

Présentation de l'électronique de puissance

Claude Chevassu

19 février 2023

Dans le cours d'électronique de L1, nous étudions plusieurs montages appartenant à l'électronique de puissance :

- les redresseurs monophasés lors de l'étude des diodes ;
- les onduleurs monophasés comme montages utilisant des bascules astables ;
- les hacheurs dévolteurs comme montages utilisant des bascules astables ;
- les hacheurs survolteurs comme montages utilisant des bascules astables.

L'électronique de puissance, introduite en L1, est étudiée de manière beaucoup plus complète en L3. Le but de son étude et la compréhension des méthodes de variation de vitesse des machines électriques à courant continu, asynchrones et synchrones.

En attendant la L3, les paragraphes qui suivent présentent succinctement l'électronique de puissance.

1 Électronique de puissance

Dans le vaste univers de l'électronique, l'électronique de puissance est le monde concernant les dispositifs qui permettent de modifier la présentation de l'énergie électrique, qui permettent d'en changer la forme. L'électronique de puissance est l'électronique de la conversion de l'énergie électrique.

L'électronique de puissance comprend l'étude et la réalisation :

- des composants électroniques utilisés en forte puissance (diodes, MOS, IGBT, thyristors, etc) ;
- des structures des convertisseurs ;
- de la commande de ces convertisseurs ;
- des applications industrielles de ces convertisseurs.

Les montages de l'électronique de puissance veillent à opérer la conversion de l'énergie électrique avec un rendement maximal. Cela ne peut se faire qu'avec des composants qui travaillent en commutation. En effet, un interrupteur parfait fermé (résistance nulle, tension aux bornes nulle) ou ouvert (résistance infinie, courant traversant nul) ne dissipe aucune énergie, donc ne présente aucune perte.

L'électronique de puissance s'intéresse à des produits de toute petite puissance (moins du watt) comme à ceux mettant en jeu des puissances colossales (plusieurs mégawatts).

À l'ENSM le but de l'étude de l'électronique de puissance est la compréhension des modes de variation de vitesse des machines électriques (machines à courant continu, machines asynchrones et machines synchrones).

1.1 Histoire

C'est dans le domaine du redressement de forte puissance que se développent les premiers convertisseurs statiques destinés à remplacer les convertisseurs électromécaniques. Dans les années 1950, pour la traction électrique, on s'oriente vers la solution « transport de l'énergie électrique en alternatif + motorisation par machine à courant continu ». Les convertisseurs statiques nécessaires sont réalisés à l'aide de redresseurs à vapeur de mercure (ignitrons) ayant la même fonctionnalité que les thyristors.

Les premières diodes de puissance au silicium apparaissent en 1956 et les thyristors en 1961. Dans les années 1970, thyristors et diodes sont utilisés dans des dispositifs autocommutés comme les hacheurs et les onduleurs, les années qui suivent voient le développement de transistors bipolaires de puissance qui favorise le développement d'une électronique de conversion de faible et moyenne puissance.

Au début des années 1980, les dispositifs à transistors poussent les dispositifs à thyristors vers des puissances accrues : vers 1990, les GTO ne sont plus utilisés qu'en très forte puissance (> 1 MW) ou pour des tensions supérieures à 2 kV.

L'IGBT¹ apparaît en 1985, d'abord dans le domaine des moyennes puissances (quelques dizaines de kW), il supplante les transistors Darlington. Il devient dans les 10 ans qui suivent un composant utilisable en forte puissance.

L'avènement du thyristor IGCT (Integrated Gate Commutated Thyristor) vers 1997 dans le domaine des tensions supérieures à 6 kV risque d'entraîner à moyen terme la disparition du thyristor GTO.

Dans le domaine des faibles puissances, du fait de sa rapidité et de la simplicité de sa commande, le transistor MOSFET de puissance supplante le transistor bipolaire. Grâce aux techniques d'intégration planar et l'essor du marché du portable (téléphone, ordinateur, lecteur CD etc.) nécessitant une électronique de conversion efficace et miniaturisée, il supplante même les diodes dans des applications comme le redressement (redresseur synchrone).

Les composants à base de carbure de silicium (SiC) apparaissent en 2002. Ceux à base de diamant sont encore à l'étude en 2004. Leurs fortes énergies d'ionisation permettent un blocage de tension plus élevée et/ou des fonctionnements à haute température.

1. IGBT = Insulated Gate Bipolar Transistor = transistor bipolaire à grille isolée ou transistor bipolaire commandé en tension et plus en courant

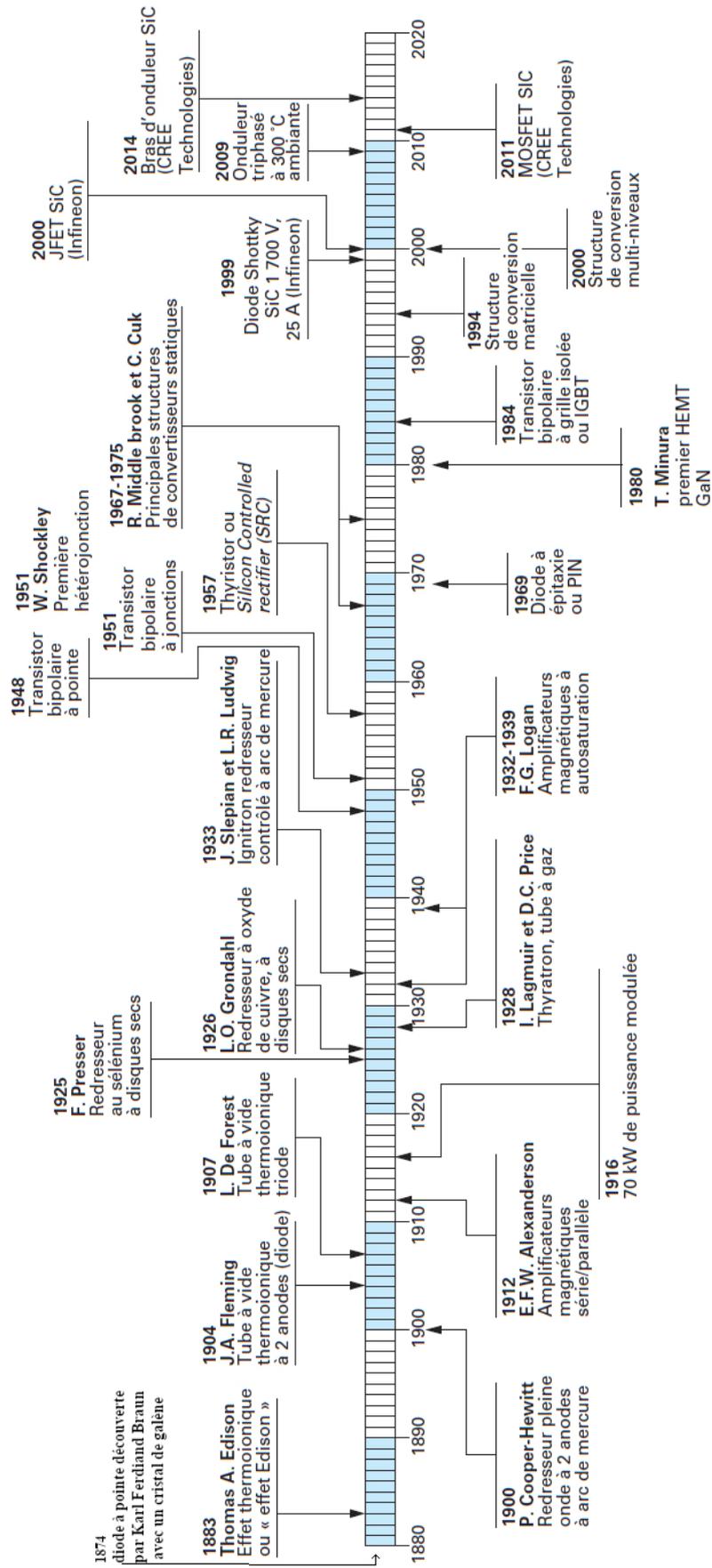


FIGURE 1 – Repères historiques du développement de l'électronique de puissance

1.2 Les fonctions de l'électronique de puissance

Les convertisseurs de l'électronique de puissance sont classés en cinq grandes fonctions :

- les « redresseurs » assurent la conversion alternatif - continu ;
- les « onduleurs » assurent la conversion continu - alternatif ;
- les « hacheurs » assurent la conversion continu - continu ;
- les « gradateurs » assurent la diminution de la tension efficace en alternatif ;
- les « cycloconvertisseurs » assurent la diminution de fréquence en alternatif.

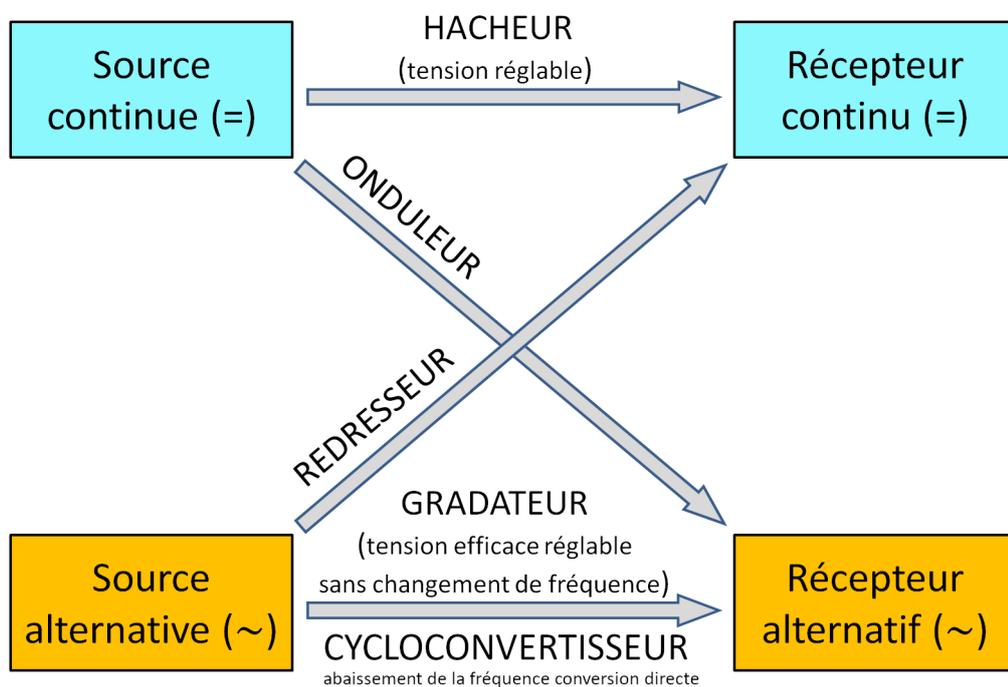


FIGURE 2 – Fonctions de conversion d'énergie en fonction de la nature des sources et récepteurs