

> de puissance à faible coût, les ingénieurs ont obtenu avec ces moteurs plutôt simples et robustes des réactions à la commande meilleures encore que celles obtenues avec des moteurs à courant continu.

Le premier moteur triphasé construit était la « machine synchrone à excitation bobinée » que l'Allemand Friedrich August Haselwander développa en 1888 en modifiant un moteur à courant continu. Il ne nécessite pas d'aimants permanents coûteux, mais un rotor relativement complexe (voir l'encadré page 70). Un tel moteur équipe aujourd'hui par exemple la ZOE et la Kangoo Z.E., véhicules électriques de la marque Renault.

À peu près à la même époque a été inventé le premier moteur asynchrone. Son nom traduit un autre principe de fonctionnement : alors qu'une machine synchrone fonctionne à la fréquence de son champ magnétique tournant, un moteur asynchrone est construit de telle façon qu'il ne développe de couple que si son rotor tourne à une vitesse différente de celle du champ tournant du stator. C'est l'Italien Galileo Ferraris qui introduisit ce concept, lors d'un exposé très remarqué en mars 1888, à Turin. Quelques mois plus tard, à New York, le Croate Nikola Tesla annonçait des principes similaires et fit fonctionner deux prototypes simples. Finalement, c'est le Russe Mikhaïl Dolivo-Dobrowolsky qui, à partir de 1889, développa au sein de la société allemande AEG le moteur asynchrone sous la forme que nous lui connaissons.

Aujourd'hui, presque tous les systèmes ferroviaires et les industries exploitent des

moteurs asynchrones. Le modèle S de la marque Tesla est aussi motorisé avec une machine asynchrone.

Le principe de moteur électrique le plus récent sur le plan historique est la machine synchrone à aimant permanent, qui n'a été pleinement développée qu'à la fin du siècle dernier, lorsque de puissants aimants à base de terres rares sont devenus disponibles. À poids égal, les moteurs à aimants permanents ont les meilleures performances, ce qui explique qu'ils motorisent aujourd'hui la plupart des voitures électriques. Ils sont particulièrement adaptés aux vitesses basses et moyennes, tandis que les moteurs asynchrones sont plus avantageux aux vitesses élevées. Un bon compromis entre les deux est offert par les moteurs synchrones à excitation bobinée déjà mentionnés, bien qu'ils soient un peu plus complexes à construire (leur rotor doit intégrer des bobines et deux bagues collectrices).

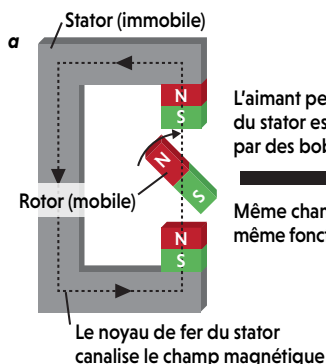
UN STATOR À CHAMP MAGNÉTIQUE TOURNANT

Dans les moteurs triphasés, des courants alternatifs sinusoïdaux alimentent les bobines du stator. Typiquement, trois courants déphasés de 120 degrés alimentent trois bobines réparties autour de la circonférence du stator. La superposition des trois champs magnétiques associés produit un champ magnétique d'amplitude constante tournant de façon uniforme autour de l'axe du rotor. Comme celui qui traverse un aimant, ce champ résultant présente un pôle nord et un pôle sud. Afin de le rendre plus uniforme, on utilise souvent

LE PRINCIPE DU MOTEUR ÉLECTRIQUE MULTIPHASÉ

Les moteurs électriques exploitent les forces magnétiques pour transformer de l'énergie électrique, puis magnétique, en énergie mécanique. Soumis au champ magnétique d'un aimant permanent intégré au stator, un aimant permanent mobile (rotor) s'aligne avec ce champ (a). Le champ statorique peut aussi être créé par un électroaimant,

un bobinage où circule un courant continu et qui entoure un noyau de fer, lequel canalise le champ (b). Toutefois, dans ces deux configurations, le rotor s'immobilise une fois que les pôles se sont alignés. Pour le faire tourner, on peut placer sur le noyau une série de bobines alimentées par des courants alternatifs, déphasés de façon à créer un champ



L'aimant permanent du stator est remplacé par des bobinages
Même champ, même fonctionnement

