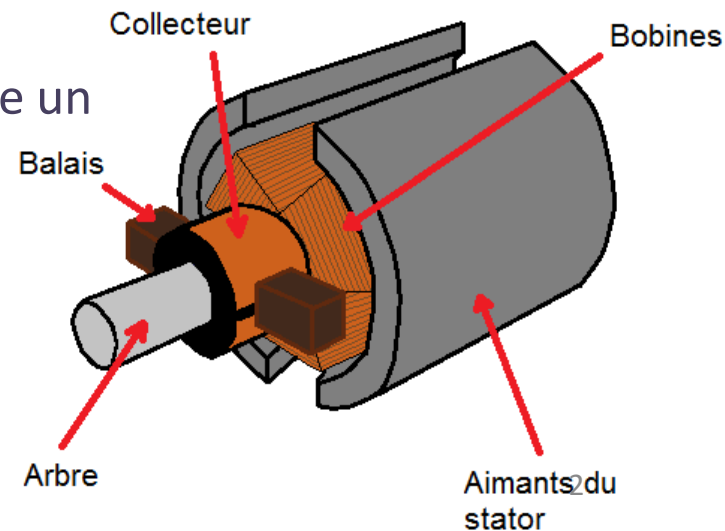


# Contrôle moteur brushless

## Théorie du pilotage

# Moteur DC à balais

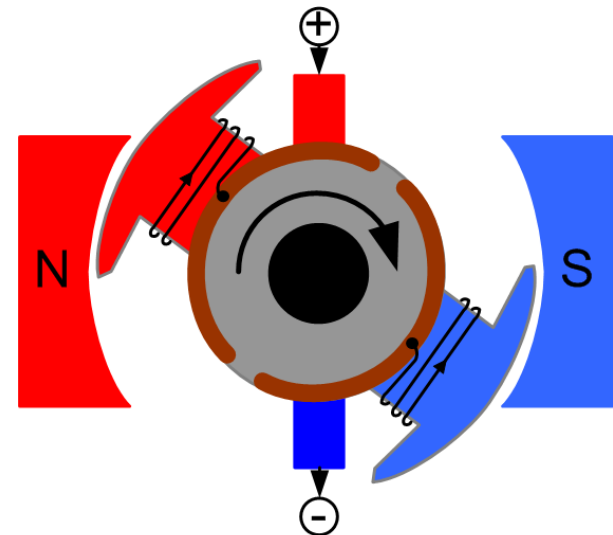
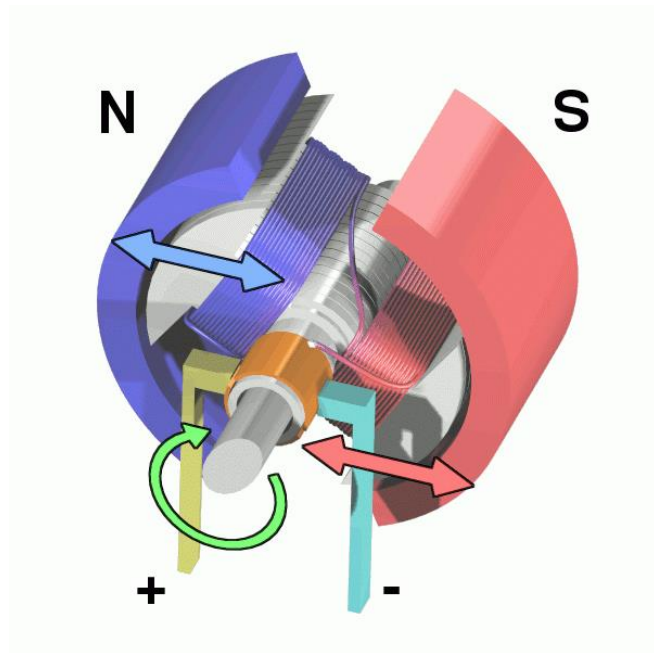
- Le moteur DC est constitué d'un rotor bobiné qui baigne dans un champ magnétique statique
  - Généré soit à partir d'aimants permanents (le plus courant)
  - Soit avec un stator bobiné alimenté en DC
- Le courant électrique est apporté jusqu'au rotor par un collecteur et des balais
- Ce bobinage génère alors un autre champ EM
- Deux champs EM étant présents, une force s'applique sur les bobinages du rotor et engendre un couple sur l'arbre de sortie.



# Moteur DC à balais

Pour avoir une rotation continue, la polarité dans le rotor doit régulièrement s'inverser.

Ceci est réalisé grâce au collecteur et aux balais



# Moteur DC sans balais

« Brushless » : sans balais.

« Moteur BLDC » : moteur DC sans balais (ni collecteur).

Le bobinage est connecté électriquement directement au circuit de pilotage extérieur, sans collecteur/balais intermédiaire.

En général, le stator est bobiné tandis que le rotor est lui un aimant permanent.

Le bobinage est toujours triphasée (3 bobinages)

- Avantage du moteur BLDC par rapport au moteur DC classique :
  - Suppression du couple collecteur/balais, source d'usure
- Inconvénient :
  - Un circuit électronique de pilotage est nécessaire pour inverser la polarité le moment venu...

# Moteur DC sans balais

- Il faut inverser la polarité à un moment très précis, lorsque les pôles du champ EM du rotor arrivent en face des pôles opposés du champ EM du stator
- L'électronique de contrôle doit donc avoir un retour sur la position réelle du rotor :
  - Soit grâce à des capteurs à effet Hall, qui détectent le champ magnétique de l'aimant permanent constituant le stator
  - Soit grâce à la mesure de la tension induite sur le 3<sup>e</sup> fil, dans lequel aucun courant ne circule (cf. chronogrammes de commande). Cette méthode n'est pas expliquée dans ce cours.

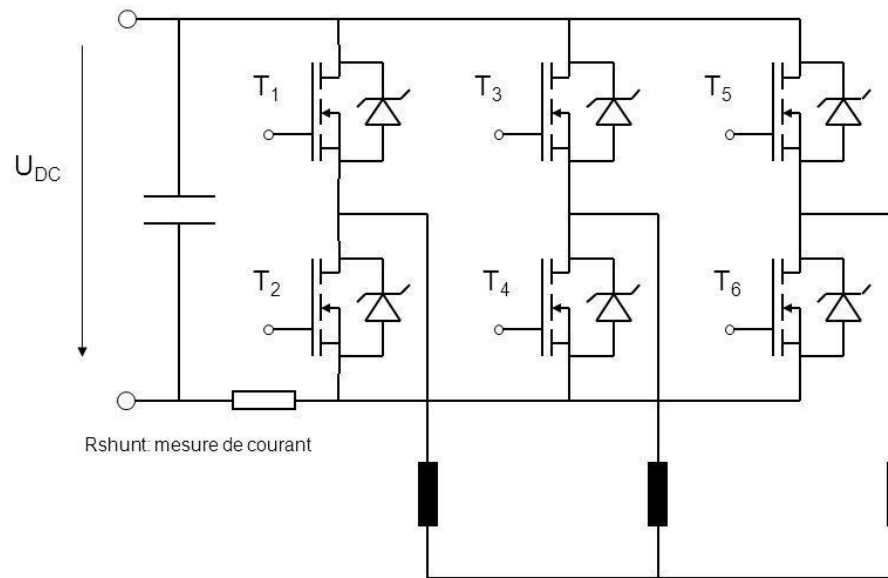
# Moteur DC sans balais

- Si l'électronique commute trop lentement les phases, le rotor « s'arrête » en face de chacune et le courant consommé augmente (rotor bloqué)
- Si les phases sont commutées trop tôt, lorsque le rotor n'a pas atteint sa position finale, il décroche et cale.
- La réactivité de l'électronique est primordiale !
  - Temps de réaction de l'élec doit être  $\ll$  temps de déplacement du rotor

# Pont en H triphasé

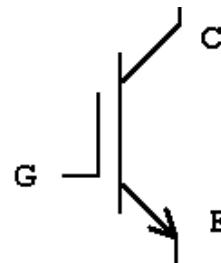
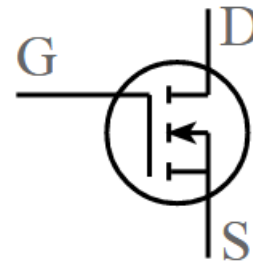
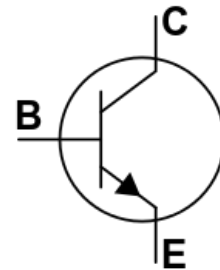
- Le courant passe à tout instant dans deux bras, le troisième est bloqué

## Pont triphasé



# Rappel : choix du type de semi-conducteurs

- Transistor bipolaire :
  - + :  $V_{ce_{sat}}$  50~300 mV
  - - :  $V_{ce_{sat}}$  50~300 mV
- MOSFET :
  - + :  $R_{ds_{on}}$  1~10 m $\Omega$
  - - :  $R_{ds_{on}}$  1~10 m $\Omega$
- IGBT :
  - + :  $V_{ce_{sat}}$  50~300 mV
  - - :  $V_{ce_{sat}}$  50~300 mV





# Commande de pont en H

- On utilise presque toujours des MOSFET dans la gamme 10-1000W
- Pour de meilleures performances, on utilise en haut et en bas des semiconducteurs de type N.
- Quel que soit le type de semiconducteur utilisé, le côté haut est plus difficile à piloter à cause de la référence de sa commande non fixée
- **Il faut un translateur de niveau !**

# Commande de pont en H

- Les grilles de MOSFET se comportent comme une capacité. L'état de conduction dépend de la tension à ses bornes.
- Pour commuter vite, il faut donc la charger et la décharger vite.
- Il faut alors pour cela un courant élevé.
- **Il faut donc une interface de puissance !**

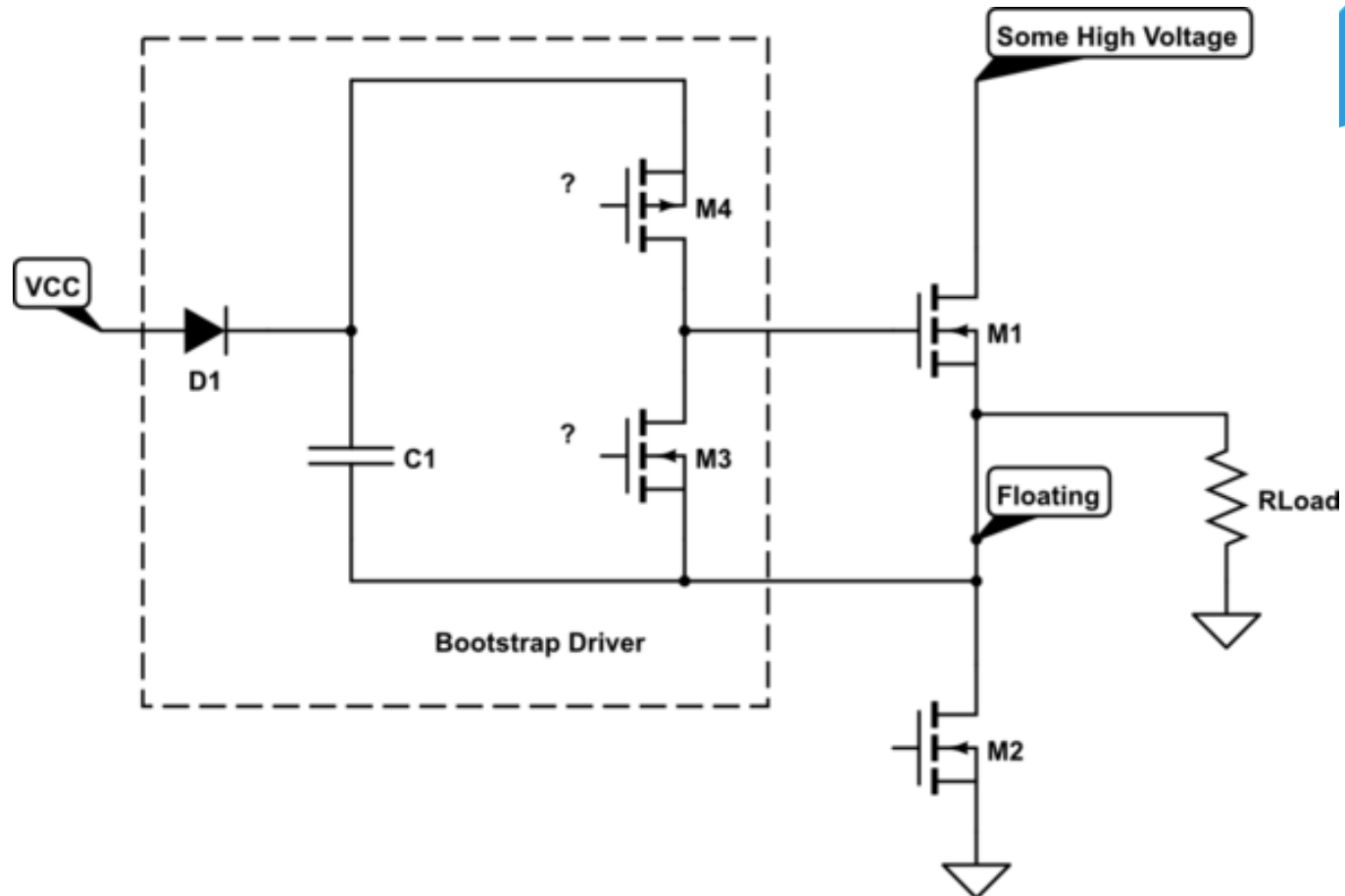
**Les drivers de MOS jouent ces deux rôles.**

# Driver de MOSFET

Les principales caractéristiques d'un driver de MOSFET sont :

- Tension d'alim mini/maxi pour la commande côté bas
- Tension de translation maxi pour la commande côté haut
- Courant de sortie : aptitude à (dé)charger rapidement les MOSFET
- Nombre et types de canaux dans le boîtier (1H, 1B, 2H, 2B, 1H + 1B, *etc...*)

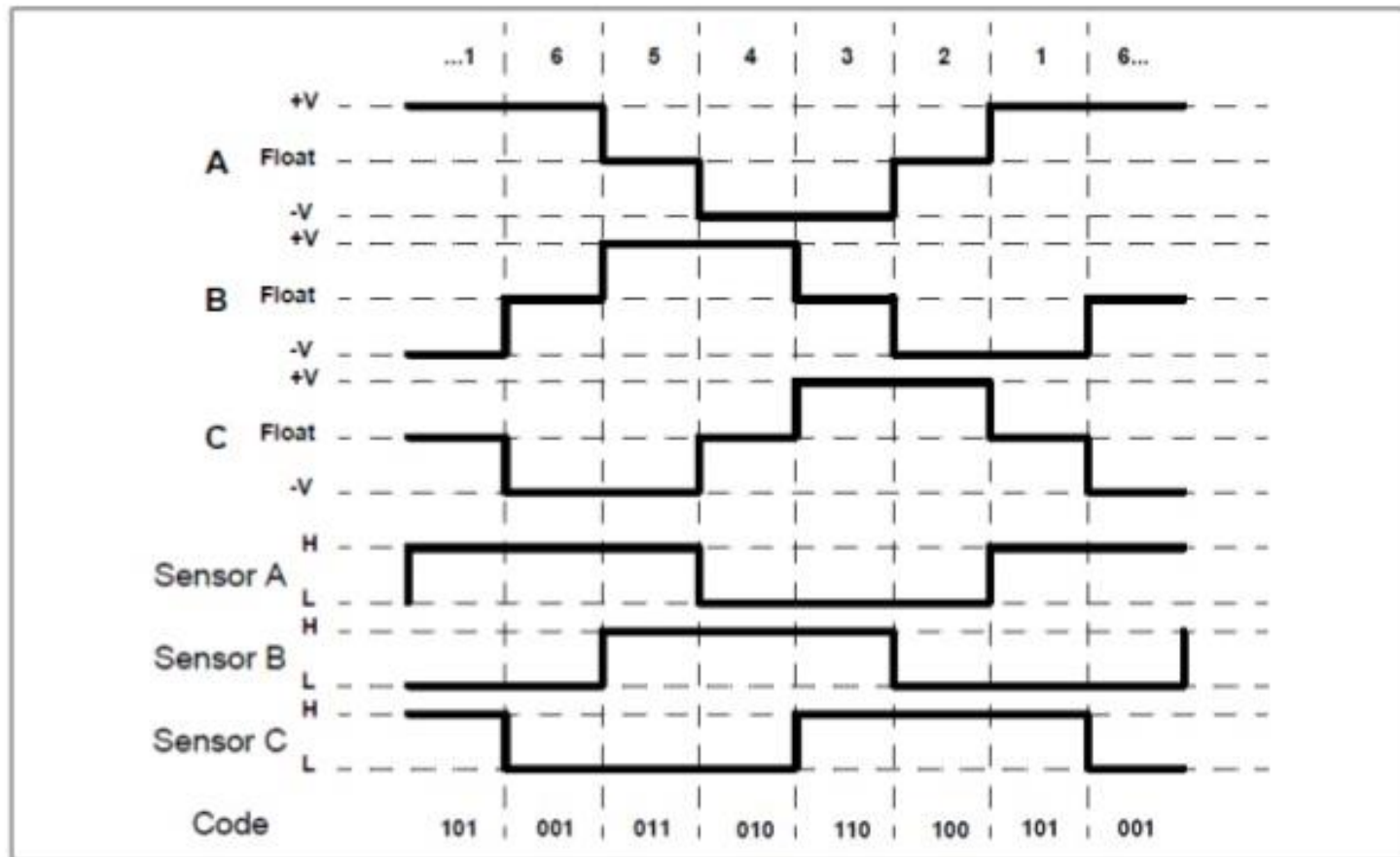
# Commande bootstrappée



# Commande bootstrappée

- Pour piloter le côté haut, on a besoin d'une tension de commande référencée par rapport à un point flottant (point médian) : elle est fournie par un condensateur
- Lorsque le transistor bas conduit, il se charge à  $V_{cc}$  grâce à la diode.
- Lorsque le transistor bas ne conduit plus et que le potentiel médian remonte, la diode se bloque et à tout instant, le condensateur procure une tension de commande adaptée.
- Il faut donc  $C_{bootstrap} \gg C_{mos}$  !

# Chronogramme



# Procédure de mise au point

- Test du pont en H en statique, sans moteur connecté
  - Validation de l'interface de puissance
- Test du pont en H avec une commande très basse fréquence (capteurs Hall non utilisés), sous tension d'alimentation réduite pour avoir  $I$  pas trop élevé
  - Validation de l'ordre des phases : le moteur doit tourner « rond »
- Test en boucle fermée avec les capteurs Hall



## Contrôle moteur Brushless





LIVE AND  
DISCOVER

## Contact

Damien FAVRE

Contrôle moteur Brushless

[damien.favre@cpe.fr](mailto:damien.favre@cpe.fr)

[www.cpe.fr](http://www.cpe.fr)