

LA TRACTION FERROVIAIRE

INTRODUCTION

Ce n'est qu'à partir de 1912, qu'en France, la traction électrique commença à s'appliquer aux transports à grande distance.

La distribution de l'électricité se fait le plus souvent par une ligne de contact aérienne, à suspension caténaire. Un dispositif articulé porté par la locomotive, le pantographe, frotte en permanence sur le fil de contact et assure le captage du courant avec retour par les rails. Afin de réduire les pertes en ligne, la tension à la caténaire est fixée à la valeur la plus élevée possible.

La plupart des engins électriques en service utilisent [le moteur à courant continu et à excitation série](#). C'est en effet un moteur robuste qui développe un couple important au démarrage et supporte bien les surcharges. De plus, ne s'emballant qu'à vide, il n'y a aucun accident à craindre puisque le moteur est constamment en prise avec une machine lourde à entraîner (la locomotive).

Cependant, il nécessite un entretien suivi au niveau du système balais-collecteur et sa tension de fonctionnement est limitée par les risques d'arcs destructeurs entre les lames du collecteur (flashes).

C'est pourquoi à partir des années 80, grâce aux progrès effectués en électronique de puissance on lui préfère le moteur synchrone.

I. LE SYSTEME D'ALIMENTATION DU RESEAU FERROVIAIRE

L'évolution de l'électrotechnique fit adopter, dès 1920, en France, l'utilisation d'une tension spécifique de traction, le 1500 V continu jusqu'en 1950. La valeur de cette tension a été fixée par des contraintes techniques : ne pouvant pas subir de transformation, il fallait que la tension à la caténaire soit la valeur nominale de la tension d'alimentation des moteurs de la locomotive. Or, la construction des moteurs à collecteurs, qui sont utilisés en traction électrique, devient délicate pour les tensions supérieures à 1,5 kV. C'est ce qui a conduit à choisir la tension de 1,5 kV pour l'alimentation de la caténaire.

Cependant, le principal reproche que l'on puisse faire à l'électrification en courant continu est le prix élevé des installations fixes.

C'est pourquoi, grâce au progrès de l'électrotechnique et grâce à l'apparition de l'électronique de puissance, Louis Armand fit adopter à partir des années 1950 l'utilisation de la tension industrielle monophasée 25 kV-50 Hz. Le réseau de distribution E.D.F suffisamment dense et puissant devait permettre un raccordement aisé en tout point du territoire.

Fin 1985, le réseau ferroviaire français était équipé de 5737 km en 25 kV-50 Hz et de 5727 km en 1.5 kV continu.

La jonction entre ces 2 systèmes d'électrification est réalisée grâce à l'emploi de machines électriques bicourants aptes aux 2 types d'alimentation.

II. TRACTION A L'AIDE D'UN MOTEUR A EXCITATION SERIE

1. Traction en courant continu

Le [moteur série](#) est alimenté directement par la tension à la caténaire. Cette tension est relativement basse : 1,5 kV.

Cette contrainte impose, d'une part, une caténaire lourde et de section importante pour véhiculer de très fortes intensités avec le minimum de pertes et, d'autre part, des sous-stations assez rapprochées (tous les 10 à 25 km).

Exemple de locomotive à courant continu :

La locomotive BB9300 peut fournir une puissance de 3850 kW, ceci à la vitesse maximale de 160 km/h. Ses 4 moteurs de 4860 kg chacun, sont alimentés sous 1.5 kV et absorbent un courant de 680 A. Leur fréquence de rotation nominale est 720 tr/min.

2. Traction en courant monophasé

La traction en courant monophasé permet, au contraire, d'utiliser une tension en ligne élevée qui est abaissée sur la locomotive par un transformateur. La caténaire et les supports-caténaires peuvent alors être considérablement allégés, les sous-stations plus espacées (50 à 60 km).

Tout d'abord on utilisait des moteurs fonctionnant directement en courant alternatif ([moteurs universels](#)), mais pour des problèmes de commutation au niveau des collecteurs et grâce aux progrès de l'électronique de puissance, on préfère depuis les 30 dernières années, utiliser des moteurs à courant continu et à excitation série commandés par des **redresseurs**.

Ces redresseurs convertissent le courant alternatif délivré par le secondaire du transformateur de la locomotive en courant ondulé pseudo-continu. Ils permettent d'obtenir un réglage continu de la tension d'alimentation des moteurs.

Un inverseur changeant le sens du courant dans un des enroulements du moteur (inducteur ou induit) permet le changement du sens de la marche.

Pour réaliser un **freinage** efficace, on peut faire fonctionner les machines à courant continu en [génératrice](#). L'énergie électrique ainsi produite peut être dissipée sous forme de chaleur dans des blocs de résistances (freinage rhéostatique) ou renvoyée sur la ligne d'alimentation moyennant une commutation appropriée (freinage par récupération).

Accumulant 3 millions de km entre 2 grandes révisions, les moteurs de ces locomotives, ne demandent une rectification du collecteur que tous les 700000 à 800000 km.

Parmi les locomotives fonctionnant directement en courant alternatif, c'est la BB 13016 qui fut construite en plus grand nombre. Elle peut fournir une puissance de 2130 kW et ce, à la vitesse maximale de 120 km/h. Ses 4 moteurs (octodécapolaire) de 4350 kg chacun, sont alimentés sous une tension de valeur efficace 265 V et absorbent un courant de 2950 A. Leur fréquence de rotation nominale est 745 tr/min.

Parmi les locomotives bicourants actuellement en service et utilisant des moteurs à excitation série commandés par des redresseurs, on peut citer :

- La BB 25201,
- Le TGV Paris – Sud – Est.

2.1. La BB 22200

Cette locomotive comporte 4 moteurs et, en version bicourant, peut fournir 3400 kW sous caténaire en continu et 4130 kW sous caténaire en monophasé, ceci à la vitesse maximale de 160 km/h.

Sous caténaire en continu (1,5 kV), ses moteurs de masse 3760 kg chacun, sont alimentés sous une tension de 750 V et absorbent un courant de 1200 A. Leur fréquence de rotation nominale est 865 tr/min.

Sous caténaire en monophasé (25 kV-50 Hz), ses moteurs sont alimentés sous une tension de valeur efficace 1050 V et absorbent un courant de 1040 A. Leur fréquence de rotation nominale est 1260 tr/min.

2.2. Le TGV Paris-Sud-Est (PSE).

Les TGV PSE, en service depuis septembre 1981, sont équipés de motrices développant une puissance de 6450 kW. D'une masse totale en charge normale de 418 tonnes et d'une longueur de 200 m, chaque élément TGV se présente sous la forme d'une rame articulée composée de 2 motrices encadrant 8 remorques. Les TGV sont bicourants (1,5 kV continu et 25 kV-50 Hz) pour pouvoir circuler aussi bien sur la ligne à grande vitesse électrifiée en courant monophasé que sur le réseau existant équipé pour la majeure partie en courant continu.

Le réglage de la tension aux moteurs s'effectue par des ensembles à thyristors fonctionnant en pont mixte sous courant monophasé et en hacheur de courant en continu.

III. TRACTION A L'AIDE D'UN MOTEUR SYNCHROME

Connu depuis ses débuts de la traction électrique, le moteur sans collecteur n'avait jamais pu être adopté avec succès. Et pourtant, il était excellent dans la mesure où l'absence de collecteur, donc de point d'usure, le destine particulièrement aux longs parcours ferroviaires.

Si le moteur asynchrone a pu trouver des applications industrielles avec des petits moteurs ou sur certaines automotrices légères, le moteur synchrone, lui, trouve enfin une possibilité d'application grâce à l'électronique, qui permet, à partir de signaux captés sur son arbre, de «piloter» le moteur. Il triomphe depuis 1988, avec la BB 26000 et le TGV Atlantique.

1. La BB 26000

La locomotive BB 26000, grâce à son type de moteur et son «pilotage» électronique, peut donc tout faire, de 0 à 200 km/h. Quel que soit le courant reçu, 1500 V continu ou 25000 V monophasé, elle donne la même puissance : 5600 kW. Ajoutons que sa masse restreinte (90 tonnes) lui permet de circuler sur toutes les lignes.

2. Le TGV Paris – Sud - Ouest (PSO).

Le recours aux motrices du type «Sybic» et équipées de moteurs synchrones autopilotés fournit une puissance supérieure à celle des rames du PSE (6400 kW). Chaque rame Atlantique possède une puissance installée de 8800 kW en régime de croisière, et jusqu'à 10400 kW en régime de mise en vitesse.