifier la grande traction ferroviaire suisse autour du courant monophasé sous ligne de contact aérienne de 15 kV, à environ 15 Hz.

des bielles d'accouplement multiples. Ces machines développaient une puissance unihoraire de 780 kW (Ae 3/5) et 1200 kW (Ae 4/4), à la vitesse maxi de 75 km/h. En attendant l'achèvement de toutes les locomotives, trois machines de réalisation équivalente furent empruntées au chemin de fer de la Valteline.

À l'époque, le moteur asynchrone alternatif s'était déjà révélé avantageux pour la traction ferroviaire, par sa robustesse et sa simplicité d'entretien, en l'absence de collecteurs. Mais il n'était pas exempt d'inconvénients : par exemple, un réglage de la vitesse à graduation grossière, du fait de la commutation des pôles, et la ligne de contact à deux fils de l'alimenta-

sonne le glas du triphasé sur la ligne du Simplon avec sa conversion en monophasé 15 kV, à 16 2/3 Hz → 6.

L'électrification du Lötschberg

Avec des déclivités de 2,2 à 2,7 % et des rayons de courbure de 300 m, la ligne alpine qui relie Thoune à Brigue *via* Spiez, exploitée par le Chemin de fer du Lötschberg (BLS) et achevée en 1913, se caractérise par un profil très tourmenté. Dès l'esquisse du projet, il est question d'électrifier le tunnel à deux voies. En 1910, le BLS opte pour le 15 kV à 15 Hz, déjà éprouvé lors des essais réalisés sur la petite ligne Seebach-Wettingen, qu'il porte ensuite à 16 2/3 Hz. Le BLS traçait ainsi la voie de l'électrification du Saint-Gothard mais aussi

des réseaux ferrés allemand, autrichien et suédois qui se rallièrent à ce système.

En 1910, Oerlikon et SLM fournissent au BLS un prototype de locomotive de 1250 kW avec une

configuration d'essieux C-C → 7. Au terme d'essais fructueux, le BLS passe commande de plusieurs locos Be 5/7 (1'E1') de 1800 kW, dont la première est livrée en 1913. En 1930, la Société Anonyme des Ateliers de Sécheron (SAAS) vend au BLS la première de six Ae 6/8 (1'Co) (Co1') mettant à profit l'entraînement individuel des essieux à arbre creux : une conception couronnée de succès puisque ces engins tiraient encore de lourds trains de voyageurs et de marchandises bien après la Seconde Guerre mondiale !

Le Saint-Gothard

Confrontés à la grave pénurie de charbon causée par la Grande Guerre, les CFF décident en 1916 d'électrifier le réseau ferroviaire du Gothard en reprenant le système d'alimentation qui avait fait ses preuves sur la ligne du Lötschberg. Ils demandent alors à des constructeurs, électrotechniciens et mécaniciens suisses, de fournir des prototypes de locomotives, avec d'éventuels contrats à la clé. Trois centrales hydroélectriques alimentées par des barrages de hautes chutes (Amsteg, Ritom et La Barberine) sont immédiatement mises en chantier pour produire le courant nécessaire aux locomotives traversant le Gothard.

C'est alors que Walter Boveri, cofondateur de BBC, s'insurge contre l'exploitation des concessions publiques et chemins de fer suisses à différentes fréquences ; relayée par d'autres détracteurs, son opposition débouche sur le compromis du 16 2/3 Hz (soit le tiers de la fréquence industrielle de 50 Hz).

Boveri propose également d'équiper les locomotives de redresseurs à vapeur de mercure, qui ont déjà donné satisfaction dans l'industrie. Or l'époque n'est pas encore à ces dispositifs « statiques » dont les volumineuses cuves de mercure auraient difficilement supporté les rudes conditions d'exploitation du rail.

L'électrification du Gothard progresse à une telle vitesse que le temps manque pour tester convenablement les locomotives d'essai. Il faut passer commande au plus vite ! L'électricien BBC et le mécanicien SLM fournissent 40 loco-

Sans collecteurs, le moteur asynchrone offre des qualités de robustesse et de simplicité d'entretien pour la traction ferroviaire.

tion triphasée qui compliquait les aiguillages. Le moteur triphasé devait donc rester minoritaire en traction ferroviaire jusqu'à une date récente où les convertisseurs à électronique de puissance ont pu combler ses lacunes sans compromettre ses points forts.

En 1908, les CFF reprennent l'installation : en 1919, deux autres locomotives sont ajoutées et l'électrification s'étend jusqu'à Sion ; un second tunnel voit le jour en 1921. Pour autant, l'année 1930

L'électrification des chemins de fer nationaux suédois débuta avant le premier conflit mondial.

7 Locomotive d'essai des chemins de fer du Lötschberg (1910)



tives de trains de voyageurs (1'B)(B1') et Oerlikon/SLM, 50 locos de fret (1'C)(C1'). Ces deux types de machines sont équipés de quatre moteurs sur châssis entraînant les essieux par un arbre intermédiaire et des bielles d'accouplement. Développant une puissance unihoraire de 1500 et 1800 kW, à une vitesse maxi de 75 et 65 km/h, ces engins ont su répondre aux cahiers des charges des exploitants ferroviaires et passer à la postérité : les locomotives du Saint-Gothard sont en effet devenues l'archétype des véhicules de traction ferroviaire suisses. C'est surtout le cas de la version de fret longue de 20 m à châssis articulé (qui facilite le franchissement des courbes), surnommée « crocodile » pour sa livrée verte → 8. Ces machines de légende assurèrent un service ininterrompu pendant près de 60 ans, tout en étant copiées sous bien des formes dans différents pays ; elles demeurent aujourd'hui la pièce de collection incontournable de tout passionné de modélisme ferroviaire.

La signature Sécheron

En 1921/1922, Sécheron fournit six locomotives Be 4/7 (1'Bo 1')(Bo') au chemin de fer du Gothard. Elles sont équipées de quatre essieux entraînés individuellement par une transmission à ressorts et arbre creux Westinghouse → 9. Malgré leurs bonnes caractéristiques de fonctionnement, ce furent les seuls exemplaires commandés par les CFF, qui n'étaient pas convaincus par la commande individuelle

des essieux. Pour leurs trajets moins montagneux, les CFF commandent 26 locomotives de voyageurs Ae 3/5 (1'Co1') ; dotées de la même transmission à arbre creux, elles atteignent 90 km/h. D'une masse de 81 t, ces machines sont nettement plus légères que leurs concurrentes. Suivent dix unités similaires, baptisées Ae 3/6 III, à disposition d'essieux 2'Co 1'. Ces trois types d'engins de traction, plus connus sous le vocable générique de « Machines Sécheron », ont surtout circulé en Suisse occidentale. La dernière était encore en service au début des années 1980 pour remorquer les trains de transport de véhicules dans les tunnels du Saint-Gothard et du Lötschberg.

ASEA et le secteur ferroviaire

Comme en Suisse, l'électrification des chemins de fer nationaux suédois débuta avant la Première Guerre mondiale. De 1911 à 1914, la ligne de transport de minerai de fer *Malm-banan*, longue de 120 km, est électrifiée. Elle achemine principalement le minerai de fer du gisement de Kiruna, dans le grand Nord lapon, au port norvégien de Narvik, libre de glace toute l'année grâce au *Gulf Stream*. La Suède dispose aussi d'immenses ressources hydroélectriques. La centrale de Porjus alimente cette ligne ferroviaire en monophasé 15 kV à 16 ⅔ Hz (auparavant

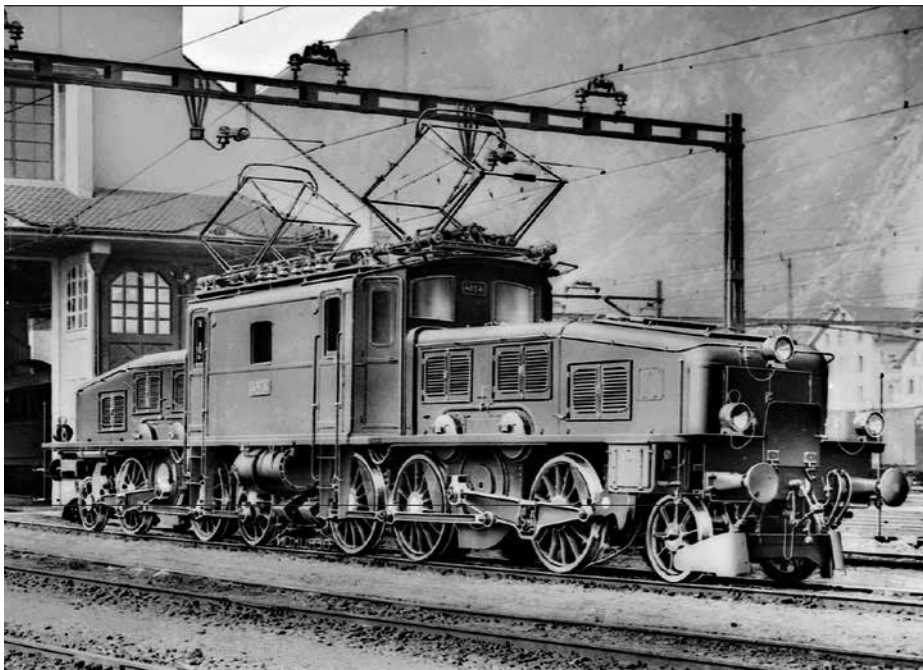
15 Hz). Vers 1920, l'électrification a gagné Lulea via Gällivare, sur le Golfe de Botnie. Le tronçon norvégien de la ligne est électrifié en 1923. Dans cette région, les montagnes culminent à des altitudes moyennes et les rampes de 1 à 1,2 % sont bien inférieures aux déclivités des traversées alpines suisses. Néanmoins, le fort tonnage des trains chargés de magnétite impose de lourdes contraintes aux locomotives. ASEA fournit la partie électrique des 12 locomotives articulées de 1200 kW (1'C)(C1') et équipées d'une transmission à bielles latérales, ainsi que deux locomotives de vitesse similaires de 600 kW (2' B 2'). Dix machines à quatre essieux de 650 kW pour le transport rapide de marchandises leur sont adjointes, principalement utilisées en tandem. En 1925, la grande ligne de la compagnie nationale Statens Järnvägar (SJ)

Les Crocodiles, locomotives emblématiques de la ligne du Gothard

de 460 km reliant Stockholm à Göteborg est électrifiée, ASEA fournissant les locomotives 1'C1' de 1200 kW.

Le succès de la commande individuelle des essieux

Après avoir inauguré la traction électrique sur la ligne du Gothard, les CFF



La conception d'un moteur CA mono-phasé est comparable à celle de son homologue CC, à une réserve près : le réglage de la vitesse ou de la puissance est plus simple en continu.

étendent son rayon d'action aux chemins de fer de plaine et de montagne jurassienne. Vers 1927, la transversale reliant le lac de Constance, à l'est, au lac de Genève, à l'ouest, est électrifiée. BBC et SLM développent les locomotives de voyageurs Ae 3/6 II (2'Co1') mettant en œuvre une nouvelle technique d'entraînement individuel des essieux. Cette « transmission Büchli », du nom de son inventeur, reposait sur le principe suivant : le moteur de traction, solidaire du châssis, attaque par un pignon une couronne dentée située en porte-à-faux, à l'extérieur de l'essieu moteur, qui transmet l'effort de traction à des leviers secteurs et biellettes qui, par l'intermédiaire de manetons, entraînent la roue motrice → 10. 114 unités de ce type circulèrent sur le réseau des CFF. Leurs performances permirent de porter le plafond de vitesse de 90 à 110 km/h. Ce succès confirma la puissance de l'industrie électrotechnique suisse et déboucha sur de nombreuses commandes et contrats de concession pour des locomotives similaires en Allemagne, en Tchécoslovaquie, en France, en Espagne et au Japon. Au total, quelque 1000 véhicules à transmission BBC-Büchli ont été construits.

Néanmoins, les trains de grandes lignes, plus longs et plus lourds, exigent des locos surpuissantes pour franchir les rampes du Gothard et du Simplon. S'inspirant du concept précédent et de la transmission Büchli, 127 locomotives

Ae 4/7 (2'Do1') sont mises sur les rails de 1927 à 1934. Ces machines, malgré une esthétique dénigrée par un célèbre designer suisse de l'époque, ont fait partie, des décennies durant, du parc des CFF et de la ligne du Gothard. La dernière a circulé sur une ligne régulière jusque dans les années 1990.

Les locomotives à bogies de l'après-guerre

Les locomotives décrites jusqu'ici sont majoritairement équipées d'essieux porteurs et d'essieux moteurs, héritages de leurs ancêtres à vapeur. 1944 est une année de rupture technologique pour BBC/SLM avec la fourniture au BLS des premières locomotives à bogies Ae 4/4 (Bo'Bo') de grande puissance, dont les quatre essieux sont tous moteurs. Ces machines de 3000 kW pouvaient atteindre 120 km/h. Dès lors, la quasi-totalité des entreprises ferroviaires opte pour cette réalisation. En 1946, les CFF reçoivent la première des 32 locomotives rapides et légères Re 4/4 I, auxquelles succéderont 174 machines bien plus puissantes, les Re 4/4 II destinées aux trains express et toujours en service. D'une masse de 81 t et d'une puissance de 4000 kW, elles peuvent rouler à 140 km/h.

Le Suédois ASEA s'intéresse à son tour aux locomotives à bogies. La première Ra à disposition Bo'Bo' → 11 fait son entrée sur le réseau en 1955 : ses côtés de caisse moulurés, ses fenêtres en forme

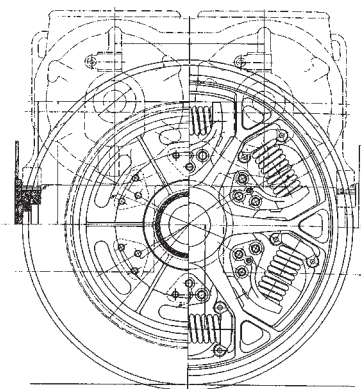
de hublot et son « nez » arrondi ne sont pas sans rappeler les dernières tendances du design américain. Comme ses sœurs helvétiques, elle est équipée de bogies bimoteurs. Légère (60 t), elle atteint 150 km/h. Cette locomotive fut couronnée de succès et resta en ordre de marche jusque dans les années 1980. L'année 1962 marque l'avènement de la première locomotive à redresseurs Rb, suivie par les machines à thyristors Rc en 1967 qui s'exportent aussi en Autriche (type 1043) et aux États-Unis (AEM-7) où elles sont construites sous licence General Motors.

Du redresseur au convertisseur

Sous l'angle conceptuel, un moteur à courant alternatif (CA) monophasé s'apparente beaucoup à un moteur CC. Pourtant, ce dernier se plie avec davantage de souplesse et de simplicité aux exigences de réglage en vitesse ou en puissance. Quand certains pays choisirent d'électrifier leurs grandes lignes en courant continu à 1,5 ou 3 kV, d'autres cherchèrent à acquérir des locomotives embarquant des redresseurs pour convertir l'alternatif en continu. L'un des inconvénients de l'électrification CC est que la tension réseau doit être relativement basse puisqu'il est impossible d'utiliser des transformateurs. D'où une augmentation des pertes en ligne qui oblige à multiplier et à rapprocher les points d'injection du courant (sous-stations). Les constructeurs ferroviaires ont donc longtemps cherché à concilier traction CC

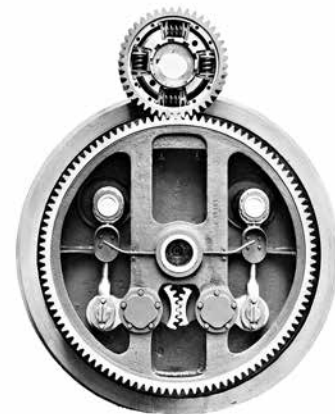
De nos jours, ABB a conclu des alliances stratégiques avec plusieurs grands constructeurs de matériel roulant et fournit des composants de haute technologie pour une foule d'applications.

9 Entraînement Sécheron à ressorts et arbre creux



Des ressorts logés dans la roue motrice découplent le déplacement de l'essieu de celui du moteur, réduisant l'usure de la voie.

10 Transmission unilatérale BBC-Büchli 12395



À l'intérieur de la roue dentée, un système de biellettes et d'engrenages permet la transmission du couple et le libre débattement de l'essieu moteur.

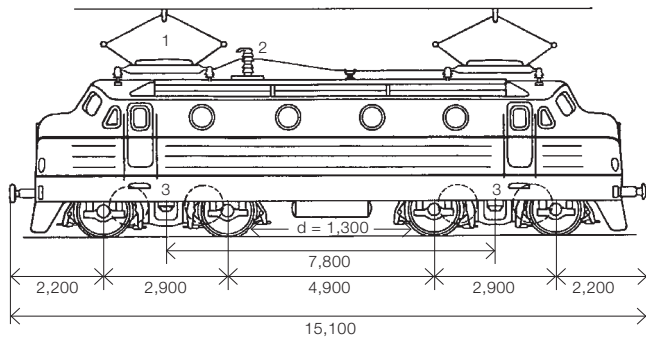
et électrification CA, comme l'atteste la première locomotive Oerlikon de la desserte Seebach-Wettingen (cf. p. 17). Il faut attendre l'avènement du tube monoanodique à vapeur de mercure dans le vide et impulsion d'allumage, encore appelé « ignitron » ou « excitron », pour produire en grandes séries des locomotives à redresseurs (surtout aux États-Unis et dans certains pays du bloc soviétique).

La révolution des semi-conducteurs devait changer la donne avec les composants statiques qui ne tardèrent pas à appareiller les nouvelles locomotives. De 1965 à 1983, le BLS acquiert 35 locomotives Re 4/4 de la série 161 → 12. Au lieu de l'alternatif monophasé, les moteurs de traction sont alimentés en courant continu à travers un redresseur simple alternance et une inductance de lissage. Le redresseur statique à pont de diodes refroidi par bain d'huile ponctionne son alimentation du changeur de prises du transformateur. Ces locomotives possédaient deux moteurs par bogie, placés en parallèle pour réduire le risque de patinage sur les fortes rampes. Capables de développer une puissance unihoraire avoisinant 5 MW, elles ont fait un parcours sans faute ! Une machine fut modifiée pour recevoir des convertisseurs à thyristors et testée avec succès sur la ligne autrichienne du Semmering. L'entreprise ferroviaire ÖBB passa alors commande à la filiale viennoise d'ABB de 216 locomotives de même réalisation (1044).

L'association convertisseurs de fréquence-moteurs asynchrones s'est révélée particulièrement avantageuse. Elle permettait de réaliser un entraînement très uniforme, foncièrement indépendant du type d'alimentation fournie par le fil de contact. Cette évolution amorce la standardisation et la construction de véhicules « polymorphes », aptes à circuler sous différents systèmes de tension et fréquence pour tracter les trains internationaux. De plus, l'emploi de moteurs asynchrones triphasés robustes, sans collecteurs, permet d'économiser sur la maintenance tout en offrant une plus grande puissance massique : les moteurs peuvent alors être soit plus petits, soit plus puissants. Parmi les locos BBC et ABB utilisant cette motorisation, citons l'E120 de la Deutsche Bahn (DB), la Re 4/4 de la ligne Lac de Constance-Toggenburg et de l'entreprise ferroviaire suisse Sihltal Zürich Uetliberg Bahn (SZU), ainsi que les Re 450 et Re 460 des CFF et la Re 465 du BLS.

La grande vitesse

Entre 1989 et 1992, la DB met en service 60 trains rapides interurbains ICE (*Inter-City Express*), dérivés de l'E120. ABB prend part à leur développement. L'ICE1 est composé de deux motrices à moteurs asynchrones triphasés commandés par convertisseurs et de 11 à 14 voitures voyageurs intermédiaires. Une rame d'essai atteint 280 km/h sur la nouvelle ligne Hambourg-Francfort.



En 1990, ABB livre à SJ le premier exemplaire des 20 trains à caisses inclinables X2000 pour le service express entre Stockholm et Göteborg. Avec leurs convertisseurs à thyristors blocables par la gâchette (GTO) et leurs moteurs asynchrones, ils peuvent atteindre 200 km/h. Aujourd'hui ces trains circulent également sur d'autres grandes lignes suédoises, réduisant jusqu'à 30 % le temps de parcours.

Rationaliser le secteur

Aux yeux du grand public, il n'est pas d'autre produit de l'industrie mécanique et électrotechnique aussi prestigieux et emblématique que le matériel roulant ferroviaire. Aussi les pouvoirs publics avaient-ils coutume de privilégier les fournisseurs nationaux pour équiper leurs chemins de fer, malgré quelques exportations. Néanmoins, ce principe commença à être battu en brèche au tournant des années 1980 et 1990. Tout d'abord, la préfabrication des pièces permettait de réduire considérablement les délais d'approvisionnement. Ensuite, ces sous-ensembles préfabriqués pouvaient être montés presque partout ! Bref, cette évolution, combinée à l'ouverture du marché à la concurrence, poussait les industriels à passer d'une stratégie de fabrication complète d'un produit destiné à un marché local à la fourniture de composants visant un marché mondialisé.

ABB et ferroviaire : les grands tournants

En 1988, la fusion d'ASEA et de BBC en ABB a pour effet de regrouper les activités Systèmes de transport de chacun en une société autonome du groupe ABB.

En 1996, ABB et Daimler Benz fusionnent leur branche ferroviaire sous la dénomination ABB Daimler-Benz Transportation (ADtranz). Cette nouvelle entité acquiert les entreprises suisses SLM et Schindler Waggon en 1998. L'année suivante, ABB vend l'activité à DaimlerChrysler, qui cédera par la suite sa branche ferroviaire à Bombardier. Aujourd'hui, ABB ne construit donc plus de véhicules moteurs complets mais continue de fournir les différents composants ultraperformants répondant aux dures exigences de la traction ferroviaire.

Depuis 2002, ABB entretient des partenariats stratégiques avec Stadler Rail, constructeur de matériel roulant de stature internationale, né d'une petite entreprise suisse spécialisée à l'origine dans les locomotives diesel et à accumulateurs pour le service des manœuvres et les lignes industrielles. L'entreprise est à présent un grand fournisseur de trains de voyageurs accouplés en « unité multiple » (UM), mais aussi de trams, de métros et d'autres types de véhicules pour des clients du monde entier. Ces dernières années, ABB a mis au point de nouveaux composants pour différentes tensions et fréquences de la caténaire, et pour la traction diesel-électrique. ABB fournit les transformateurs, convertisseurs de traction, systèmes d'alimentation embarqués et chargeurs de batteries des trains Stadler.

De nos jours, ABB a conclu des alliances stratégiques avec d'autres grands constructeurs mondiaux de matériel roulant et fournit des composants de haute technologie taillés pour les plus fortes exi-



gences d'une multitude d'applications. Porté par la même passion qui a animé ses pères fondateurs, le Groupe reste l'un des chefs de file du marché ferroviaire en perpétuelle croissance.

Cet article est la mise à jour d'une précédente parution (*Revue ABB*, 2/10) pour fêter les 125 ans d'innovation ABB.

Norbert Lang

Archiviste

ABB Suisse

nl@norbertlang.ch

Bibliographie

- Bugli, R. W., *Electrifying Experience: A Brief Account of The ASEA Group of Sweden 1883–1983*, 1983.
- Haut, F. J. G., *Die Geschichte der elektrischen Triebfahrzeuge*, vol. 1, 1972.
- Huber-Stockar, E., *Die Elektrifikation der Schweizer Bundesbahnen*, 1928.
- Machefert-Tassin, et al., *Histoire de la traction électrique*, 2 volumes, 1980.
- Sachs, K., *Elektrische Triebfahrzeuge*, 3 volumes, 1973.
- Schneeberger, H., *Die elektrischen und Dieseltriebfahrzeuge der SBB*, vol. I : Baujahre 1904–1955, 1995.
- Teich, W., *BBC-Drehstrom-Antriebstechnik für Schienenfahrzeuge*, Mannheim (Allemagne), 1987.
- *ABB review*, 1988–2016.
- *ASEA Journal* (édition anglaise), 1924–1987.
- *BBC Mitteilungen*, 1914–1987.
- *BBC Nachrichten*, 1928–1943, 1950–1987.
- *Bulletin Oerlikon*, 1921–1970.
- *Bulletin Sécheron*, 1929–1972.