

Moteurs / Power Board / PWM

Robin GUILLAUME-GENTIL, Natan ENKAOUA, Sonny BASSO





But de cette démo

- Comprendre comment fonctionne un moteur
- Comment contrôler les différents aspects du moteur (Couple ?, vitesse ?)
- Introduction aux techniques pour adapter un moteur à vos besoins
- À quoi sert une Power Board et un Power stage ? Comment les utiliser ?
- Utilisation des signaux PWM (Contrôle, affichage, transmission d'information, etc...)



Qu'est-ce qu'un moteur ?

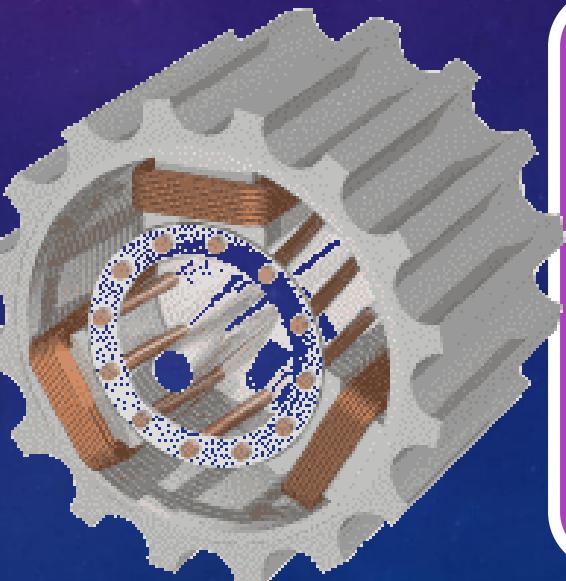


Qu'est-ce qu'un moteur ?

Pour l'ingénierie : un moteur est un dispositif qui transforme un type d'énergie en énergie mécanique en créant un mouvement, souvent rotatif.

Énergie chimique :

- Types : essence, diesel, gaz, etc...
- Exemples : voitures, camion, motos, avions, etc...

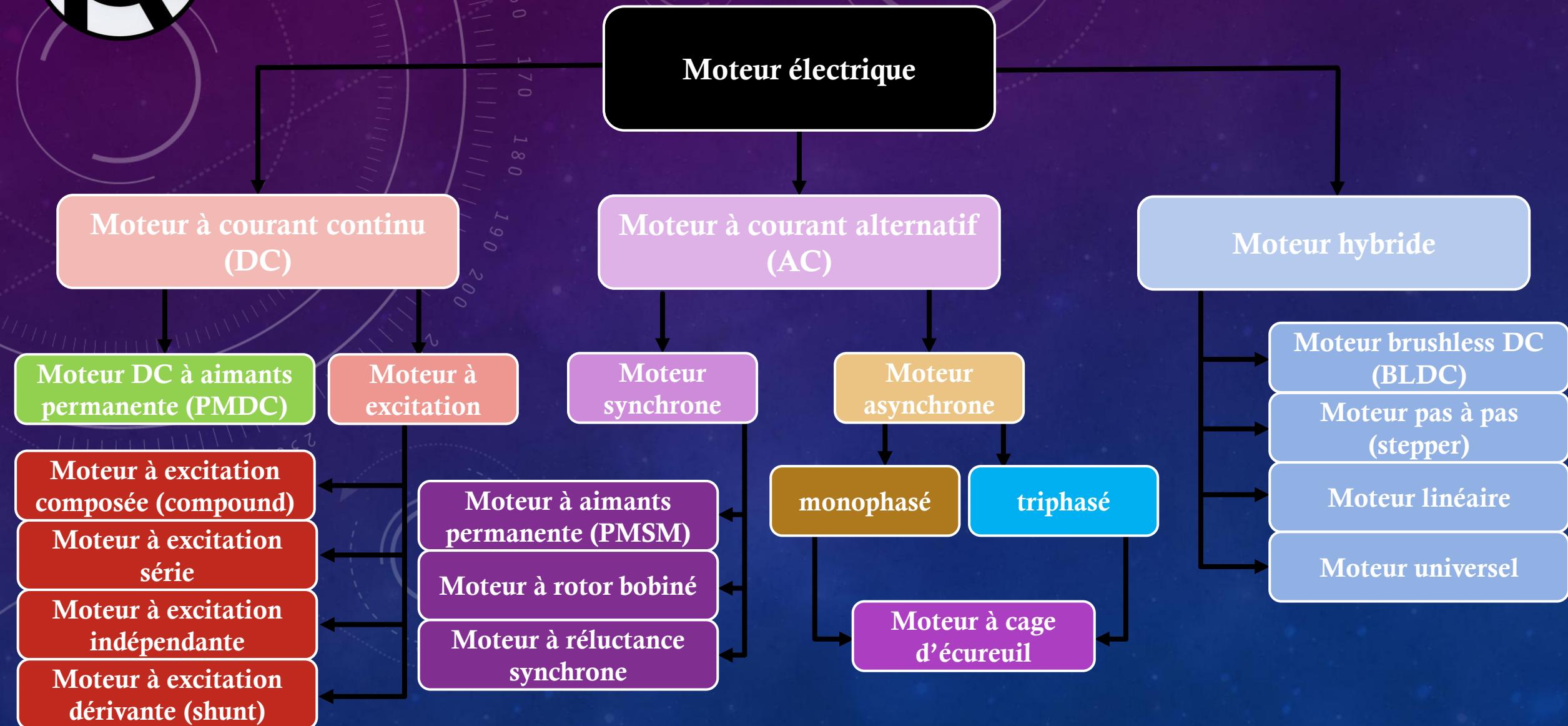


Énergie électrique :

- Types : courant continu, synchrone, asynchrone, etc...
- Exemple : voitures, motos, systèmes embarqués, robotiques, etc...



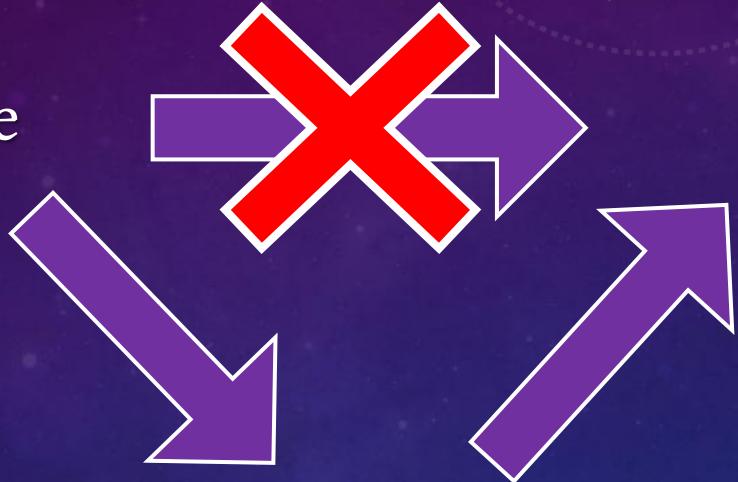
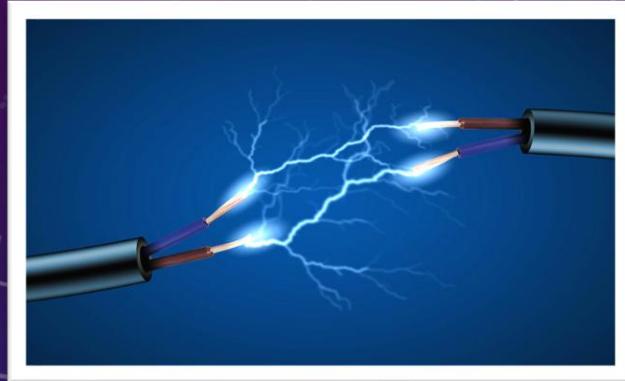
Les différents types de moteurs électriques





En très bref, comment marche un moteur

Monde Electrique



Monde Mécanique



Monde Magnétique





En très bref, comment marche un moteur

Schéma pour un moteur AC. Cas plus général et plus simple à comprendre

The diagram consists of three concentric circles. The innermost circle is light green and labeled "Monde Mécanique". The middle circle is light blue and labeled "Monde Magnétique". The outermost circle is light blue and labeled "Monde Électrique". All labels are in French.

Monde Électrique

Monde Magnétique

Monde Mécanique

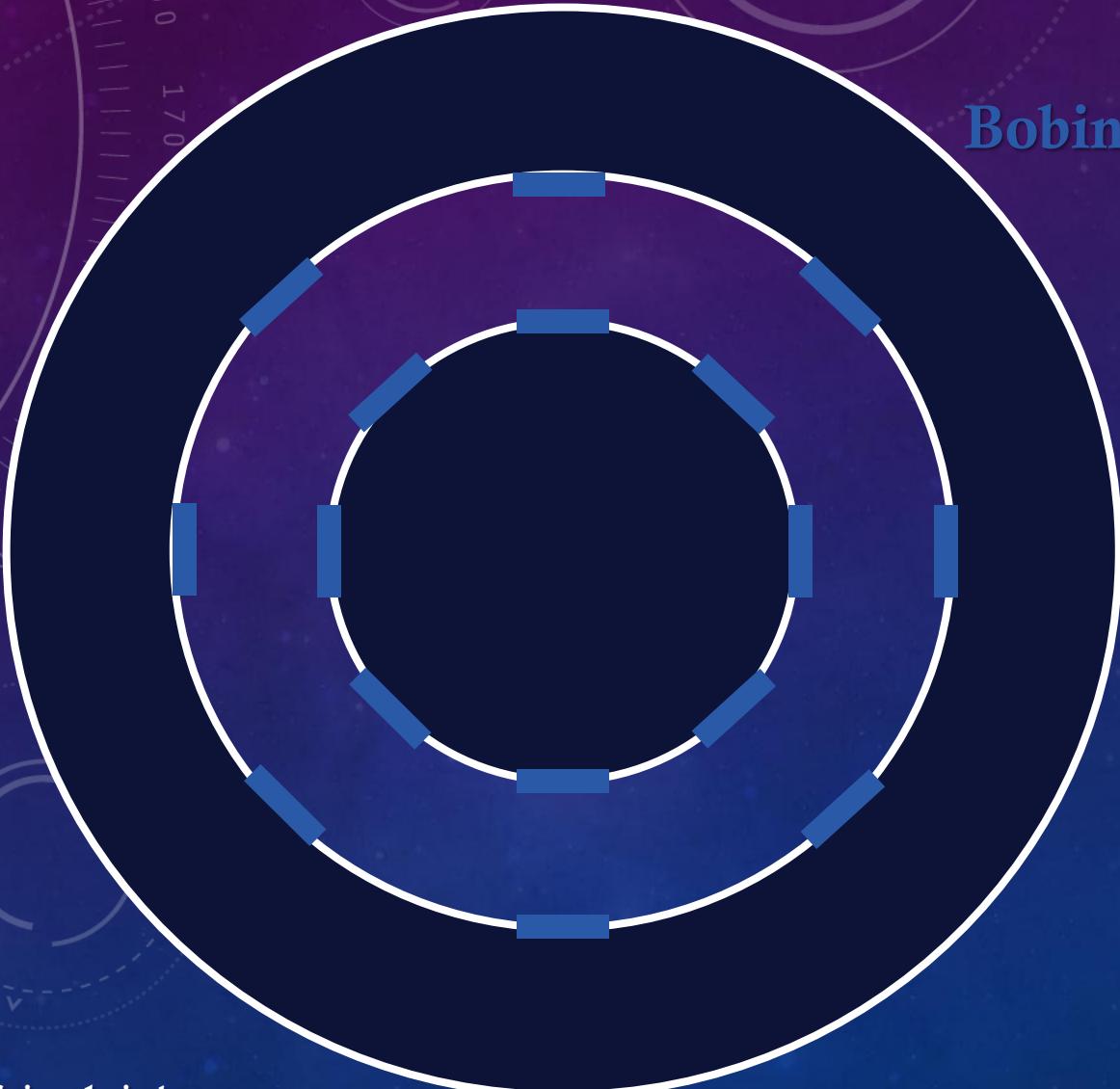


En très bref, comment marche un moteur

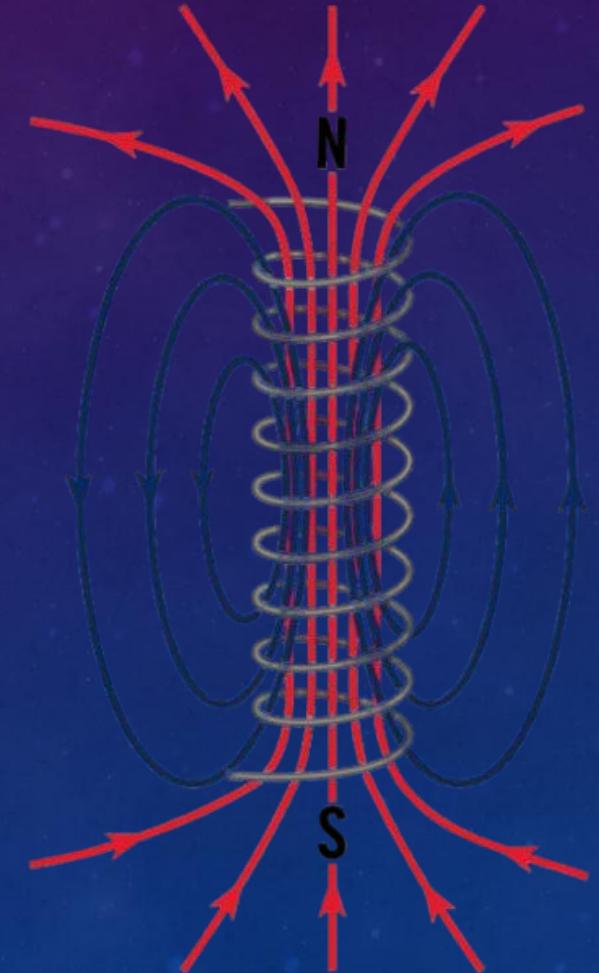
Schéma pour un moteur AC. Cas plus général et plus simple à comprendre

Loi d'ampère :

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I$$



Bobines



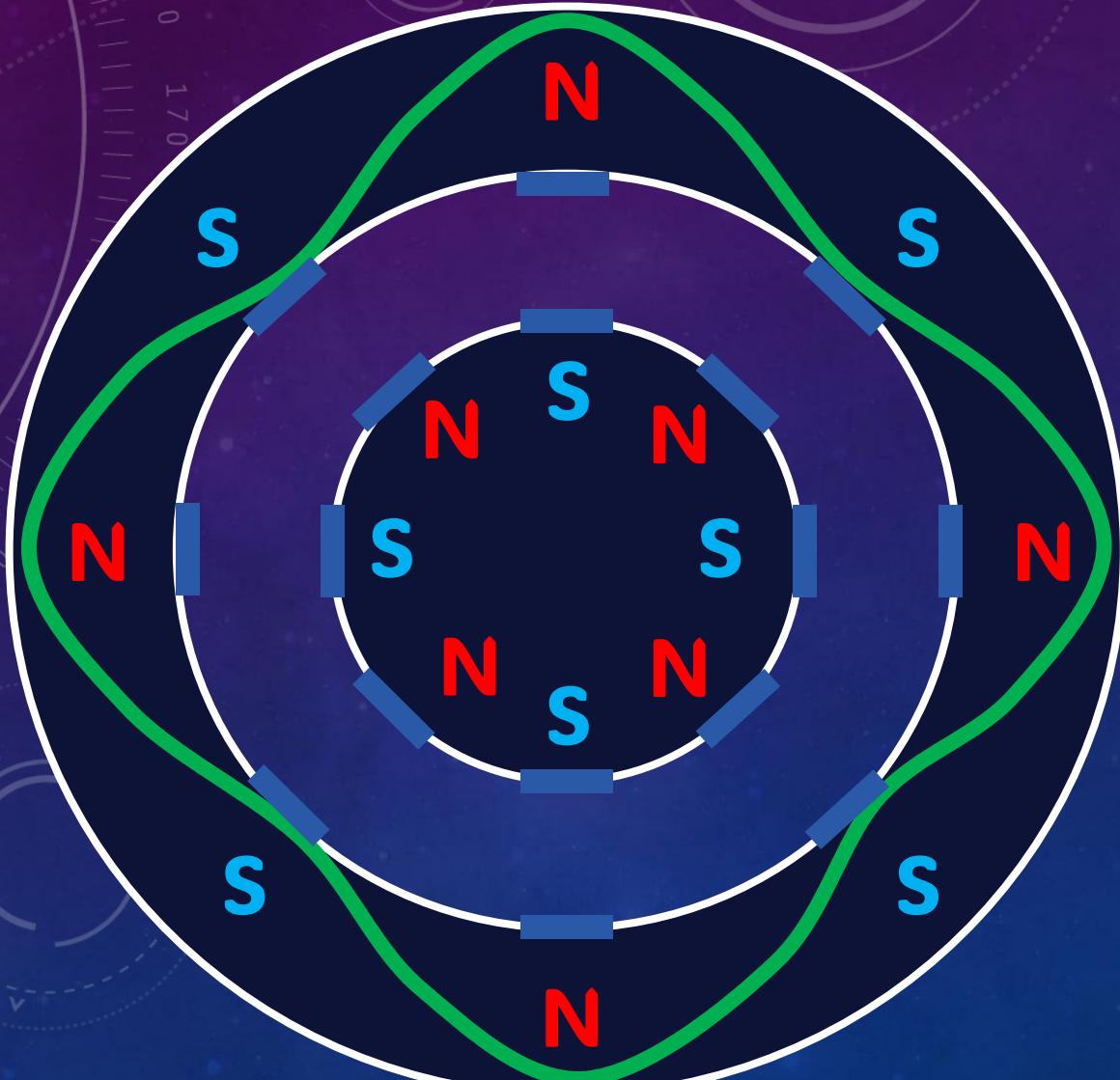
Champ magnétique d'un solénoïde



En très bref, comment marche un moteur

Schéma pour un moteur AC. Cas plus général et plus simple à comprendre

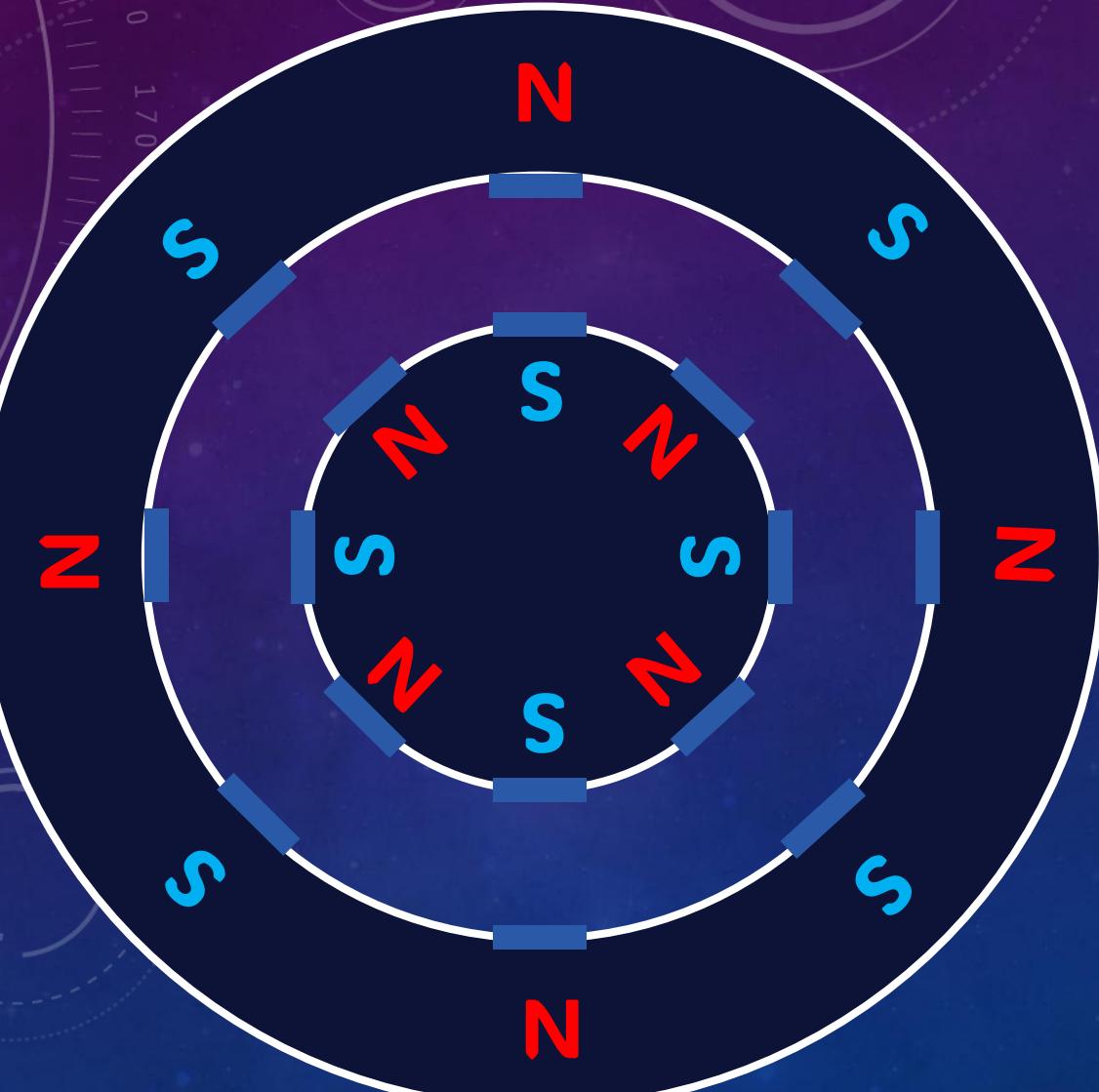
Courant AC





En très bref, comment marche un moteur

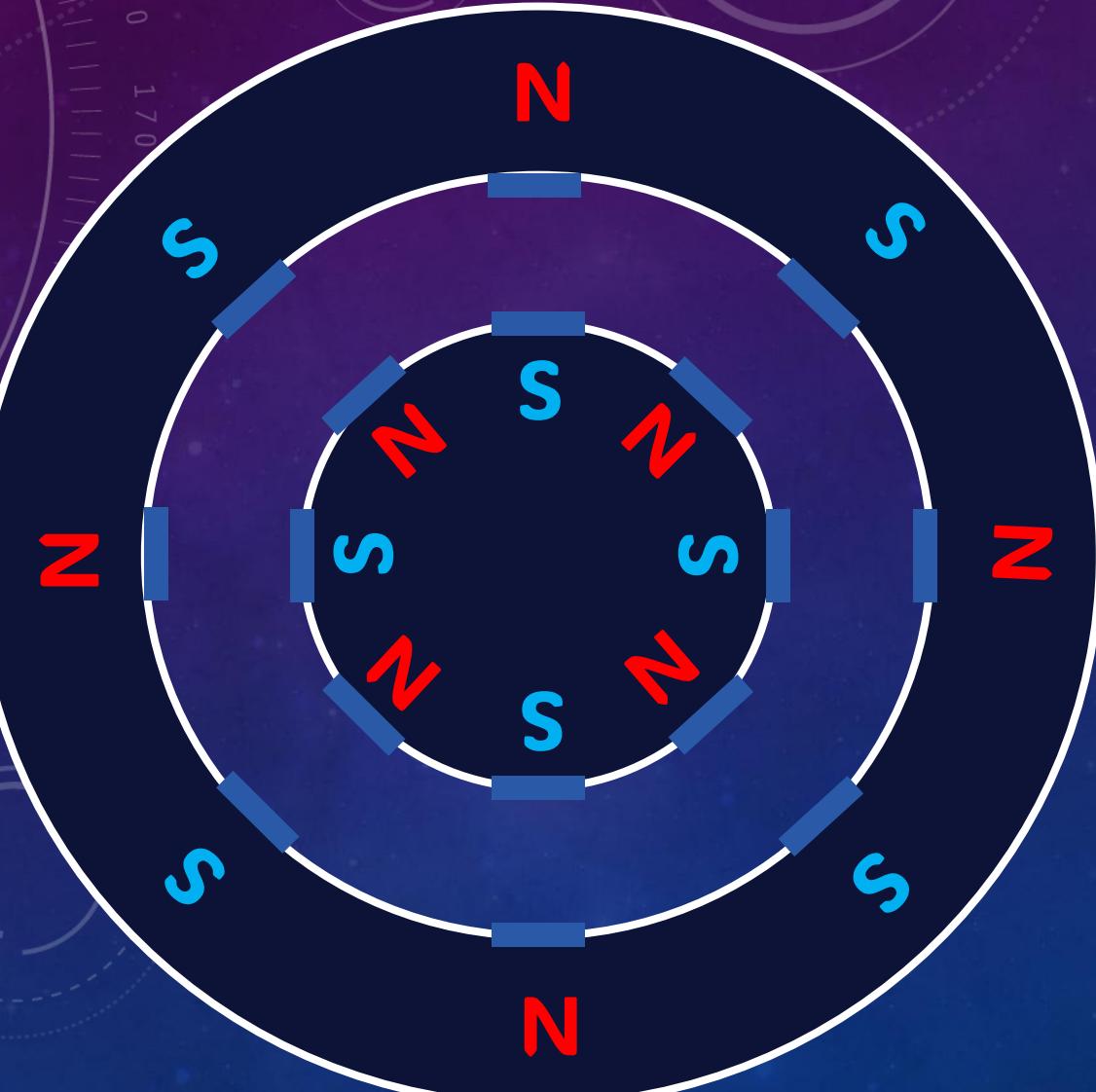
Schéma pour un moteur AC. Cas plus général et plus simple à comprendre

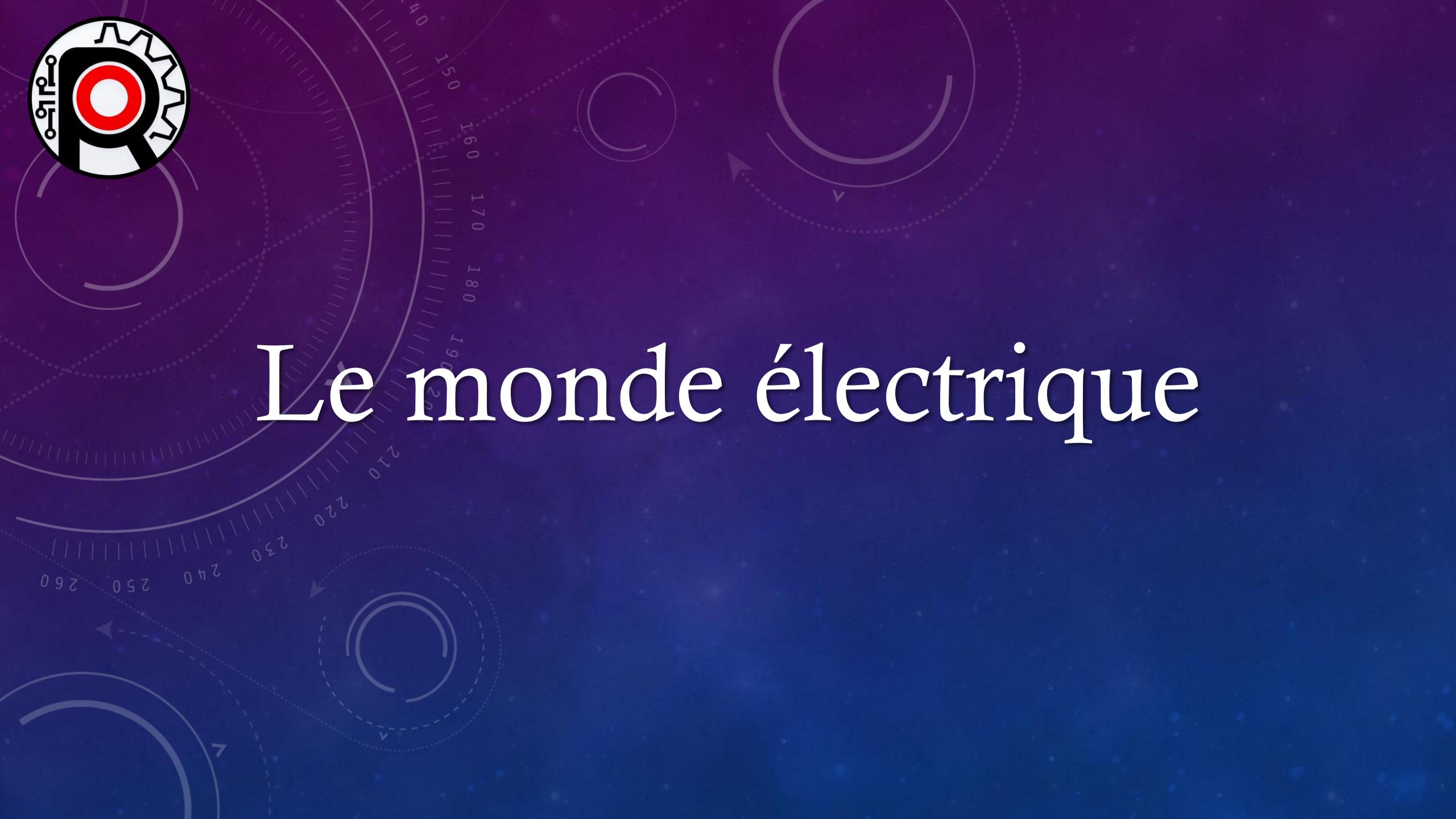




En très bref, comment marche un moteur

Schéma pour un moteur AC. Cas plus général et plus simple à comprendre





Le monde électrique



Système électronique avec moteur

Consignes de vitesse / couple

Circuit électrique



Quelles sont les différents systèmes nécessaires à un moteur ?



Alimentation du moteur

On veut alimenter un moteur. Seulement, comment faire ? À quoi faut-il faire attention ?

Idée : Brancher une source de tension. La tension d'alimentation est directement proportionnelle à la vitesse de rotation du moteur

Problème : La plupart du temps, le système est embarqué donc pas possible d'utiliser une source de tension traditionnelle

Solution : Utiliser une batterie comme alimentation

Nouveau problème : La tension de batterie n'est pas constante donc la vitesse de rotation du moteur non plus ce qui est souvent un soucis

Nouvelle solution : Utiliser une «Power Board»



Power Board

Une power board est un circuit intermédiaire entre une alimentation et un moteur. Il s'agit d'un sous-ensemble électronique dédié à la conversion et la régulation de puissance.

Il est possible de le voir comme sorte de convertisseur (DC/DC, DC/AC, AC/DC, AC/AC)

Son rôle et de fournir une tension stable et le courant dont le moteur aurait besoin

Tension input (généralement instable ou non contrôlable)



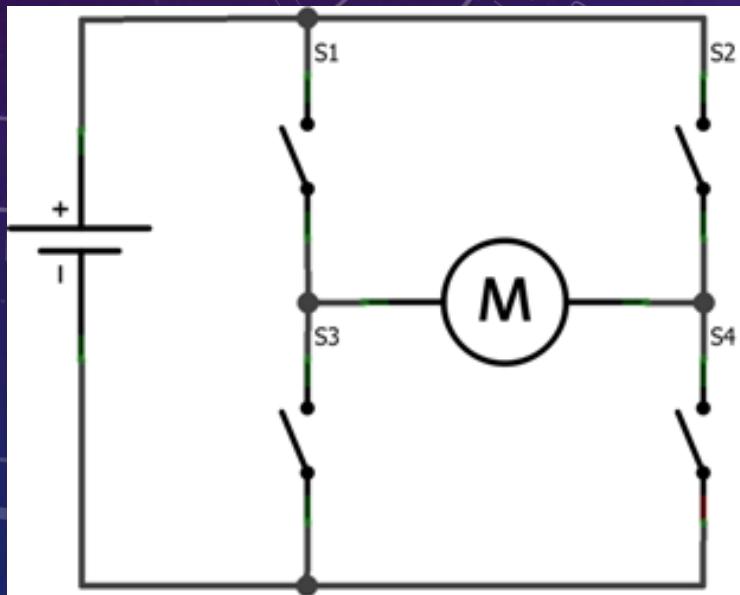
Tension stable



Power stage

Avec une power board, on a maintenant une tension stable. Seulement, une tension toute seule ne suffit pas. Il faut rajouter un autre dispositif : le «Power stage».

Exemple d'un Power stage de type pont H :



Chaque switch peut s'activer et fonctionne en paire.

- S1-S4 on : rotation sens horaire
- S2-S3 on : rotation sens-anti-horaire

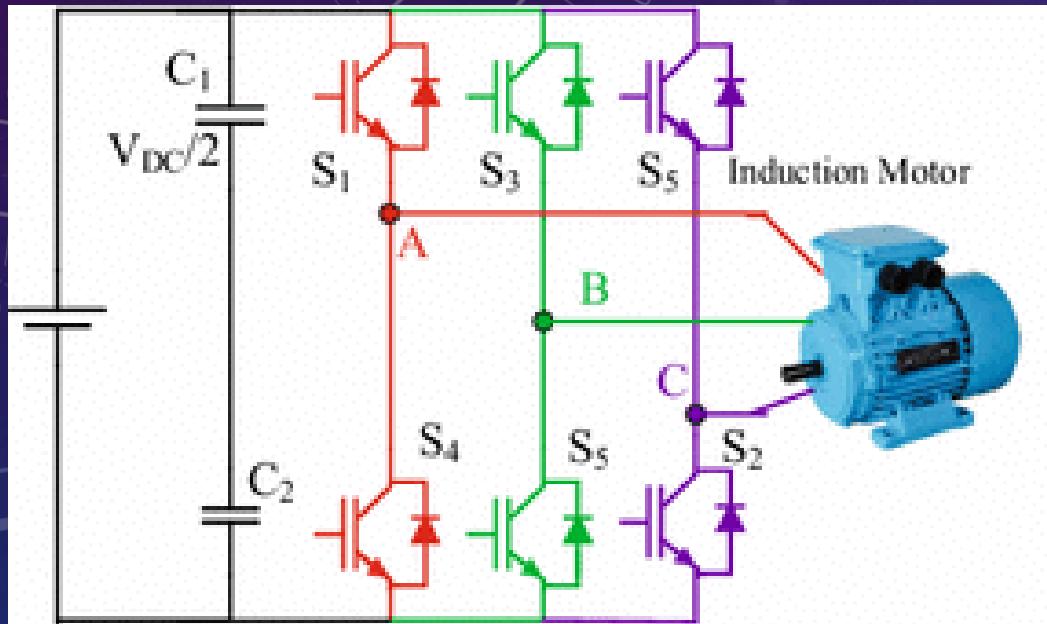
Une autre configuration rendra le contrôle instable et moins efficace



Power stage

Certains moteurs DC intègrent leur propre étage de puissance, mais les moteurs plus puissants requièrent un driver externe comme les moteurs AC

Exemple d'un power stage de type VSI (Voltage source inverter) :



Son rôle spécifique est de convertir la puissance DC en puissance AC de manière contrôlée



Contrôle du moteur

Un moteur ne se contrôle pas en tension mais en courant !

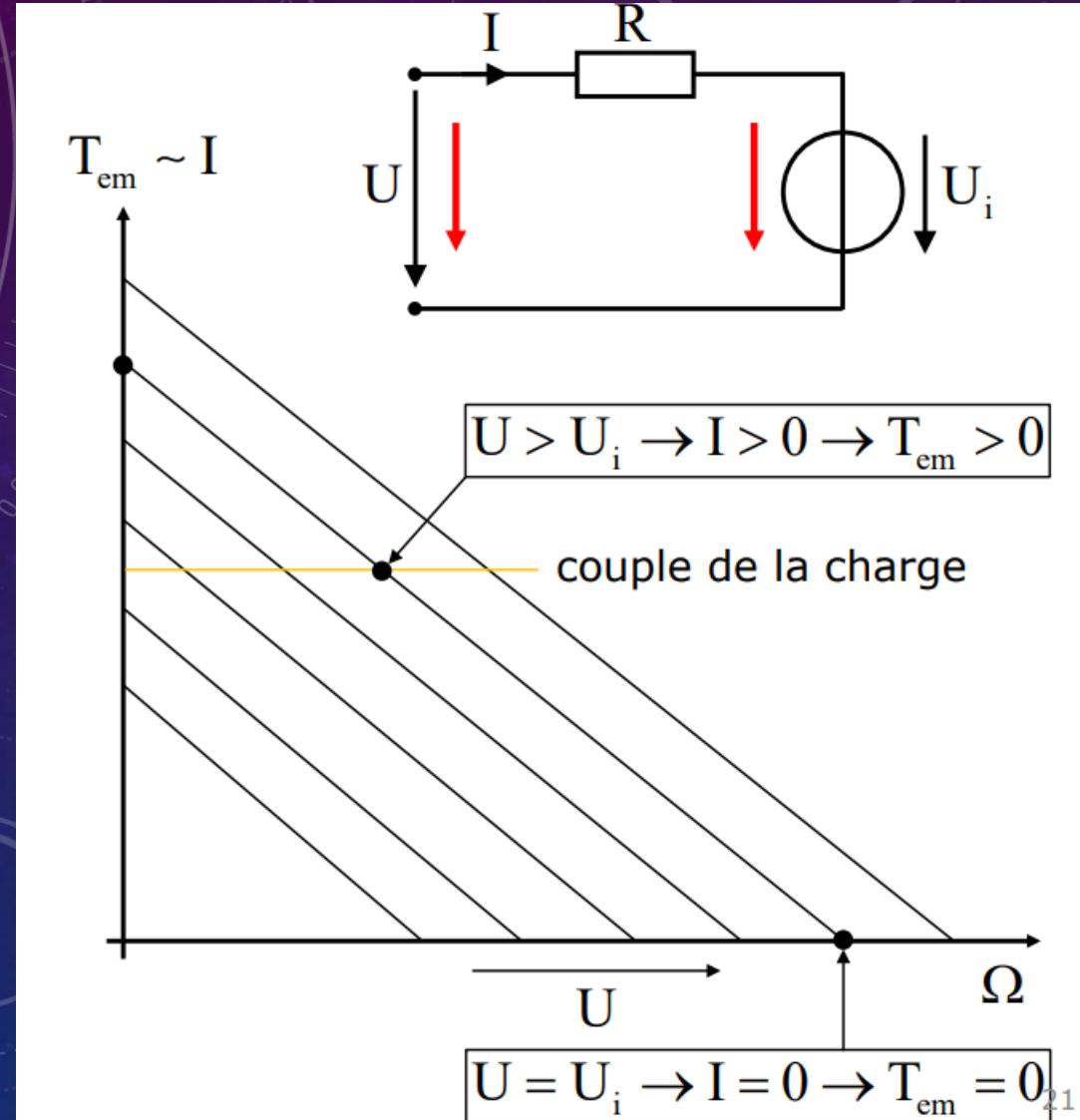
Le **couple** est proportionnel au **courant**

Seulement, le contrôle par le courant est très peu pratique. Comment faire pour contrôler le couple du moteur ?

De plus, Comment faire pour faire varier la tension d'alim pour diminuer/augmenter la vitesse de rotation ?



Contrôle du moteur

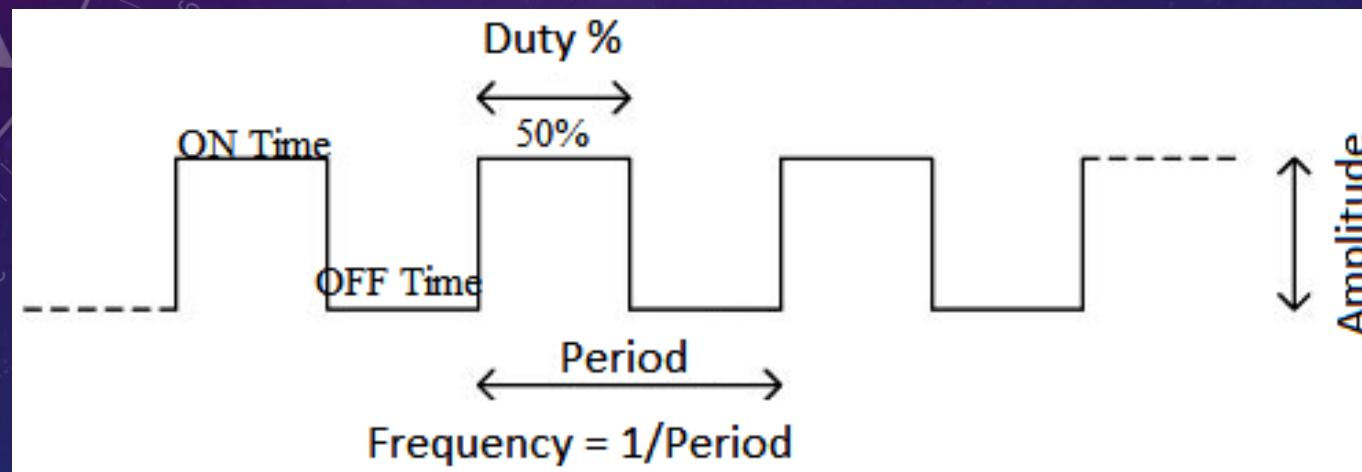


Régime d'un moteur DC



PWM

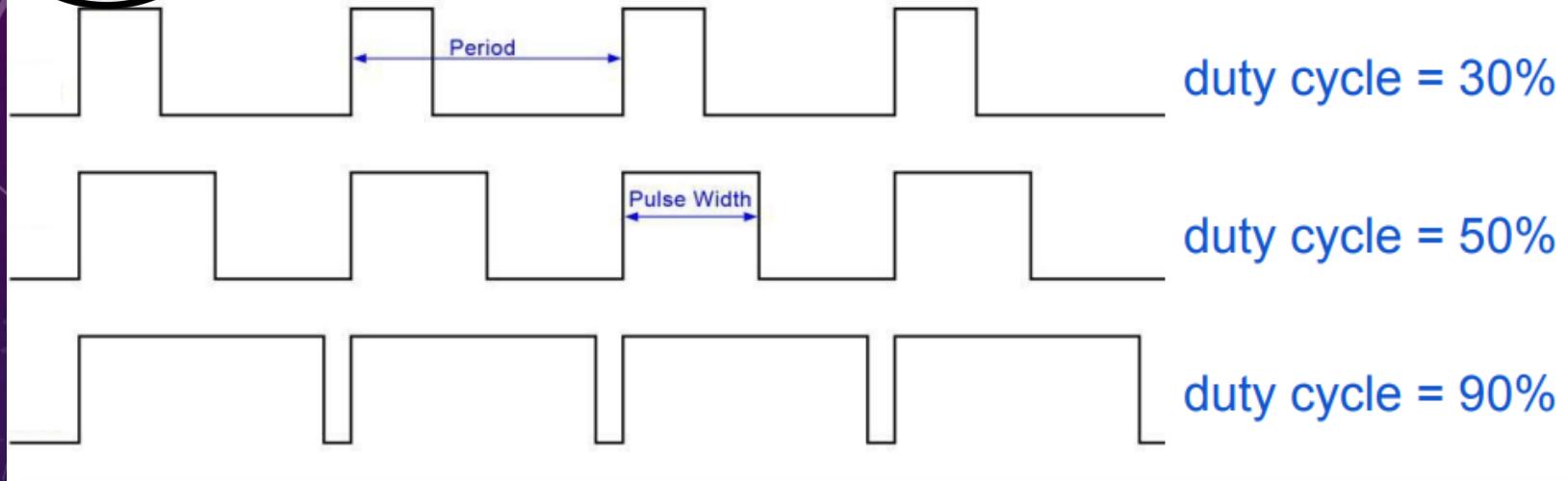
Le PWM est un signal digital qui est composé d'une tension logique 0 (GND) et logique 1 (Vcc)



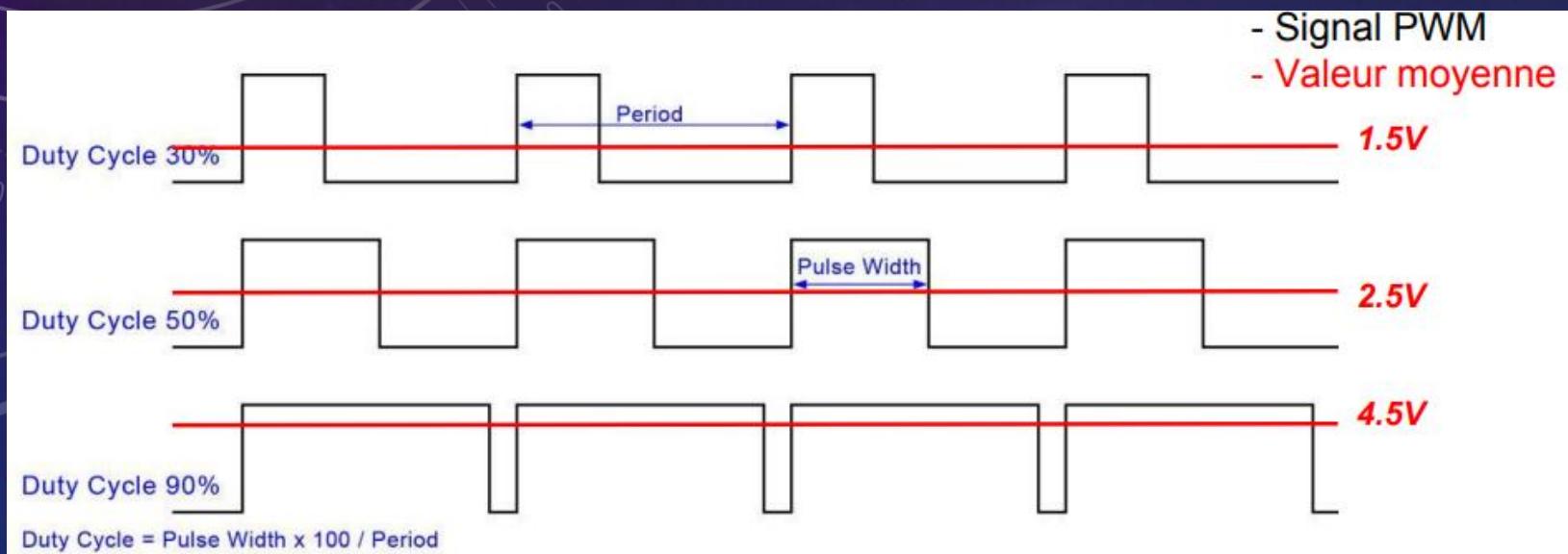
Pour reproduire ce type de signal, il faut manipuler un paramètre : Le duty cycle



PWM



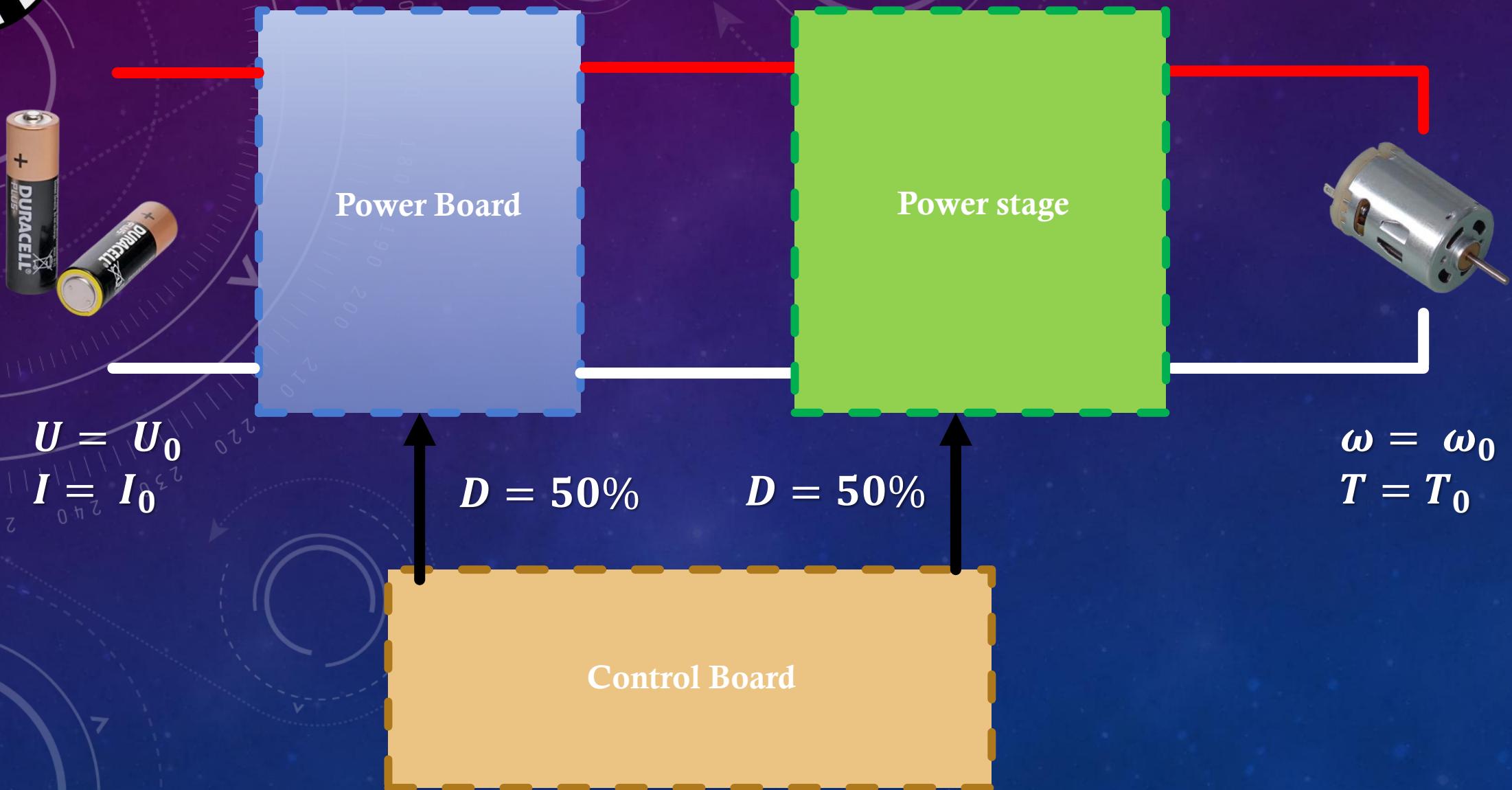
Il faut analyser la valeur moyenne du signal. On voit qu'on peut obtenir toutes les valeurs de tension comprises entre GND/Vcc



C'est de cette manière qu'une carte digital peut créer un signal analogue en faisant varier le duty cycle rapidement

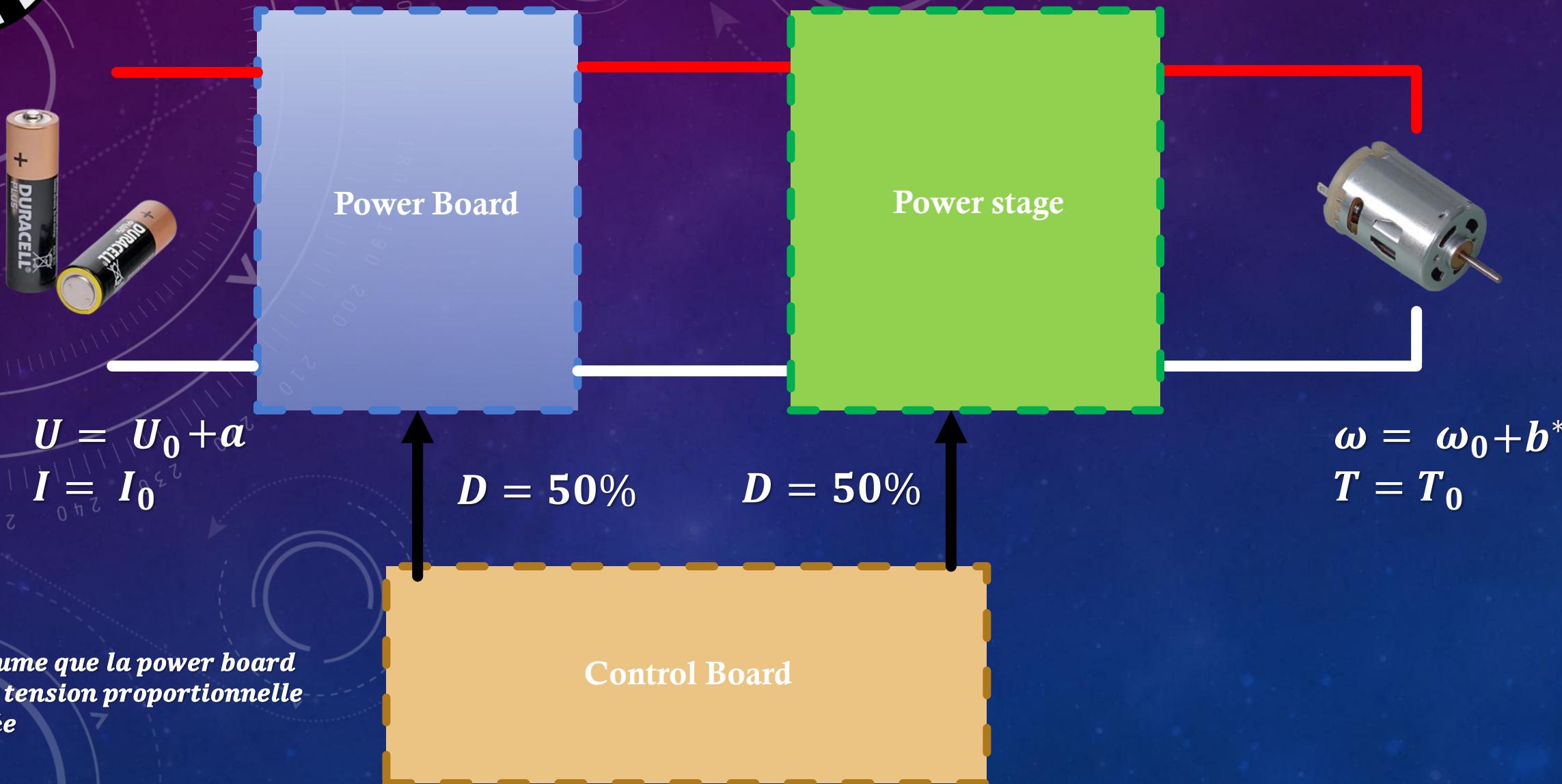


PWM dans un cas concret



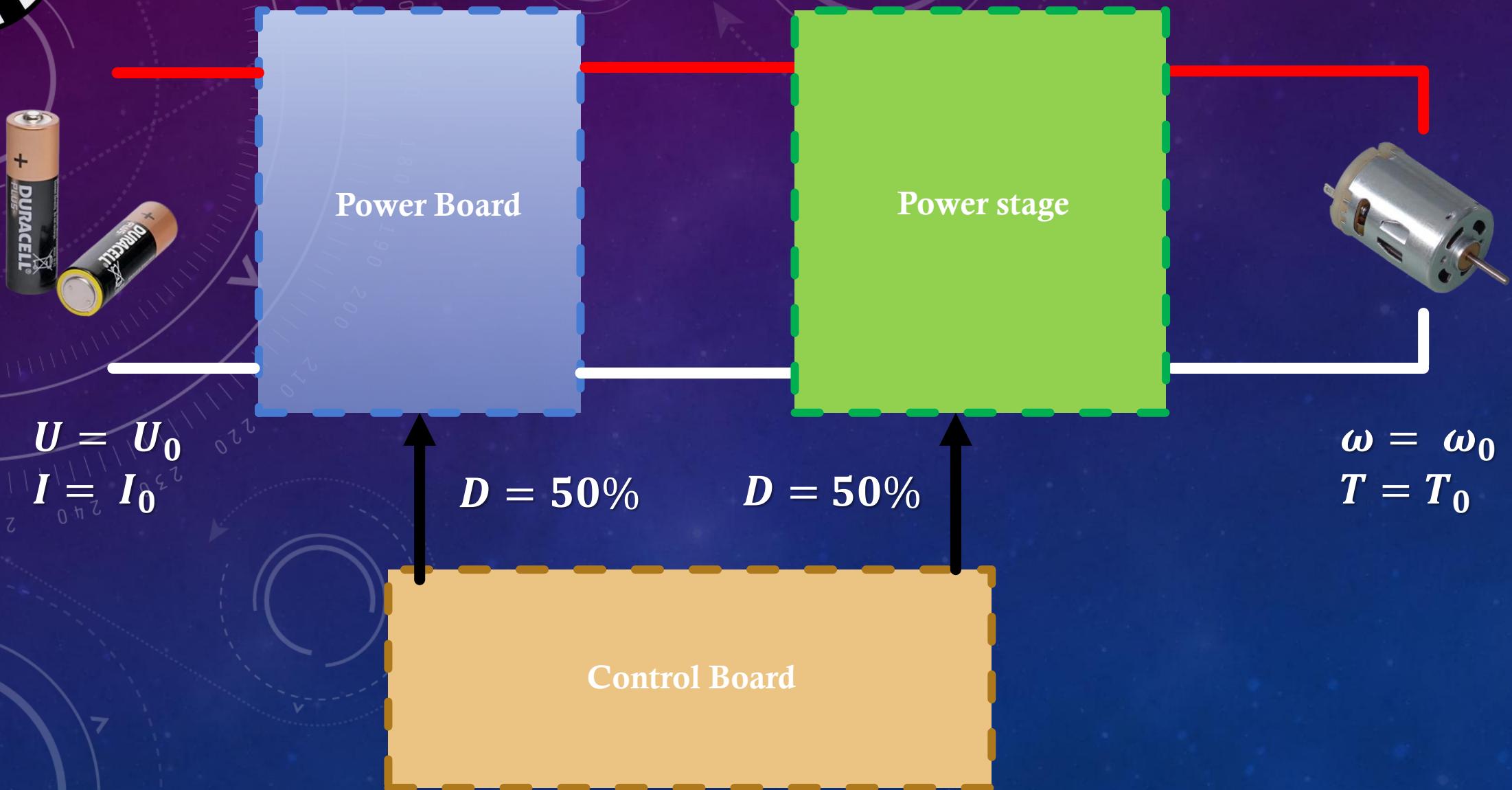


PWM dans un cas concret



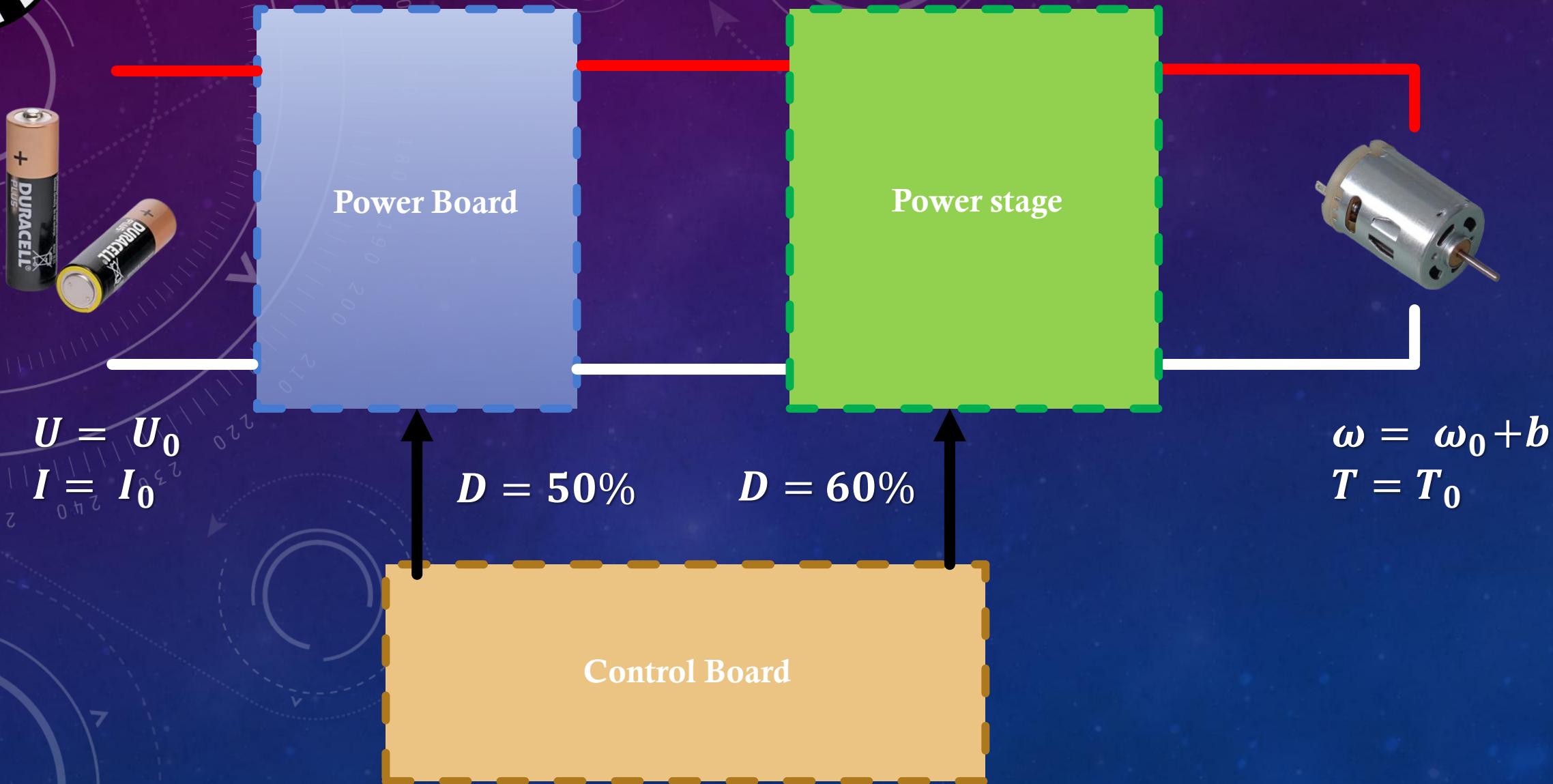


PWM dans un cas concret



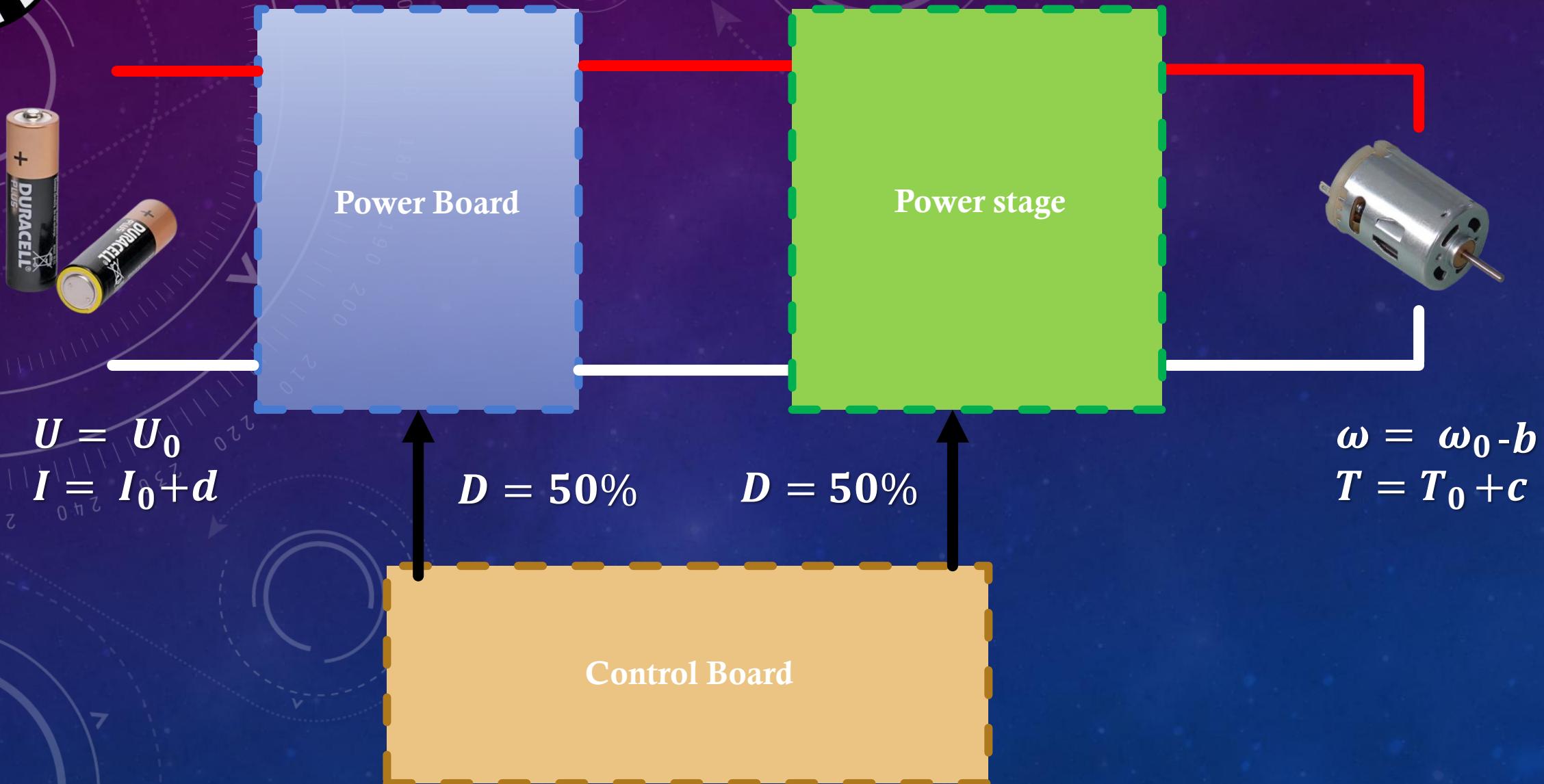


PWM dans un cas concret



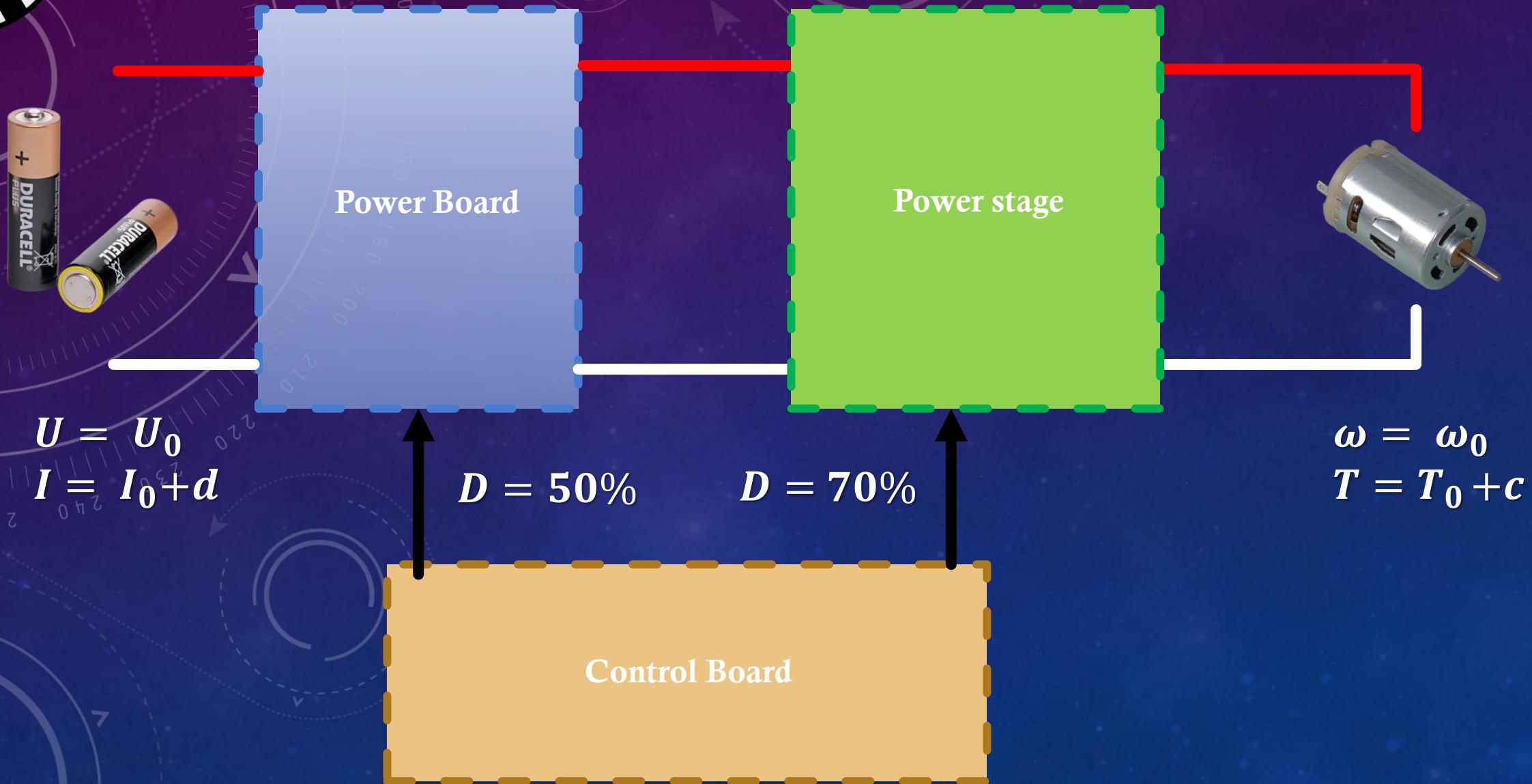


PWM dans un cas concret



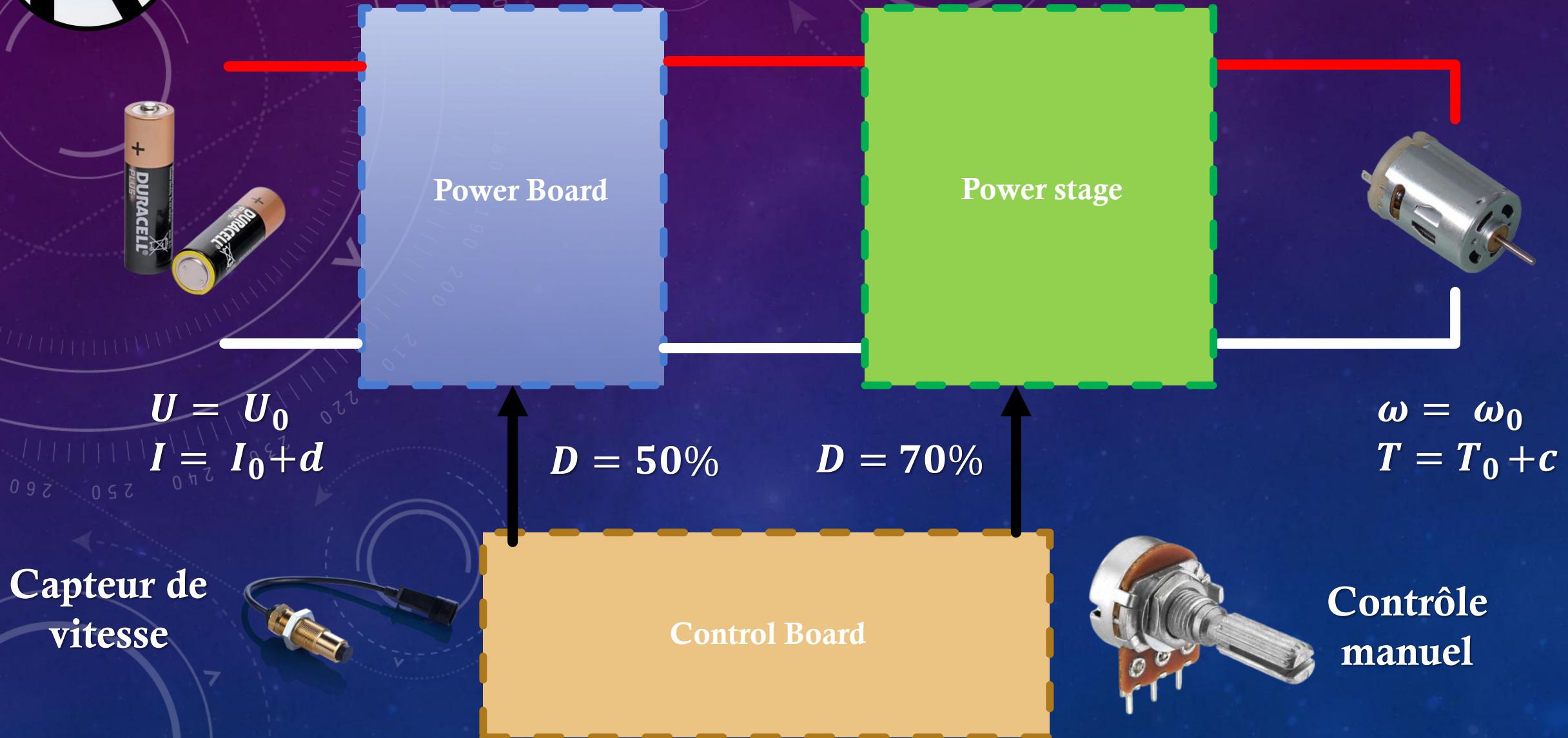


PWM dans un cas concret





PWM dans un cas concret

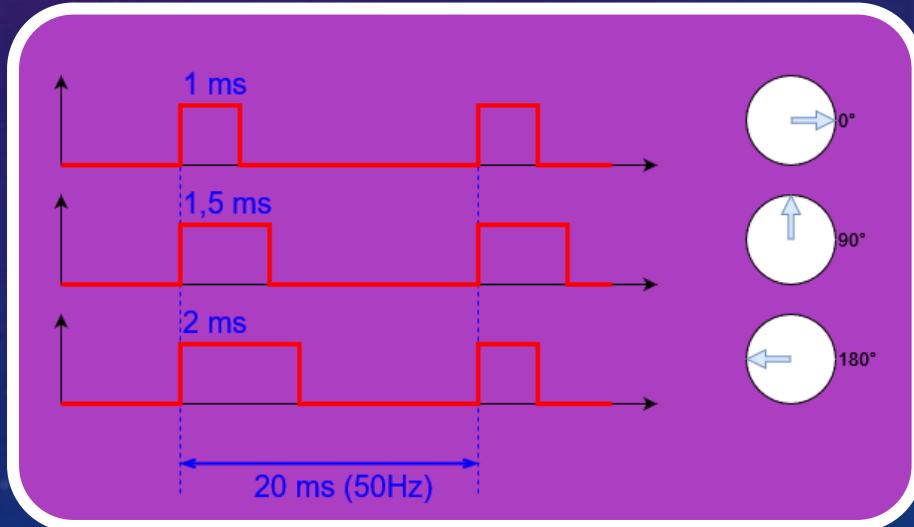




Le Servomoteur

Le servomoteur est différent des autres moteurs sur plusieurs points

Le PWM de ce moteur ne contrôle pas indirectement la vitesse. En réalité, le PWM sert à contrôler l'angle.



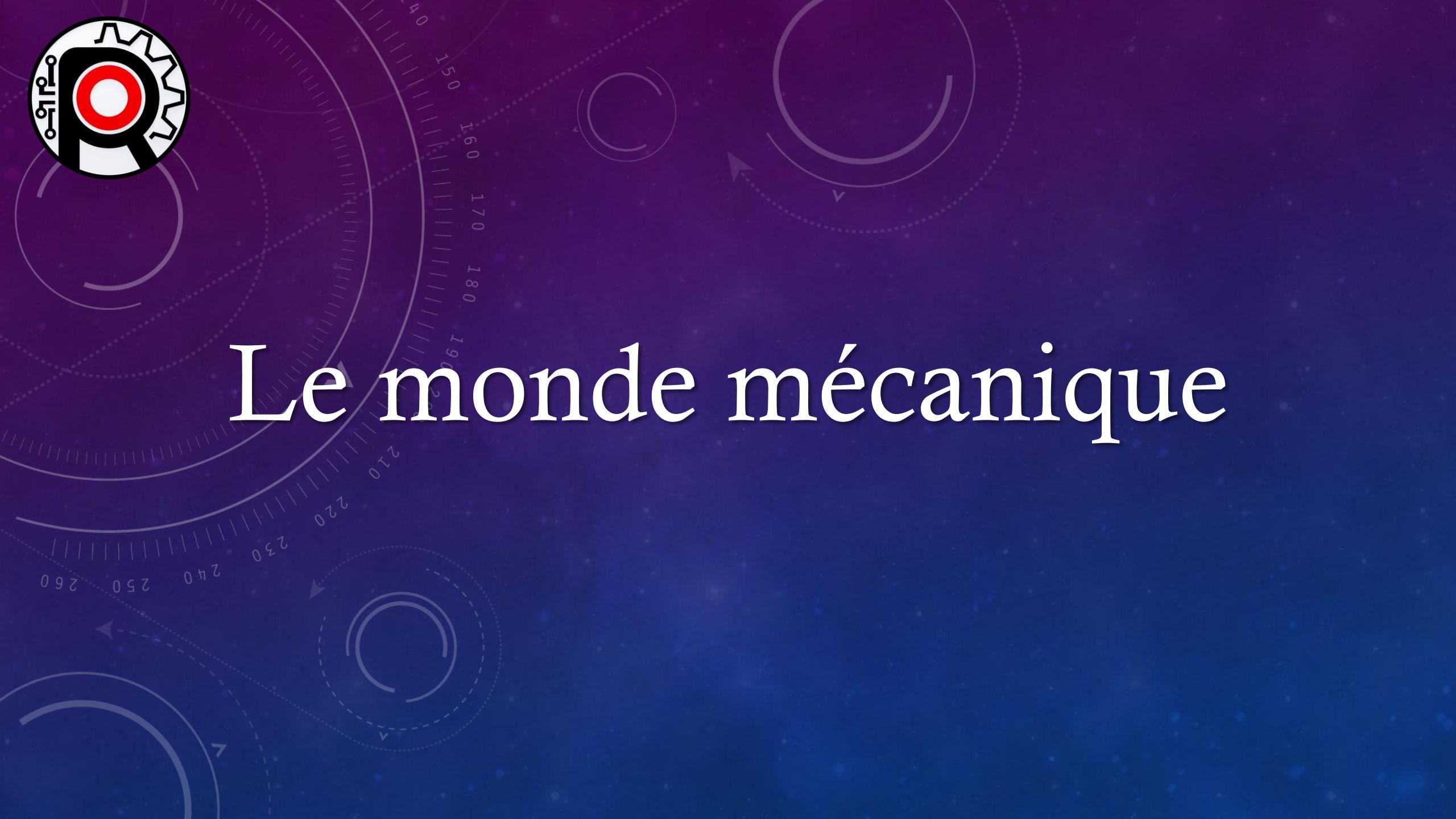
5% -> 0°

7,5% -> 90°

10% -> 180°

Fréquence de fonctionnement : 50 Hz

Attention, il s'agit de valeurs standards mais non pas universelles

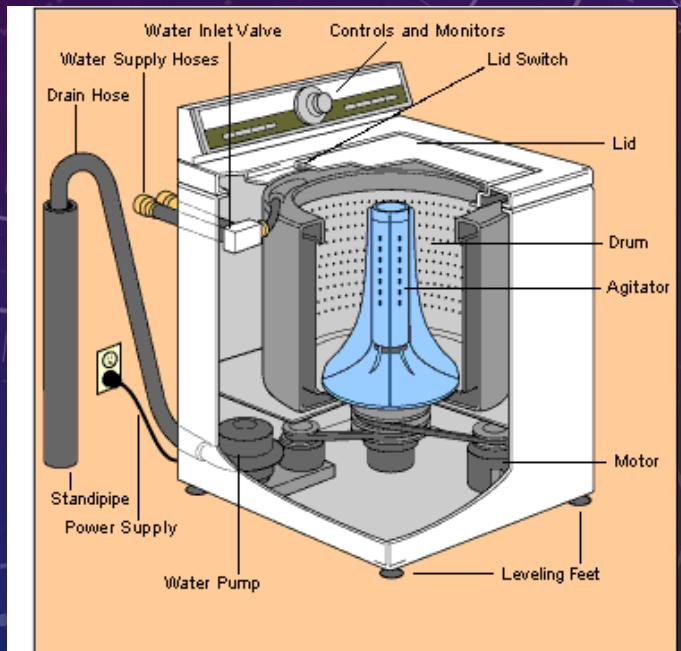


Le monde mécanique



Application d'un moteur

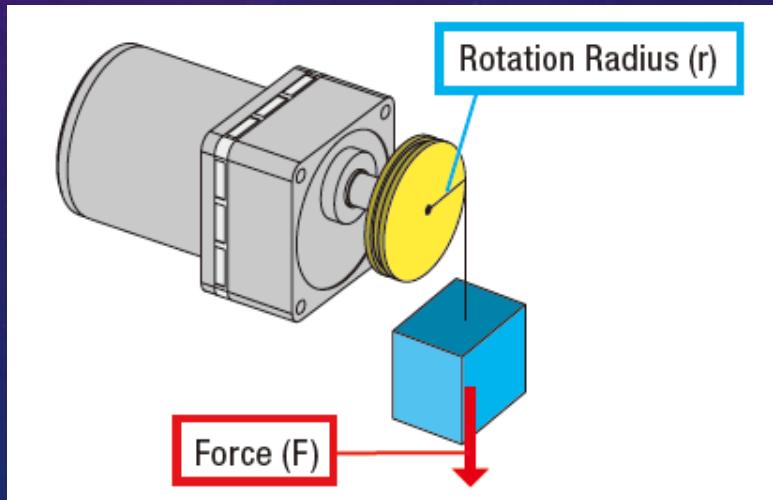
Mouvement circulaire
Couple
Vitesse angulaire



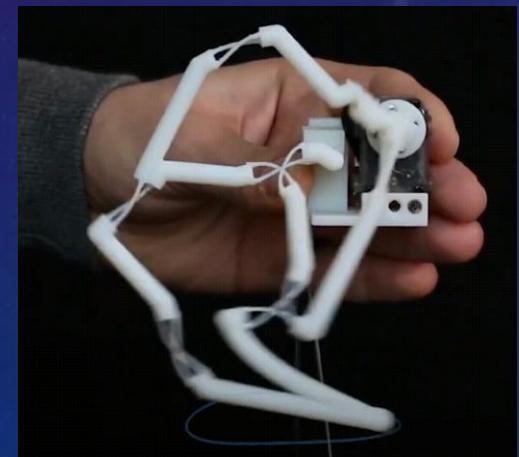
Mouvement circulaire



Mouvement quelconque
Couple / Force
Vitesse de mouvement



Mouvement linéaire



Mouvement quelconque

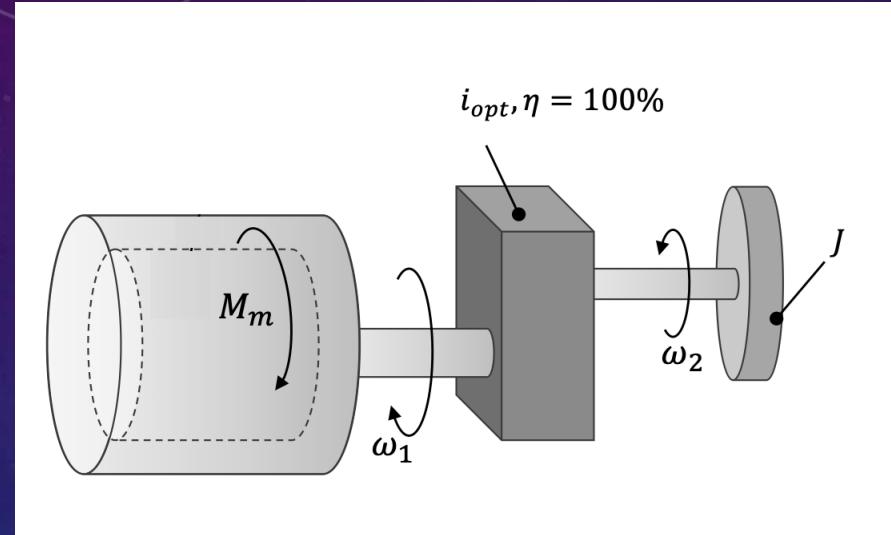


Application d'un moteur : La vitesse



RS PRO Brushed DC Motor, 80.16 W, 12 V dc, 92.13 mNm, 8311 rpm, 6.35mm Shaft Diameter

Les moteurs électriques ont souvent une vitesse trop élevée et un couple très bas, comment avoir un couple élevé et une vitesse acceptable?



Transmission à rapport de transmission i

Donc pour un réducteur de rapport de transmission i on a en sortie :

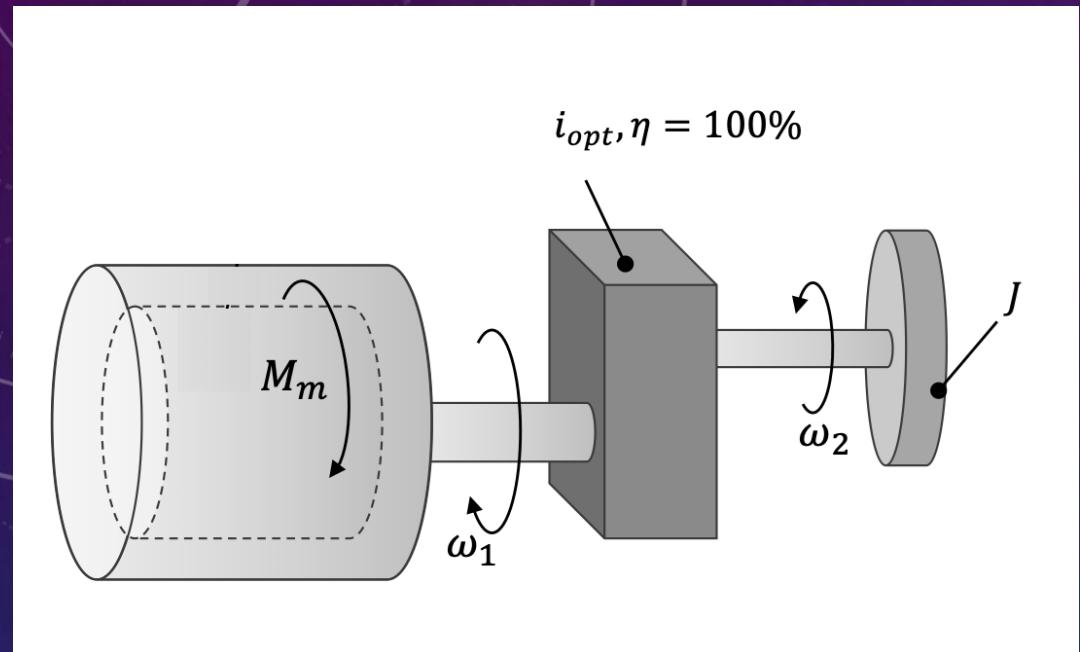
$$M_{out} = M_m * i$$

$$RPM_{out} = RPM_{in}/i$$



Cas de charge - mouvement circulaire

Déterminer les cas limites : max couple et max vitesse angulaire



Moteur lié à une roue d'inertie par une transmission

On détermine les moments de force externes sur la roue d'inertie (par couple de friction, couple appliquée, par accélération etc) dans le cas limite. On a donc le couple nécessaire à la sortie:

$$M_r = \sum \text{Moments externes}$$

Le couple nécessaire délivré par le moteur est:

$$M_m = M_r / i$$

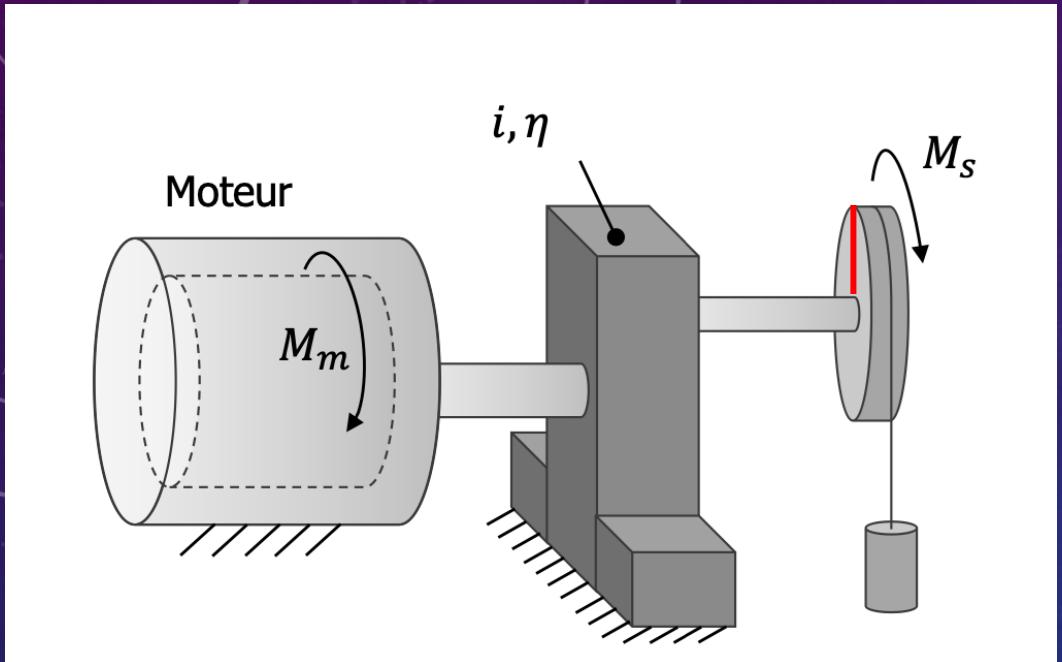
La vitesse nécessaire du moteur est:

$$\omega_m = \omega_r \max * i$$



Cas de charge - mouvement linéaire

Déterminer les cas limites : Force et vitesse linéaire max



Moteur lié à masse par une transmission

On détermine les forces externes sur la roue d'inertie (par force de friction, gravité, accélération etc.) dans le cas limite. On a donc le couple nécessaire à la sortie:

$$M_s = \sum \text{Forces externes} * r$$

Le couple nécessaire délivré par le moteur est:

$$M_m = M_s / i$$

La vitesse nécessaire du moteur est:

$$\omega_m = (v_{s\max} / r) * i$$

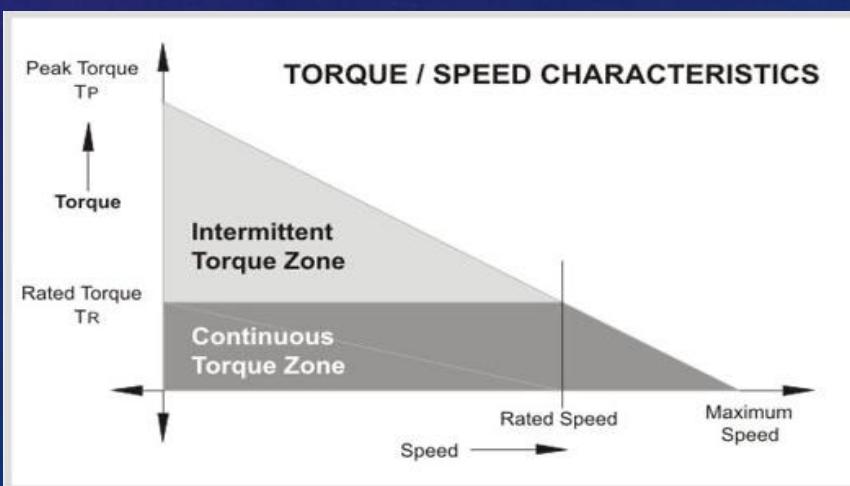


Choix de la taille d'un moteur DC avec réduction intégrée

TYPE	NOMINAL VOLTAGE	L	RATIO TO :1	NOMINAL TORQUE	SPEED		CURRENT		INPUT POWER AT NOMINAL TORQUE
					NO LOAD	AT NOMINAL TORQUE	NO LOAD	AT NOMINAL TORQUE	
	V	mm		N cm	rpm	mA	W		
PS 150 • 12 • 3	12 24	63	3,4	3	2000 2040	1130 1340	<200 <150	820 430	9,8 10,3
PS 150 • 12 • 5	12 24	63	5	5	1365 1360	650 780	<200 <150	900 460	10,8 11,0
PS 150 • 12 • 12	12 24	71,2	11,56	10	570 575	300 340	<200 <150	900 440	10,8 10,6
PS 150 • 12 • 17	12 24	71,2	17	15	380 380	205 245	<200 <150	850 440	10,2 10,6
PS 150 • 12 • 25	12 24	71,2	25	20	260 272	163 180	<200 <150	770 400	9,2 9,6
PS 150 • 12 • 39	12 24	79,4	39,3	30	162 163	100 103	<200 <150	830 460	10,0 11,0
PS 150 • 12 • 58	12 24	79,4	57,8	50	111 115	57 65	<200 <150	940 470	11,3 11,3
PS 150 • 12 • 85	12 24	79,4	85	75	75 77	38 45	<200 <150	950 450	11,4 10,8
PS 150 • 12 • 125	12 24	79,4	125	100	54 54	26 34	<200 <150	900 440	10,8 10,6
PS 150 • 12 • 196	12 24	87,7	196,52	140	33 34	19 21	<200 <150	950 430	11,4 10,3
PS 150 • 12 • 289	12 24	87,7	289	180	23 23	14 17	<200 <150	800 400	9,6 9,6
PS 150 • 12 • 425	12 24	87,7	425	250	15 16	10 11	<200 <150	800 360	9,6 8,6
PS 150 • 12 • 625	12 24	87,7	625	250	11 11	8,5 8,5	<200 <150	530 280	6,4 6,7

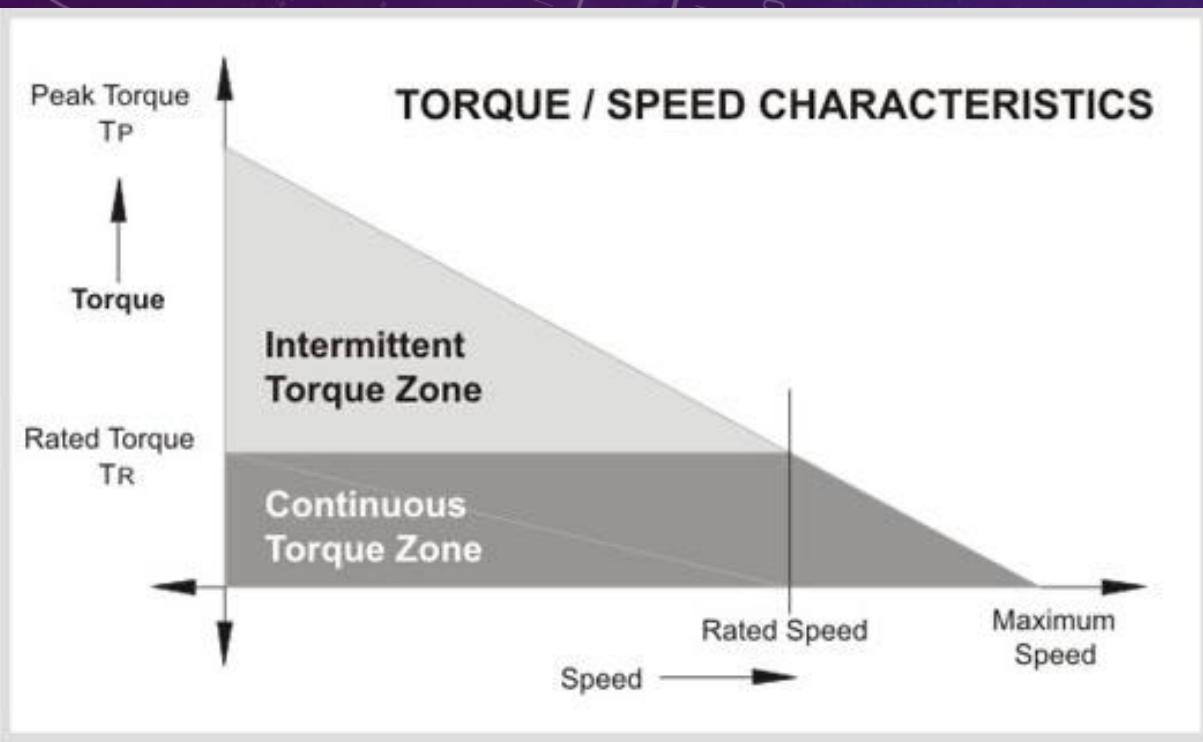
Datasheet d'un moteur pour différents rapports de transmission

Le manufacturier donne (souvent) les valeurs du “rated torque” et “rated speed” avec différents rapports de transmission ainsi que la vitesse sans charge. On peut donc dessiner une approx de la courbe caractéristique du moteur.





Choix de la taille d'un moteur DC avec réduction intégrée



Si on doit accélérer la charge à une certaine vitesse et rester à cette vitesse :

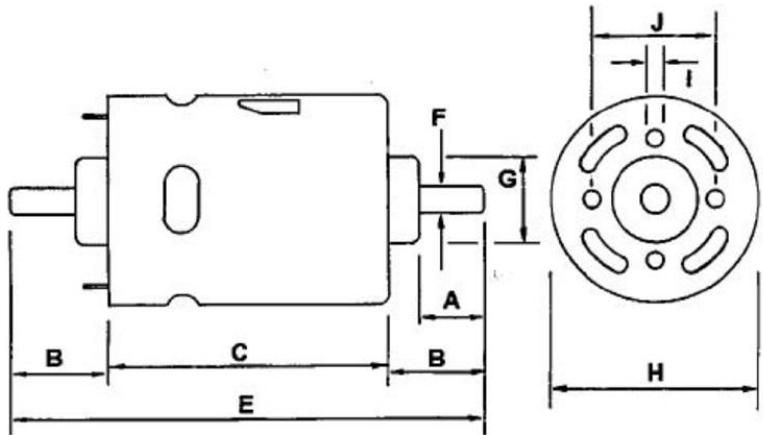
Déterminer les charges pendant accélération

Le moteur doit pouvoir délivrer le couple nécessaire pendant la phase d'accel (faire attention à ne pas rester dans la zone de couple intermittent)

Déterminer la charge pendant vitesse max et regarder si moteur peut délivrer le couple nécessaire



Choix de la taille d'un moteur DC avec réduction intégrée



Weight 595g (approx)

DIMENSIONS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
MILLIMETER	13.2	20.5	69.0		110.0	6.350	21.75	51.8	M5	32.0	
DECIMAL INCHES	0.520	0.810	2.720		4.330	0.250	0.860	2.040		1.260	

MODEL	VOLTAGE		NO LOAD		AT MAXIMUM EFFICIENCY					STALL TORQUE		
	OPERATING RANGE	NOMINAL	SPEED	CURRENT	SPEED	CURRENT	TORQUE		OUTPUT			
			R.P.M.	A	R.P.M.	A	oz - in	mN-m	W	%	oz - in	mN-m
	12.0v	12.0V CONSTANT	9778	1.90	8311	10.82		92.13	80.16	61.74		614

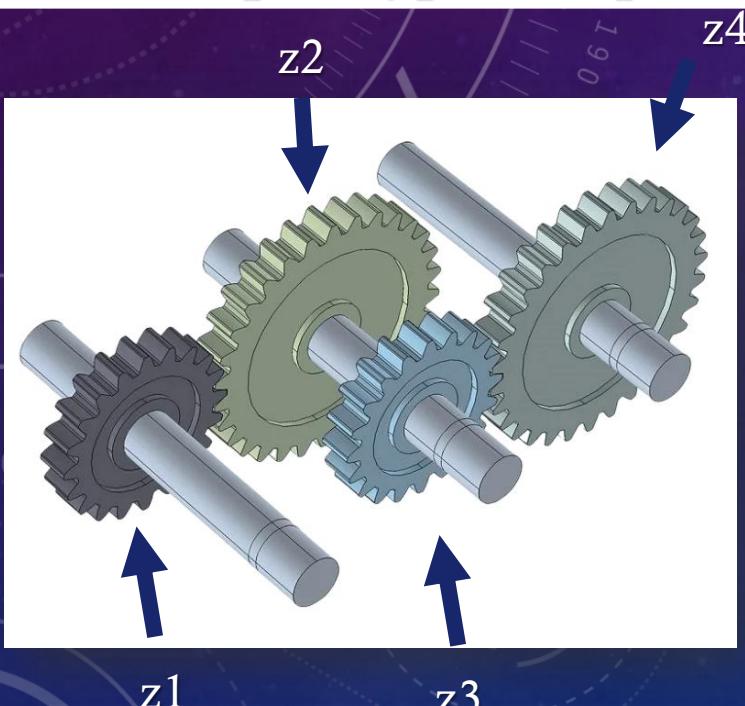
Stall Current at 12v = 61.34A

On peut simplement dessiner la courbe caractéristique du moteur sans réduction et le transformer à la courbe avec une réduction

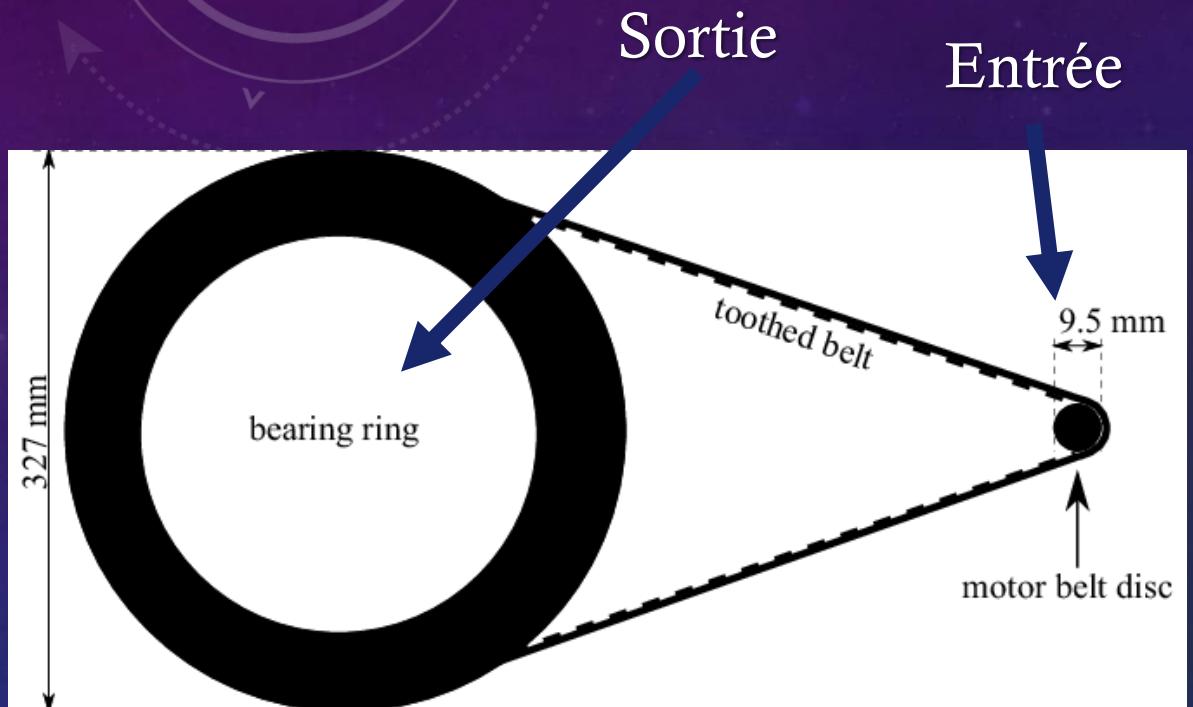


Transmissions

On ne va pas rentrer dans les détails, designer une transmission n'est pas hyper simple



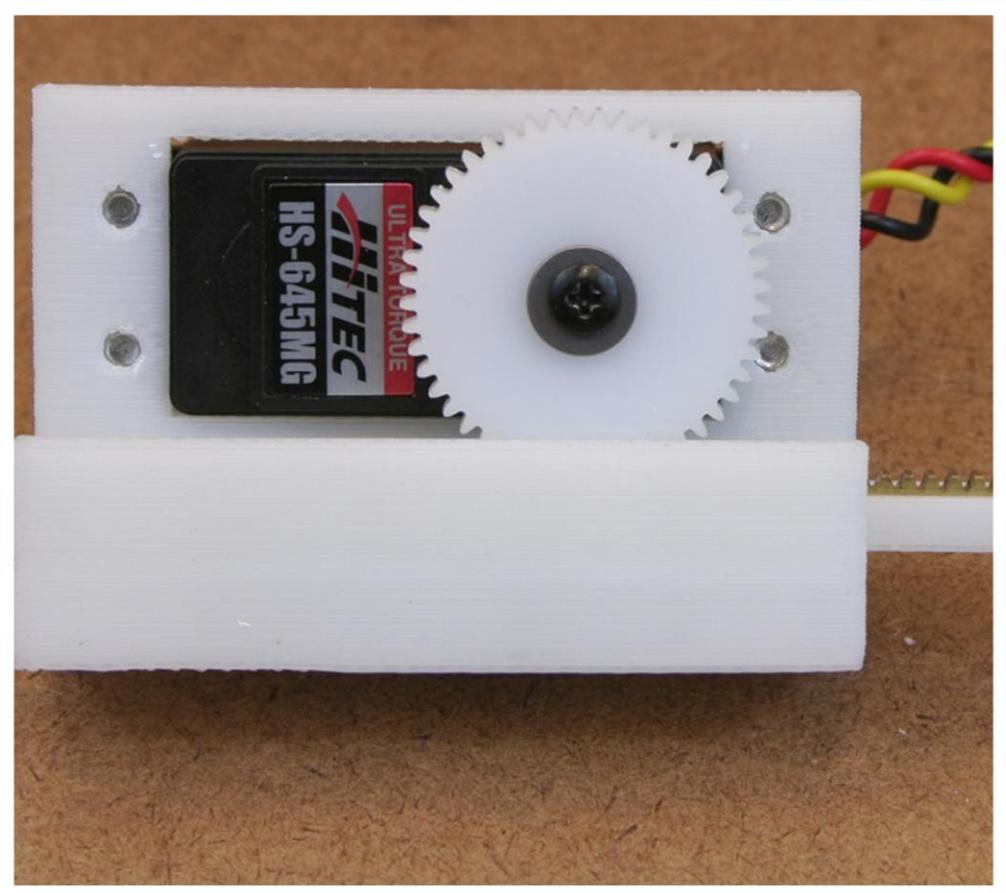
$$\text{Rapport de réduction: } i = (z_2/z_1) * (z_4/z_3)$$



$$\text{Rapport de réduction : } i = d_2/d_1$$



Implémentation servomoteur



Il est aussi possible d'attacher des charges ou une transmission directement à l'arbre de sortie en vissant directement dans l'arbre de sortie.

Si on visse simplement un objet sans aucun accouplement l'objet peut glisser, ce qui limite le couple transmissible (peut causer des problèmes si on veut transmettre plus de couple mais peut être exploité comme limiteur de couple)



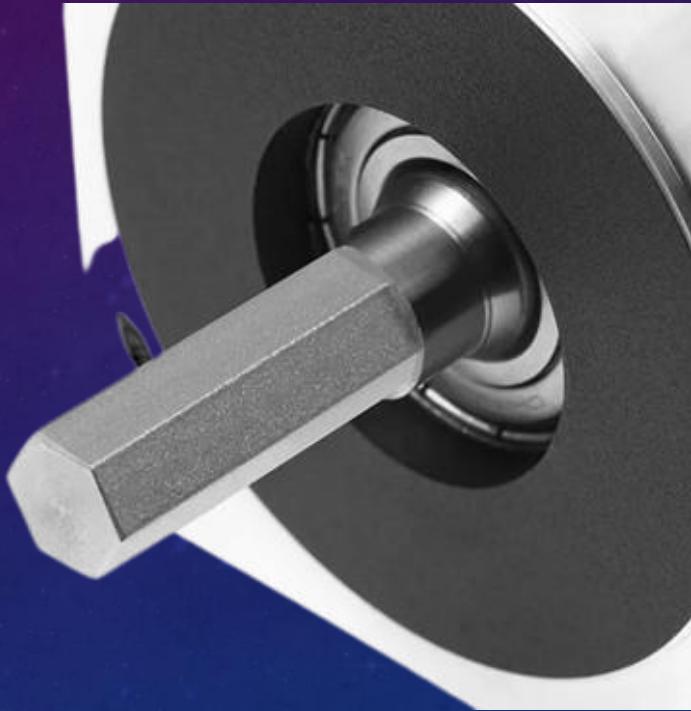
Intégration moteur DC (et dérivés)



Accouplement flexible avec arbre moteur -> la pièce tient à l'arbre du moteur car en vissant la rainure comprime l'arbre



Une vis de serrage pousse contre l'arbre et guide la rotation de la pièce



Avec un carré/polygône d'entraînement il faut simplement coupler une pièce avec la forme adéquate

C'est la fin !

Questions ? Commentaires ?

