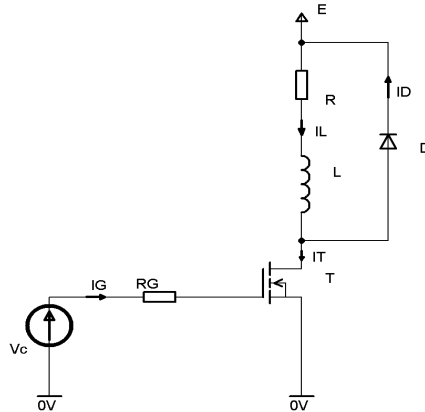


4. Commutation du MOS

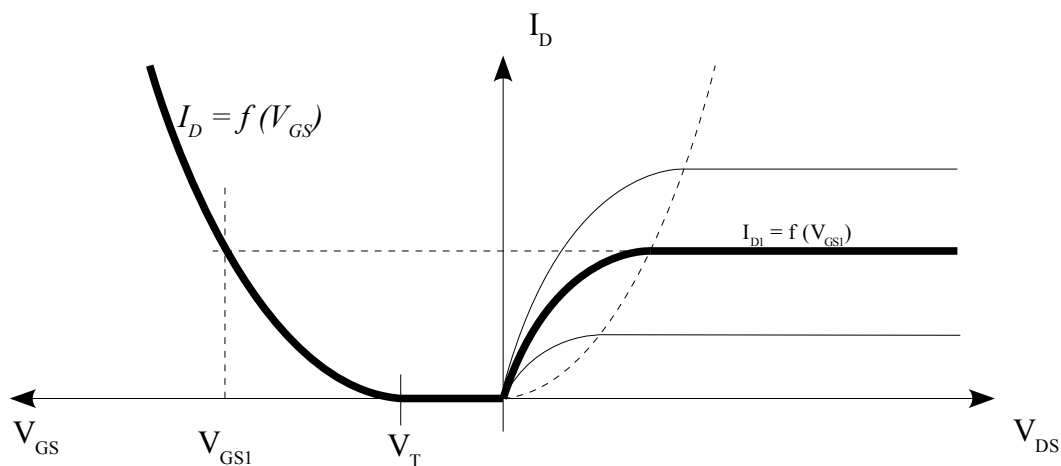
Nous allons nous intéresser au cas très usuel de la commutation de transistor NMOS (à enrichissement) sur une charge inductive. C'est en effet le cas très classique des commande de moteur de toute nature.

Voici le schéma de référence.



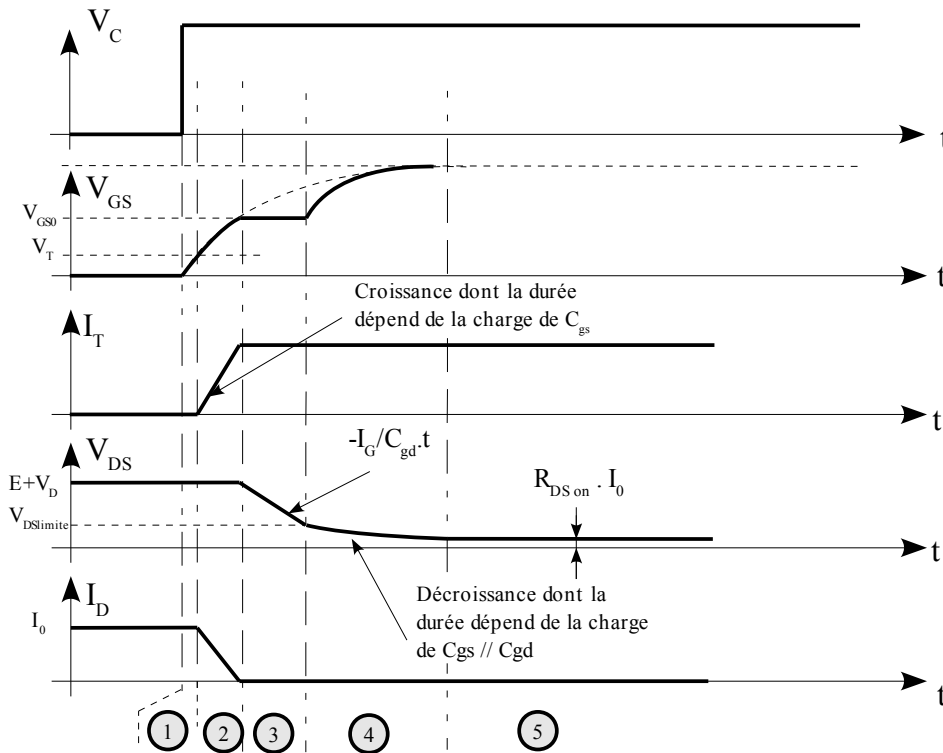
Caractéristique de la diode : On la suppose avec une tension de seuil V_D , pas de recouvrement inverse.

Caractéristique du NMOS



4.1. La fermeture du NMOS

Chronogrammes :

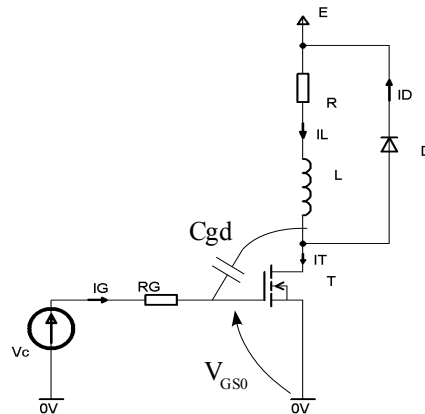
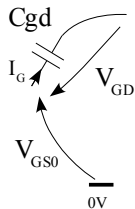


- ① La diode est passante, le transistor bloqué. Tout le courant circule dans la diode. La tension V_{DS} vaut donc $E+V_D$ (tension seuil de D). La tension de grille croît jusqu'à atteindre le seuil de conduction V_T du MOS. Le courant de drain reste nul durant cette phase. Cette étape est une sorte de "retard pur" sans conséquence en terme de perte de puissance.
- ② Le MOS commence à être conducteur. Le courant de drain augmente. La vitesse de montée du courant est due à la vitesse de montée de la tension V_{GS} , de V_T à V_{GS0} . Cette tension évolue encore de manière exponentielle (constante de temps $R_G \cdot C_{GS}$). Tant qu'il reste du courant dans la diode, la tension V_{DS} reste à sa valeur, $E+V_D$.
- ③ La tension V_{GS} a atteint V_{GS0} , tension pour laquelle, l'ensemble du courant I_0 est dérivé dans le MOS. La puissance y est alors maximale (V_{DS} et I_D au maximum). A cet instant, la tension V_{DS} peut commencer à diminuer (la diode ne conduit plus). Durant toute cette phase (voir caractéristiques), la décroissance de V_{DS} se fait à "isocourant". Le point d'entrée, V_{GS0} est figé.

Pour comprendre le phénomène, il faut étudier le schéma suivant :

Bases pour comprendre la machine synchrone

Le courant I_G est constant, puisque V_{GS} est constant, il vaut $(V_c - V_{GS0})/R_G$. Ce courant ne peut que s'enfuir par la capacité C_{gd} .

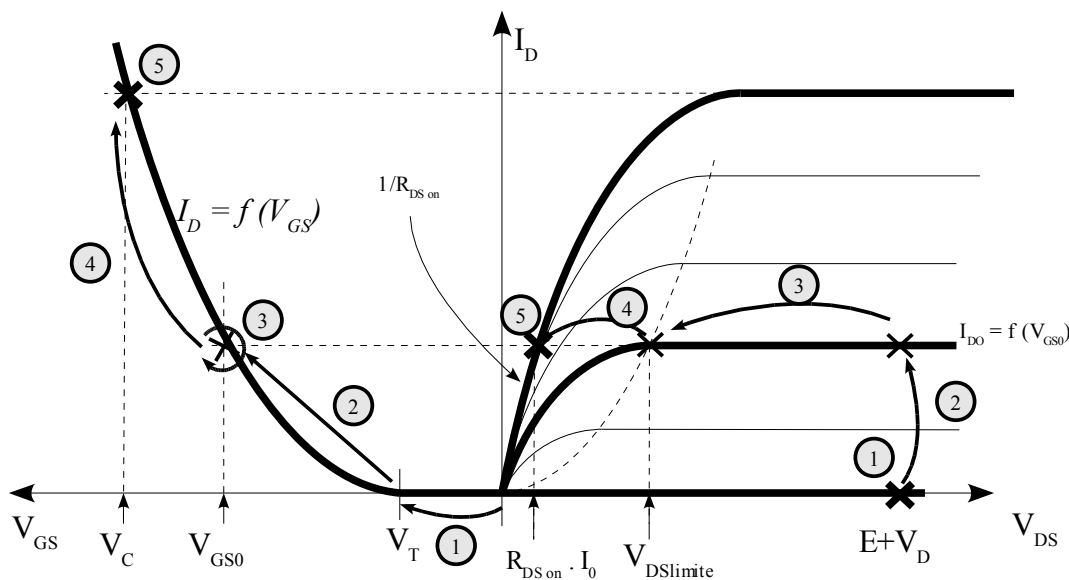


$$V_{GD} = \frac{1}{C_{gd}} \cdot \int i \cdot dt = \frac{I_G}{C_{gd}} \cdot t \text{ et donc la tension } V_{DS} \text{ se déduit simplement :}$$

$$V_{DS} = V_{DG} + V_{GS} = V_{GS0} - \frac{I_G}{C_{gd}} \cdot t, \text{ } V_{DS} \text{ décroît de manière linéaire.}$$

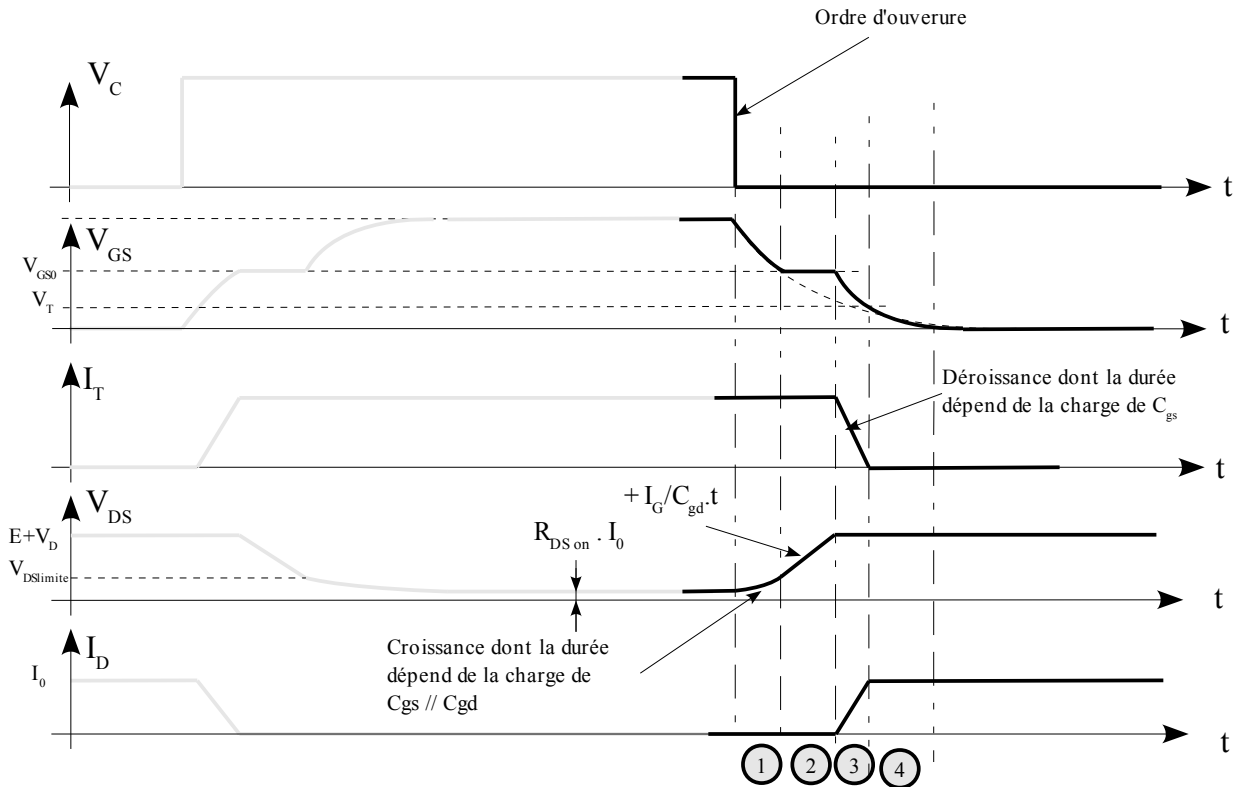
- ④ Dès que la tension V_{DS} atteint la limite de la zone ohmique, le courant de drain restant égal à I_0 , on observe un changement de caractéristique de sortie : le point de fonctionnement de sortie quitte la ligne $I_D = f(V_{GS0})$, saute de ligne en ligne, et dans le même temps, V_{GS} augmente.

- ⑤ Point de fonctionnement final atteint. La tension V_{GS} est à son maximum, ce qui impose la caractéristique la plus grande en sortie, et donc la résistance drain – source minimale. La tension V_{DS} vaut donc $R_{DSon} \cdot I_0$.



4.2. L'ouverture du NMOS

Chronogrammes :



① Le transistor est passant, il prend en charge tout le courant I_0 . La tension V_{GS} décroît (exponentiellement, R_G , C_{gs} , C_{gd}). On observe donc un changement de caractéristique en sortie (déplacement du point de fonctionnement à iso-courant). Cette phase dure jusqu'à atteindre la transition de la région ohmique à la région saturée (courant constant). Cela correspond à $V_{GS} = V_{GS0}$. Dans le même temps V_{DS} croît légèrement ($R_{DS\text{on}}$ augmente à cause du changement de courbe).

② Tant que la diode n'est pas passante, le transistor est forcé d'absorber encore la totalité du courant I_0 . Ainsi, le point de fonctionnement ne peut plus "sauter" de courbe en courbe, comme il devrait le faire naturellement. Il ne peut que se maintenir sur la caractéristique $I_D = f(V_{GS0})$. La tension V_{GS} reste constante. Le générateur de tension de commande absorbe alors un courant ($I_G = -V_{GS0} / R_G$). Le condensateur C_{gd} voit alors sa tension croître de manière linéaire en $I_G / C_{gd} \cdot t$.

Bases pour comprendre la machine synchrone

- ③ Lorsque V_{DS} atteint la valeur $E+V_D$, alors la diode devient passante et peut commencer à dériver du courant. Cette évolution correspond à nouveau à un changement de caractéristique qui doit aller vers la courbe $I_D = 0$. La durée est liée à la commande (R_G, C_{gs}). Cette phase se termine lorsque V_{GS} vaut V_T .
- ④ Cette dernière phase est l'étape durant laquelle la tension V_{GS} passe de V_T à 0. La tension V_{DS} et le courant I_{DS} sont constants.

