

But : il s'agit d'étudier les différents modes de fonctionnement des moteurs électriques (alternatifs, à courant continu) : moteur, générateur ou frein.

1) Quadrants de fonctionnement.

On utilise des moteurs en rotation, on définit donc les différentes zones de fonctionnement dans les 4 quadrants du repère Couple = f (Vitesse).

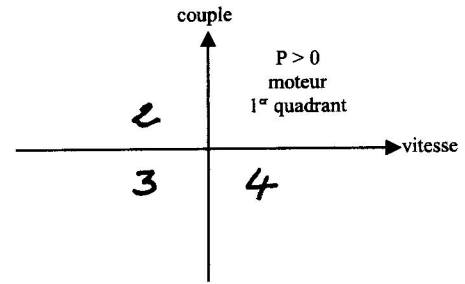
Sachant que Puissance = Couple $\times$ Vitesse on définit alors les quatre quadrants ci-contre.

Dans les 2^{ème} et 4^{ème} quadrants lorsque le moteur devient générateur cette puissance est soit :

- dissipée sous forme de chaleur dans le moteur (frein) ;
- renvoyée sur le réseau (récupération).

Si il y a possibilité de récupération, on parle de réversibilité.

Par exemple les moteurs thermiques ne sont pas réversibles (ils fonctionnent en moteur ou frein). Les moteurs électriques permettent tous de la récupération, ce n'est pas toujours le cas de leur commande.



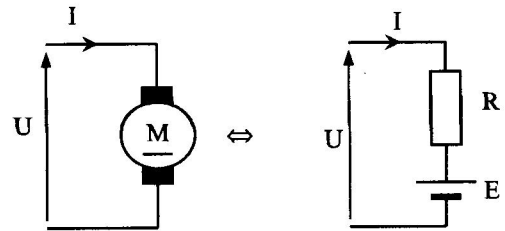
2) Cas du moteur à courant continu.

Dans le cas du moteur à courant continu, la puissance

$$P = U \times I.$$

De plus $U = E + R.I$ avec E proportionnel à la vitesse et I proportionnel au couple.

Si on néglige la chute de tension $R.I$ on retrouve les quatre quadrants ci-dessus avec I image du couple et U image de la vitesse.



3) Commande du moteur par hacheur 4 quadrants.

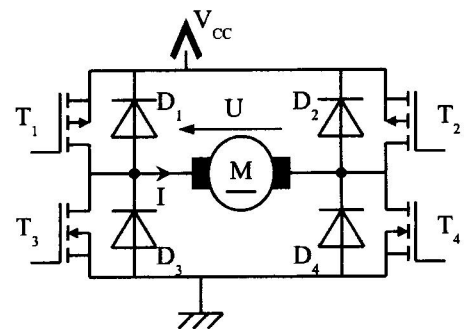
On a dessiné ci contre un pont en H à transistors MOS.

Les diodes sont souvent incluses dans les transistors.

V_{CC} est la tension d'alimentation.

On trace ci contre le cheminement du courant lorsque T_1 et T_4 conduisent :

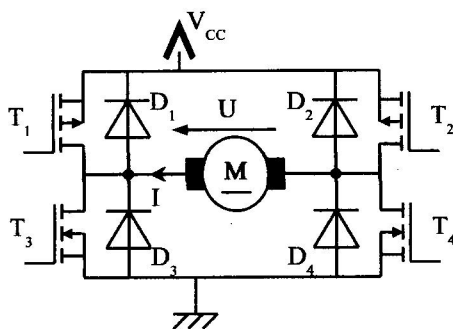
On considère que l'on travaille dans le quadrant 1 avec U et $I > 0$



Lorsque le couple s'inverse I change de sens, M devient générateur (fonctionne dans le 2^{ème} quadrant).

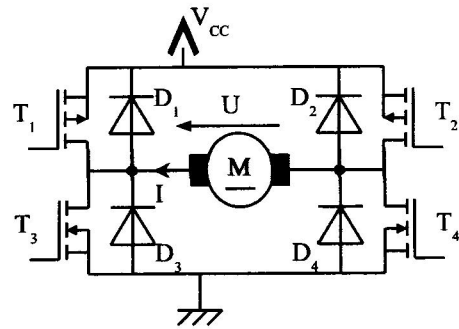
On a alors le cheminement du courant dans les deux cas :

fonctionnement en frein (D_1 et T_2 conduisent)



Il n'y a pas récupération d'énergie

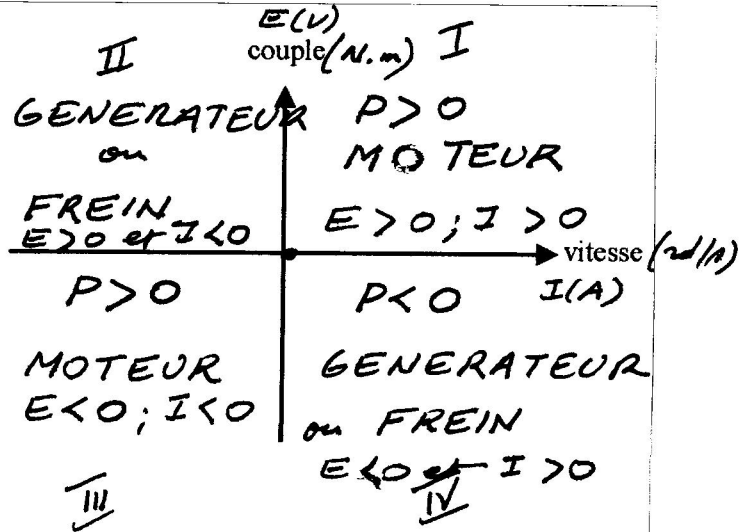
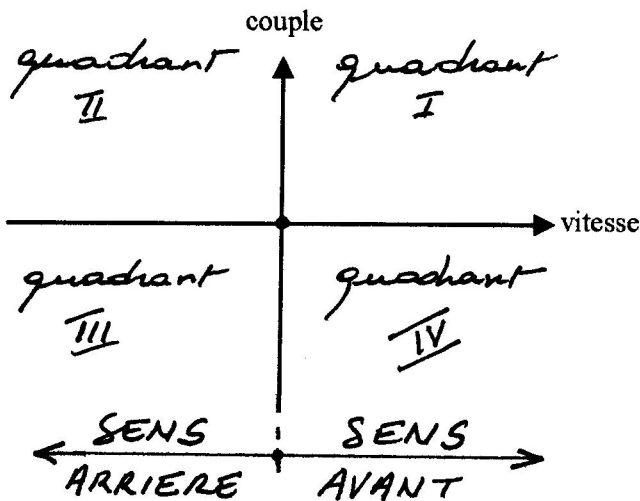
fonctionnement en générateur (D_1 et D_4 conduisent)



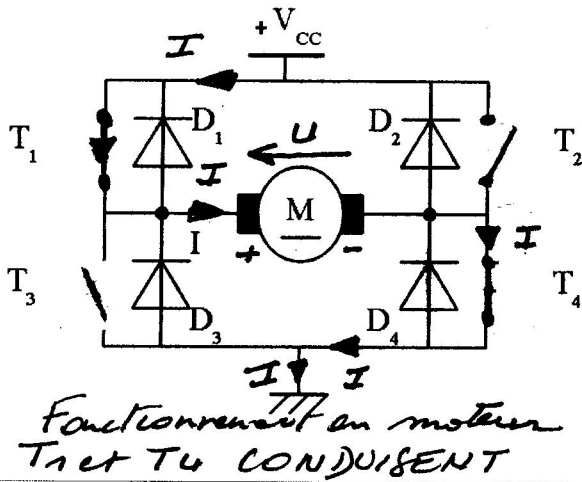
Il a récupération d'énergie

RÉVERSIBILITÉ DES MOTEURS

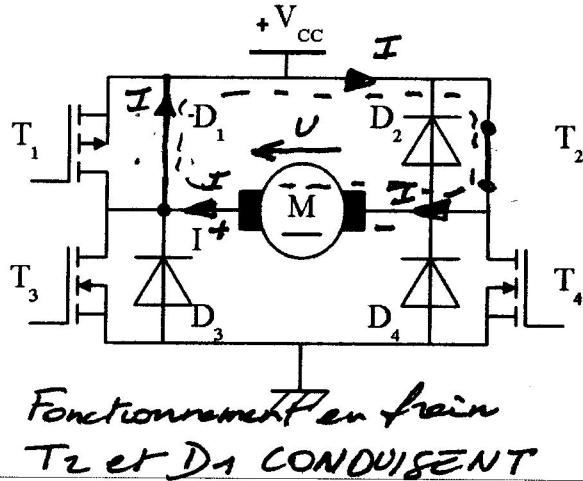
QUADRANTS



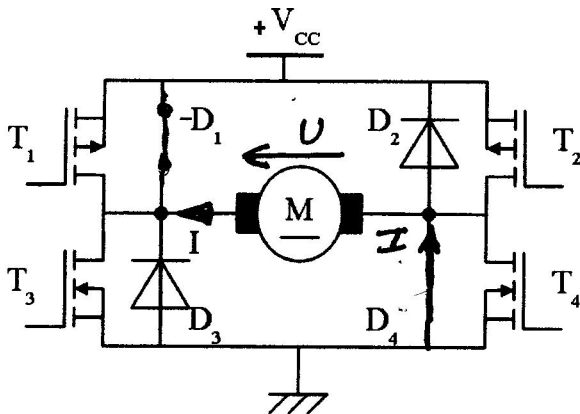
QUADRANT 1 $U > 0$ et $I > 0$



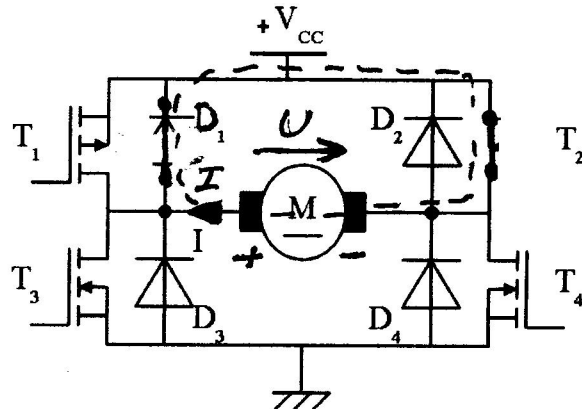
QUADRANT 2 $U > 0$ $I < 0$



QUADRANT 3 $U < 0$ $I < 0$

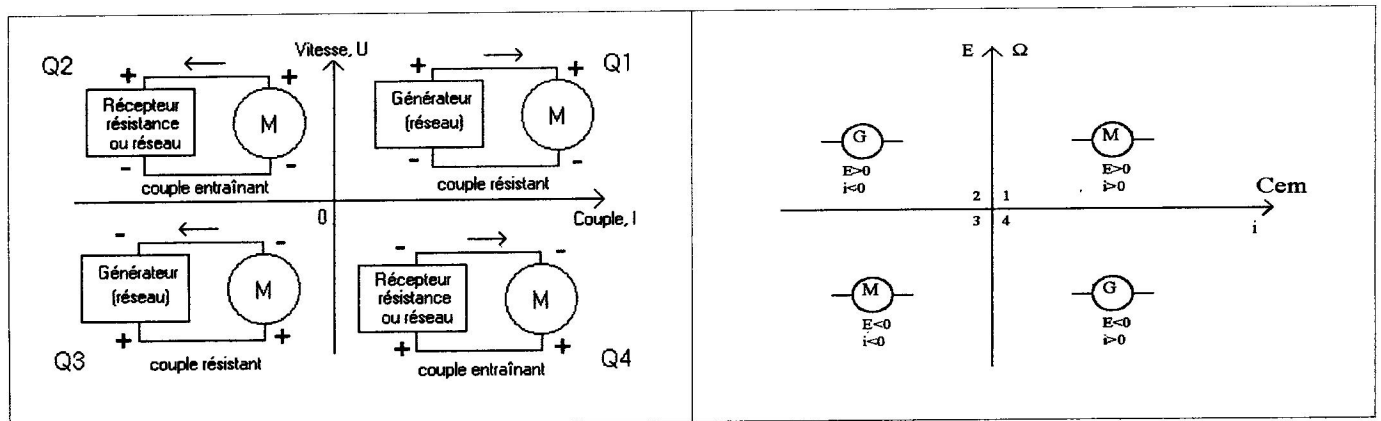


QUADRANT 4 $U < 0$ $I > 0$



4) Remarques:

- Modélisation de la machine tournante (générateur ou récepteur) dans les quatre quadrants



- Les moteurs électriques sont toujours réversibles
- Les circuits de commandes des moteurs électriques ne sont pas toujours réversibles.
- Les moteurs thermiques ne sont pas réversibles.
- Au démarrage d'un moteur électrique, le courant I est très très grand (l'arbre moteur ne tourne pas donc la f.e.m. $E = 0V$, donc $I = U/r$. (r est toujours très petit)
- On considère que l'on travaille dans le quadrant 1 quand U et I sont positifs.*
- Récapitulatif:

Sens de Rotation	Vitesse	Couple	Puissance	Quadrant	Travail machine électrique	Charge
Sens 1 <i>avant</i>	+	+	+	1	Moteur	Résistante
	+	-	-	2	Génératrice	Entraînante
Sens 2 <i>arrière</i>	-	-	+	3	Moteur	Résistante
	-	+	-	4	Génératrice	Entraînante

Note : Lorsqu'une machine est utilisée en moteur, les phases de fonctionnement dans les quadrants 2 et 4 sont souvent très courtes : période de freinage, inversion du sens de marche.

Exercice : Indiquez les différentes zones de fonctionnement sur le graphe ci-dessous :

