

## 1.1 Introduction

Le chemin de fer existait déjà depuis longtemps lorsqu'apparut la traction électrique. C'est cependant celle-ci qui lui permit de connaître le large développement qu'il a atteint maintenant :

- Augmentation des charges de trains.
- Augmentation des vitesses et des accélérations conduisant à une réduction des temps de trajet.

Comparée à une locomotive à vapeur, puis à la locomotive diesel de même masse, non seulement une locomotive électrique dispose d'une puissance nominale bien plus élevée, mais aussi elle peut développer pendant un temps court une puissance encore plus grande, de 50 % à 100 % supérieure. Cette propriété de la locomotive électrique justifie les lourds investissements en électrification dès que le trafic devient important sur une ligne, reléguant le diesel –successeur de la vapeur – aux lignes à trafic faible voire sporadique.

## 1.2 Introduction à la deuxième édition

Durant cette dernière décennie, des progrès considérables ont vu le jour et il nous paraît que c'est une nouvelle ère de la traction électrique qui s'ouvre: si des technologies ont disparu ou presque, d'autres se sont affirmées de manière intangible.

Vers la fin du siècle dernier, d'aucuns pronostiquaient la fin du chemin de fer à plus ou moins longue échéance. Il est vrai que la concurrence, désordonnée, de la route et de l'aviation ont porté un coup sensible au "fer", mais ce dernier a fait mieux que se défendre et a apporté un nouveau visage à ce moyen de transport dans plusieurs domaines: *la grande vitesse*, le *fret* (comme on appelle aujourd'hui le transport des marchandises) et les *déplacements urbains*.

En matière de transport de voyageurs (que la mode actuelle désigne sous le vocable de *passagers – passengers*) il faut d'abord citer l'extraordinaire maturité de la très grande vitesse à longue distance (ce qui correspond en langage ferroviaire à la moyenne distance en aviation). Il ne s'agit plus maintenant de quelques modestes tronçons d'essai, mais de réseaux nouveaux tels que les *Shinkansen* japonais ou les *TGV*, *AVE* et *ICE* européens en pleine expansion, en plein progrès et – surtout – en plein succès.

En même temps, le transport de choses (les matières premières, les marchandises, la poste,...) fait preuve d'une vitalité nouvelle, malgré la concurrence forcenée de la route, mal gérée et ingérable. Le rail se défend en introduisant la notion de trains très lourds, sorte de puissants cargos sur rail ou même quasi-démesurés dans des pays où jusqu'ici rien ne se faisait ou presque. Nous pensons aux nouvelles lignes de pondéreux au Brésil, en Afrique du Sud en Australie et ailleurs. Même en Europe – sur des lignes à profil très difficiles – on voit apparaître des convois en double, triple, voire quadruple traction, de *plusieurs milliers* de tonnes.

Enfin, citons encore l'immense potentiel des transports urbains, avec l'énorme capacité des métros locaux ou de banlieue (réseaux dits RER) sans oublier la renaissance du tramway moderne. Ce tramway si décrié il y a peu d'années seulement, mais qui est bien maîtrisé et admis aujourd'hui.

Ces progrès spectaculaires n'auraient jamais pu être concrétisés sans l'apport des technologies nouvelles fondées sur l'électronique de puissance et l'électronique de commande (ou de pilotage) ainsi que sur les transmissions mécaniques innovantes. Ce sont toutes ces technologies nouvelles qui ont permis la maîtrise des très grandes vitesses, des très fortes

charges, des économies d'entretien (la fameuse *maintenance*). Par ce techniques, on a pu réaliser des engins moteurs poly-systèmes à faible surcoût en regard des mono-systèmes: on tend ainsi vers une universalité du matériel de traction, impensable il y a peu et qui facilitera les échanges internationaux, mais aussi un spécialisation en fonction des tâches assignées: banlieue, fret, grande vitesse. Ces techniques on aussi permis la réalisation de véhicules surbaissés qui accélère les échanges d'usagers aux points d'arrêt.

La traction monophasée à fréquence industrielle se développera inexorablement en grande traction partout où les responsables de l'énergie électrique voudront bien l'utiliser à bon escient. Certes, les systèmes à courant continu continueront à être employés en trafic urbain et suburbain. Si certains réseaux devront conserver le courant continu à moyenne ou haute tension et d'autres le monophasé à fréquence spéciale – leur structure ne pourrait être transformée abruptement qu'au prix de coûts exorbitants – on ne leur voit pas en tout objectivité un grand avenir de développement. Même des "maillons manquants" pourraient être électrifiés en fréquence industrielle au milieu de réseaux électrifiés autrement, sachant qu'on fera appel à des engins poly-systèmes.

Notre ouvrage mentionne aussi la traction diesel-électrique. On aurait mauvaise grâce de passer sous silence que la traction thermo-électrique est un des acteurs importants du trafic lourd et même très lourd, en particulier là où les frais d'électrification ne se justifient pas au vu de la faible fréquence des convois sur des lignes parfois longues et isolées. Dans ce domaine aussi, les électroniques ont fait une irruption logique.

En une décennie, de grands bouleversements sont apparus dans le domaine de l'industrie ferroviaire: non seulement des moyennes entreprises, mais de grandes industries réputées et expérimentées ont disparu, des regroupements ont été faits, parfois cahin-caha, parfois avec brutalité. Nous pouvons même admettre que cela s'est fait au détriment de la connaissance (le fameux *know-how*), évanouie, disparue peut-être avec le départ de fins connaisseurs et de bons spécialistes. Nous ne polémiqons pas, nous constatons. Comme nous constatons aussi que certains gestionnaires du chemin de fer ou des transports publics – malgré de cuisantes expériences – les ont menés vers des échecs notables. Malgré les errances probables, nous continuons à croire au formidable potentiel offert par la traction moderne, sur rail en particulier, comme à son important impact socio-géographique, heureux complément au désordonné trafic automobile.

Un cours de traction électrique peut encore, et doit encore, se donner dans une grande Ecole à qui il incombe de former les futurs cadres techniques des transports terrestres organisés de demain. C'est eux qui seront indispensables et capables de la saine gestion de ce domaine indispensable à la vie de l'homme moderne.

### 1.3 Introduction à l'édition en ligne

Dans les documents mis en ligne, on mettra le poids sur les solutions novatrices qui permettent aux transports publics – urbains, régionaux ou à longue distance – de connaître une phase de développement soutenu. On évoquera cependant quelques solutions anciennes, de manière moins détaillée que dans l'édition imprimée :

- La durée de vie des véhicules ferroviaires permet à des conceptions, qui peuvent aujourd'hui paraître obsolètes, de poursuivre une activité régulière en service commercial.
- La connaissance historico-technique aide à comprendre des comportements dynamiques (électriques ou mécaniques) de manière à expliquer des choix technologiques récents.

Par rapport à la version imprimée, on a conservé les mêmes numéros de figures, mais leur présentation peut être un peu différente, notamment pour mettre en évidence comment on passe de traction à freinage. Ce résumé invite à acquérir la [version complète](#) aux PPUR.

## 1.4 La locomotive : un convertisseur d'énergie.

La fonction d'une locomotive *électrique* est de convertir de l'énergie électrique en énergie mécanique. Comme cette conversion varie dans le temps, on doit plutôt parler de conversion de puissance.

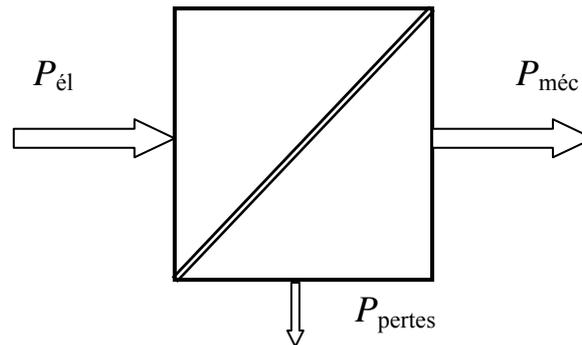


Fig. 1.1 Conversion de puissance.

On peut détailler la conversion en trois étapes.

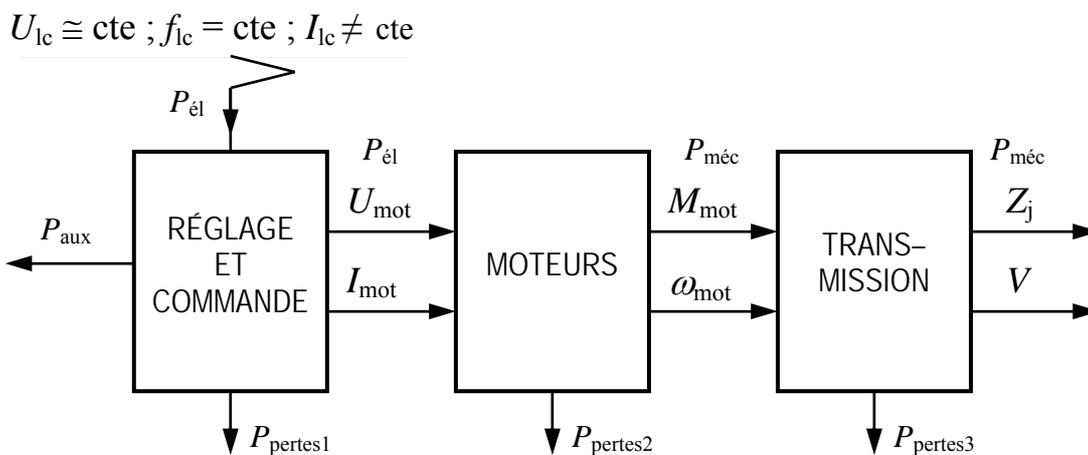


Fig. 1.2 Flux et types de puissance dans une locomotive en traction.

En cas de freinage électrique, une conversion dans le sens inverse est opérée.

## 1.5 La construction de locomotive : une tâche pluridisciplinaire.

La conception, la construction et l'exploitation d'une locomotive électrique font appel à une large panoplie de sciences et techniques (Fig. 1.3). De plus en plus, il est nécessaire de mettre en place ce concept pluridisciplinaire dès la conception, afin d'optimiser le véhicule.

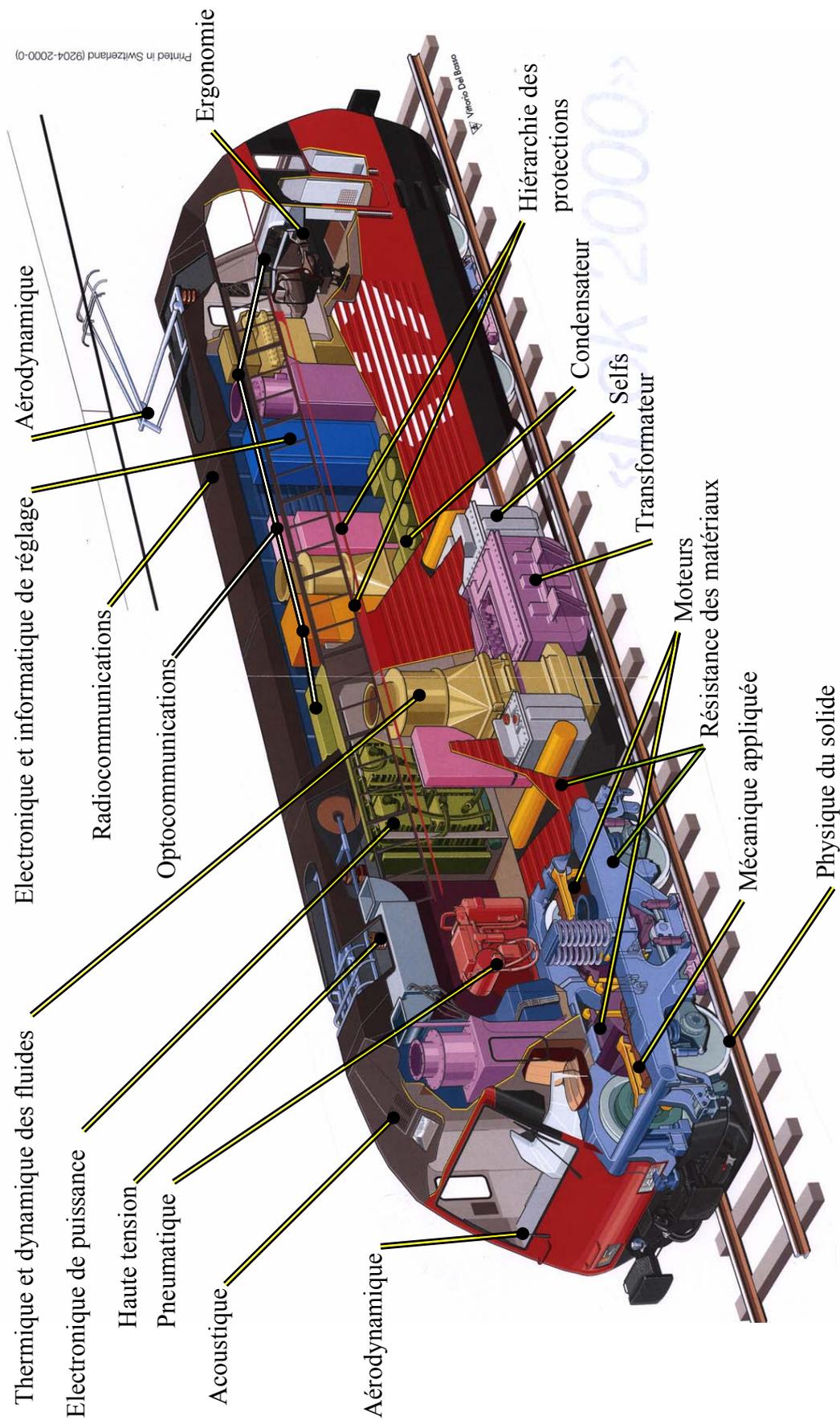


Fig. 1.3 Une locomotive et les techniques appliquées.