

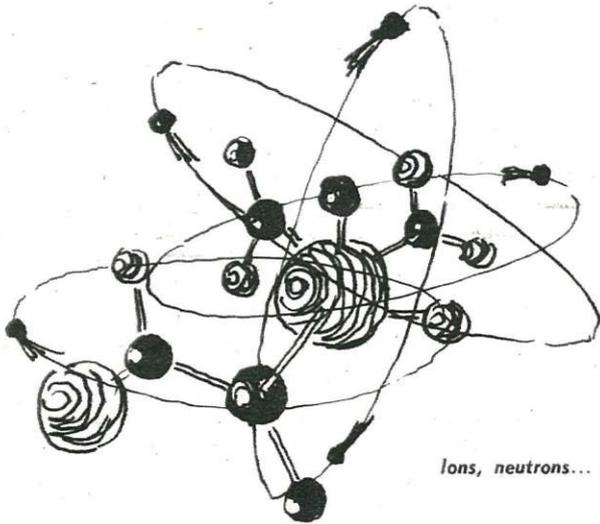
# LES ORIGINES DU MOTEUR

## Théories élémentaires et... embrouillées

CERTAINS « profs » ont une façon vraiment originale de nous apprendre l'électricité.

A l'école primaire, ils nous décrivent la pile électrique : un vase rempli d'électrolyte, deux électrodes, etc. C'est le prétexte choisi pour déclarer, avec beaucoup d'assurance, que le courant électrique circule du positif vers le négatif dans le circuit extérieur. Cela paraît logique, au moins en... comptabilité !

Quelques années plus tard, d'autres « profs » exposent des notions élémentaires sur la constitution de la matière, théorie qu'ils croient devoir illustrer par des mots assez barbares : molécule, atome, noyau et électrons. Ils en profitent tout de suite pour « brûler ce que nous avions



adoré », et affirment, avec autant d'assurance que leurs prédécesseurs, que le courant électrique circule du positif vers le négatif.

Il n'y a pas de doute qu'ils suivent maintenant, avec intérêt et... inquiétude, les derniers progrès de la science — ions, neutrons, particules alpha à oméga, isotopes, semi-conducteurs et transistors (?) — et que, manquant absolument de scrupules, ils sont déjà prêts à nous faire « adorer ce qu'ils viennent de brûler », et à décider de manière définitive (?) que le courant va tout de même du positif vers le négatif (1).

Voyez comme c'est compliqué. Et combien nous avons raison d'attendre patiemment que les savants se mettent une bonne fois d'accord.

Les mêmes « profs » nous enseignent aussi le magnétisme : science qui fait intervenir le pôle Nord et le pôle Sud ! On croyait avoir compris, quand tout à coup ils introduisent les notions de pôle géographique et de pôle magnétique, et ils créent ensuite une nouvelle confusion dans les esprits en faisant des allusions précises

(1) Pour l'explication de certains termes scientifiques, l'auteur recommande éventuellement la lecture d'une encyclopédie. Le lecteur y apprendra, pour son plus grand profit, que l'ion est le produit de l'ionisation, et que l'ionisation produit des ions.

à des notions de déclinaison magnétique. Le résultat est clair : l'aiguille de la boussole n'indique pas le nord. Elle indique le sud ! Autant dire qu'on a perdu le nord, fait qui, lui seul, justifie déjà les expéditions scientifiques de l'année géophysique internationale au pôle... Sud.

Dans d'autres domaines encore, les « profs » compliquent les choses. Un moteur électrique n'est pas seulement cette masse noire, lourde et visqueuse, que les cheminots connaissent, et qui pend dans les bogies des automotrices et des locomotives électriques et diesel électriques.

On peut aussi en faire la théorie. Quelle aubaine !

Il y est question d'un champ magnétique fixe dans lequel se trouve un conducteur parcouru par du courant et ce conducteur est soumis à une force, et il se déplace sous l'action de cette force due au champ et au courant. On appelle cela de l'électromagnétisme, et, pour rendre cette théorie rébarbative un peu plus amusante, on nous enseigne aussi la règle des trois doigts de la main gauche. Ou de la main droite ?

Constataction rassurante : cette règle est généralement bien connue à la veille d'un interrogatoire, mais, devant le tableau noir, le candidat-électricien la confond volontiers avec d'autres règles, ce qui lui permet élégamment d'introduire dans son discours les noms d'Ampère, de Fleming et de Maxwell.

Au jury de se défendre maintenant !

Admettez pour finir que le champ soit produit par un électro-aimant (c'est-à-dire du fer doux, avec une bobine de fil isolé autour, et du courant dans la bobine), voilà un vrai moteur.

Dès ce moment, malheureusement, les esprits « scientifiques » s'emparent à nouveau de la question et nous compliquent la vie en introduisant des notions de magnétisme rémanent, de force coercitive, de phénomène d'hystérésis, de courants de Foucault, de force magnéto-motrice, de reluctance et de... réactions d'induit. Pour ne pas citer Hopkinson et la loi à laquelle il a donné son nom.

Cela n'en devient pas plus simple.

Et cependant, ce n'est même pas ainsi qu'est née la locomotive électrique !

## Naissance de Zénobe Gramme

Zénobe Gramme naît en 1826.

Nous en reparlerons plus loin. Un esprit imaginaire aurait écrit ici qu'à la naissance de Zénobe, une bienfaitrice a déposé une dynamo dans son berceau. Nous devons à la vérité de dire qu'à cette époque Gramme ne songeait pas encore à fabriquer de l'électricité. Il avait, au contraire, des prétentions à caractère moins scientifique et plus matériel.

Exiger bruyamment son biberon par exemple !

## Les premières locomotives électriques

La première locomotive électrique date de 1842. Elle a circulé entre Edinbourg et Glasgow. La locomotive

# LECTRIQUE A COURANT CONTINU

vapeur n'avait que dix ans, et les Ecossais — c'est un trait de leur caractère! — voulaient déjà économiser quelque chose, en l'occurrence le charbon.

Cette machine, imaginée par R. Davidson, pesait cinq tonnes, possédait deux essieux, avait une puissance d'un cheval et remorquait un véhicule de six tonnes à six kilomètres à l'heure.

La locomotive, sans cheminée — encore une économie — et sans fumée, avait la forme d'un wagon à marchandises. Mais son moteur n'était pas un vrai moteur. Davidson, ne connaissant pas la règle des trois doigts, avait imaginé la solution suivante, qui n'est pas bête d'ailleurs.



Elias...

Les essieux étaient en bois. Suivant quatre génératrices décalées de 90° du cylindre, qui constituait l'essieu moteur, il avait disposé quatre grosses règles en fer. En face de ces règles, de puissants électro-aimants, étaient fixés solidement sur le châssis. En bout d'essieu était situé un tambour, divisé en secteurs alternativement isolants et conducteurs, sur lequel appuyaient des frotteurs, ce système étant intercalé dans le circuit d'alimentation des électro-aimants. Des piles constituaient la source d'énergie. Les électros attiraient les règles métalliques, l'essieu tournait, la locomotive avançait... Ou reculait. L'histoire ne le précise pas.

Avant cela, en 1834, l'Américain T. Davenport avait effectué des essais de laboratoire, suivis de démonstrations publiques, à Boston et à Springfield (Massachusetts), au moyen d'une locomotive à échelle réduite, équipée d'un vrai moteur à aimant permanent. Faute de crédits, ou découragé par le manque d'intérêt suscité par ces expériences, il avait arrêté les démonstrations.

Revenons en Europe, et nous y trouvons Elias, qui, en 1842, à Haarlem, dans son laboratoire situé au milieu des champs de tulipes, réfléchit beaucoup et définit de nouveaux principes dont lui-même ne fera rien, ou presque.

En 1853, A. Pessolo, dans le Piémont, fabrique un moteur toroïdal. Autour d'un anneau circulaire creux, il dispose plusieurs bobines, qui sont alimentées successivement au travers d'un commutateur tournant. A l'intérieur

du tore que constitue cet anneau creux, il a auparavant introduit un anneau plein, la moitié de cet anneau étant en fer et l'autre moitié en métal non magnétique. En alimentant les bobines au travers du commutateur — qu'on tournait à la main! — l'anneau plein tournait à l'intérieur de l'anneau creux. Mais cet anneau plein était inaccessible et ne pouvait même pas servir à faire tourner le commutateur! En somme, et malgré son caractère scientifique, cette disposition était moins intéressante que celle qui consiste à s'asseoir à califourchon sur un âne, en lui tenant une botte de chardons devant le nez pour le faire avancer. Pour autant qu'il veuille avancer!

## Le transport de l'énergie électrique

En Italie toujours, Pacinotti, qui a lu les travaux d'Elias, réalise un vrai moteur électrique en 1864. Il le regarde attentivement pendant trois ans et, à son tour, réfléchit beaucoup à la question.

En 1867; il publie un mémoire sur la réversibilité des phénomènes qui se passent dans un moteur électrique (un moteur est une dynamo, et une dynamo est... un moteur) et sur la possibilité de transmettre de l'énergie en reliant, par deux fils, une dynamo et un moteur.

Ce mémoire est extrêmement important. En effet, Pacinotti préconise, d'une part, d'abandonner les piles comme source d'énergie et, d'autre part, d'installer la source à poste fixe.

C'est pour ces motifs sans doute que le mémoire passe inaperçu! C'est tellement vrai que, pour expliquer le transport d'énergie électrique, on n'aura plus tard rien de plus pressé que de se servir d'une analogie hydraulique (!), turbine et pompe remplaçant la génératrice et le moteur.

De leur côté, les théoriciens calculent les chutes de tension en ligne et le rendement de l'opération, trouvent que ce n'est pas brillant et arrivent à la conclusion qu'il faut faire le transport en haute tension. Après avoir surmonté tant de difficultés pour produire et utiliser du courant continu, on inventera le courant alternatif. Ce qui n'exclut pas l'éventualité de le redresser à l'arrivée.

Comme tout cela est logique!



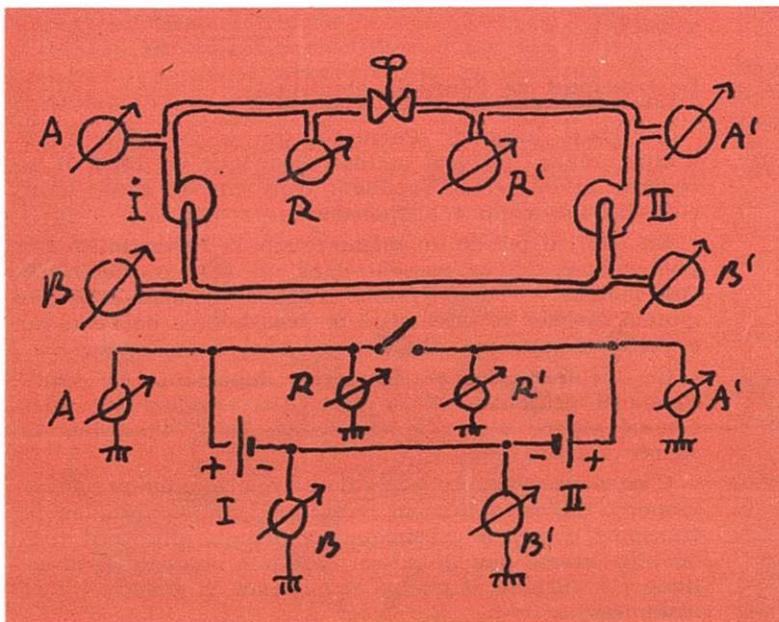
Le moteur de Pessolo...

## Une pluie de brevets

Entre-temps, dans toutes les parties du monde civilisé, des chercheurs isolés ont fait des trouvailles et déposent des brevets. Par dizaines !

En 1851, le professeur C.G. Page réalise une machine qui, lors des premiers essais effectués à Washington, dépasse toutes les espérances. Elle circule tellement vite sur sa piste cahoteuse qu'elle périt dans un immense bain d'électrolyte dans lequel nagent des débris de verre et de porcelaine : tous les vases des piles ont cassé.

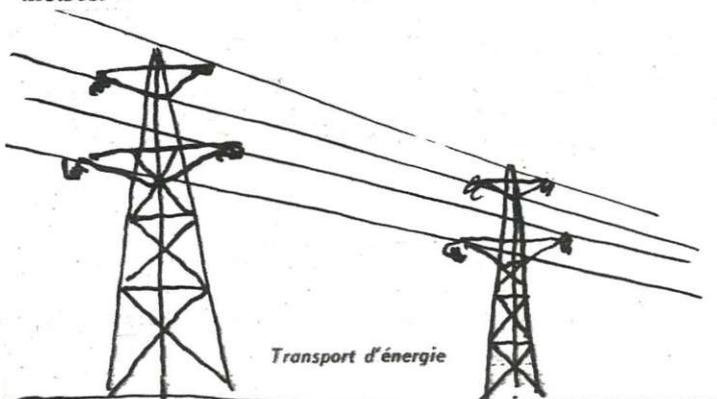
Aux Etats-Unis encore, H. Pinkers (en 1844), Lilley et Colton (en 1847) déposent des brevets relatifs à l'installation de la source d'énergie à poste fixe, la locomotive étant alimentée par câbles. Van de Poele, un Belge, établi aux Etats-Unis, invente, en 1885, la prise



L'analogie hydraulique qu'on retrouve dans tous les cours

de courant à roulette. Il s'agit d'un petit chariot à quatre roues, roulant sur les deux fils parallèles de la ligne de transport d'énergie (le positif et le négatif !) et relié par câbles à la locomotive, timide et imparfait précurseur du trolley des tramways et du pantographe des locomotives électriques.

En 1855, l'Anglais Swear et l'Italien Bessolo déposent d'autres brevets relatifs à la distribution de courant, et Hall réalise un modèle de locomotive alimentée par les rails. Cette idée sera retenue plus tard pour certains métros.



Durant la même année, Nollet (encore un Belge) construit une machine constituée de plusieurs dynamos Clarke. C'est une dynamo dont les principes ont été imaginés en 1832. Elle est constituée de bobines tournant dans le champ magnétique d'un aimant fixe, à l'inverse de la dynamo de Pixii, inventée vers la même époque, constituée d'un aimant tournant entre des bobines fixes (1). La dynamo de Nollet sert à alimenter la lampe à arc d'un phare situé sur les côtes françaises, ce qui constitue une belle preuve de confiance.

## La dynamo Gramme

Par le plus heureux des hasards, Zénobe Gramme est appelé un jour à exécuter des travaux de réparations dans les locaux étroits de ce phare.

Gramme est un menuisier de talent, à l'esprit chercheur, passionné pour tout ce qui est nouveau. Il se fait embaucher par la firme « L'Alliance », qui a construit la dynamo.

Le collecteur de cette dynamo ne lui plaît pas et, en 1869, il dépose un brevet pour une nouvelle machine : un induit en forme d'anneau (l'anneau Gramme, cher à nos professeurs d'électricité élémentaire !), tournant dans l'entrefer d'un aimant fixe, un collecteur convenable, des balais métalliques.

Son fonctionnement est réversible, et elle peut donc être utilisée comme moteur (2).

En 1873, une dynamo et un moteur de ce type figurent à l'exposition de Vienne.

## Enfin un vrai train électrique

En 1879, un vrai train électrique, construit dans les ateliers Siemens et Halske, avec **moteur Gramme**, circule à l'exposition de Berlin.

La locomotive remorque trois voitures avec 18 voyageurs, à 7 km-h. (3). L'alimentation se faisait par troisième rail, à 150 volts. Le machiniste était assis à califourchon sur la locomotive. Elle se trouve actuellement au Deutsches Museum de Munich.

Le premier tramway accessible au public circule entre Berlin et Gross-Lichterfelde en 1881.

En 1893, à Liverpool circule le premier tramway public équipé de deux moteurs, avec couplage de ceux-

(1) Notez que ces deux principes restent toujours appliqués actuellement dans certains instruments de mesure. Si l'équipage mobile de ces instruments ne tourne pas comme une petite folle, c'est tout simplement parce qu'il est retenu par un ressort et... qu'il n'y a pas de collecteur.

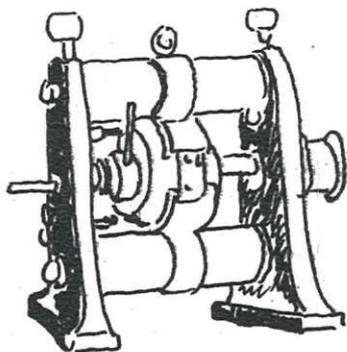
(2) Pour des motifs faciles à deviner, « anneau Gramme » se traduit en italien par « anello di Pacinotti ». Nous avons déjà parlé de ce Pacinotti en 1867 !

Le dictionnaire Larousse donne, au contraire, la référence suivante : « Gramme Zénobe, électricien, né à Jehay-Bodegnée (Belgique), mort à Bois-Colombes (Seine) - 1826-1901. Il inventa, en 1867, des machines à courant alternatif. En 1869, il imagina le collecteur des machines à courant continu et construisit, en 1872, sa dynamo industrielle permettant de produire de la lumière électrique et d'être utilisée pour la galvanoplastie. » On remarquera spécialement que Gramme est affublé du titre d'électricien. C'est, en effet, le précurseur de la conversion des modes de traction ! Grave problème qui préoccupe encore les dirigeants des chemins de fer : la locomotive à vapeur devient loco électrique ou diesel, le machiniste devient conducteur, et... le menuisier devient électricien !

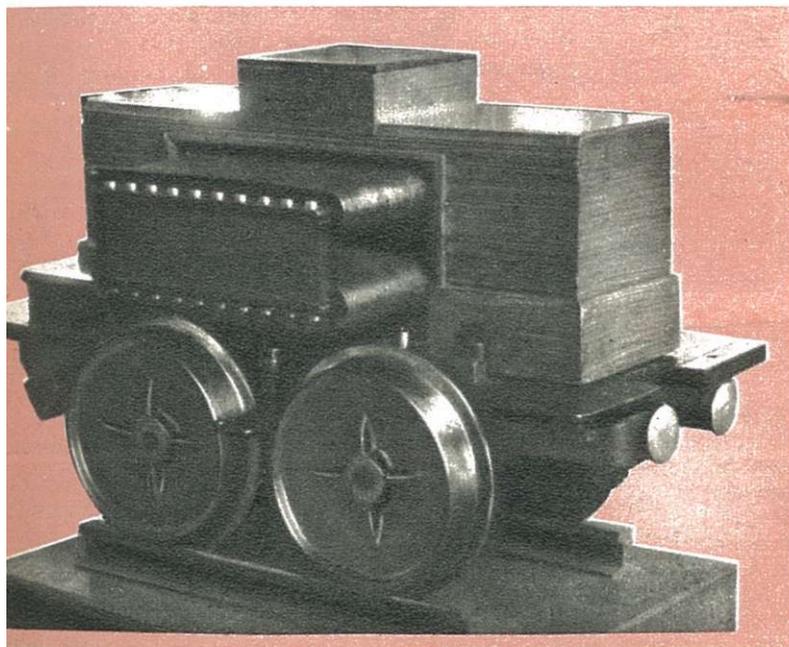
(3) Werner Siemens, né en 1816, inventa déjà un télégraphe électrique perfectionné en 1847 ; il fit poser le premier câble sous-marin en haute mer en 1857. En 1866, il construisit sa première dynamo ; elle a les dimensions d'une machine à écrire et est décrite dans un mémoire présenté à l'Académie royale des Sciences de Berlin, en 1867 (« Sur la transformation de l'énergie en courant électrique, sans faire usage d'aimants permanents »).

ci en série et en parallèle, et commande du démarrage et du changement de couplage par « controller ».

En 1895, la « Baltimore and Ohio » met en service une locomotive alimentée sous 300 V ; elle a 4 moteurs, pèse 90 t., et la puissance totale installée est de 1.400 ch. The biggest in the world ! Elle a la forme « crocodile ». Mais court et gros. Elle est « monocabine ».



La dynamo Gramme



Elle se trouve au « Deutsches Museum » à Munich

En 1898, l'Américain Sprague imagine le principe de la commande d'unités multiples : un seul machiniste pourra conduire plusieurs trains accouplés.

### Tout a été inventé

La période des premiers tâtonnements est terminée : il ne reste plus rien à inventer ! Mais il faudra encore quelques dizaines d'années pour mettre au point les problèmes relatifs aux phénomènes compliqués de commutation.

Ils seront résolus par l'utilisation de balais en charbon.



Premier tram

Un chiffre pour situer le problème : on construit actuellement des moteurs ayant une vitesse périphérique de 50 mètres par seconde au collecteur (180 km.-h.).

En 1900, en France, une locomotive électrique à bogies, avec 4 moteurs de 270 ch., remorque un train de 200 t. à 70 km.-h., sur la ligne reliant la gare du quai d'Orsay à Austerlitz (Compagnie Paris-Orléans). C'est la première BB française.

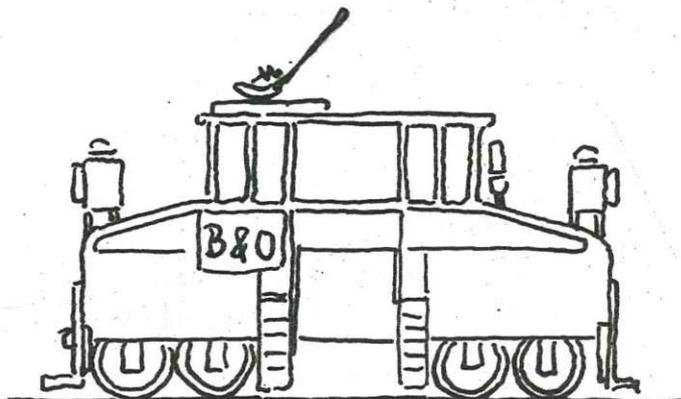
En 1903, sur la ligne Zossen-Marienfeld, une automotrice électrique allemande circule à 200 km.-h.

Et, quelques années plus tard, toute l'Europe se lancera, tête baissée, dans l'électrification de ses principales lignes de chemins de fer. En courant continu 600 V en Grande-Bretagne, 1.500 V en France, en Espagne, aux Pays-Bas et au Danemark, 3.000 V. en Italie et en Belgique. En courant alternatif 15.000 V en Allemagne, Autriche, Suisse, Norvège et Suède. Enfin, en courant alternatif 25.000 V en Hongrie, en France, au Portugal, en Turquie et en Grande-Bretagne.

Mais les locomotives les plus modernes, même si elles sont alimentées en courant alternatif monophasé, ont maintenant des moteurs de traction à courant... continu.

Merci, Monsieur Gramme !

### ELECTRON.



Loco du « Baltimore and Ohio »