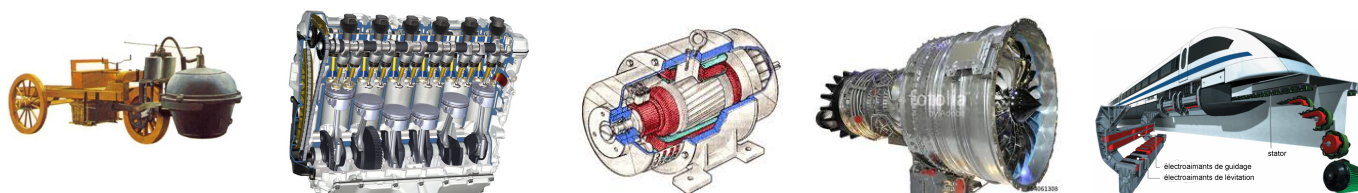


 Lazare CARNOT -ARRAS-	Les Moteurs (les moteurs électriques en SIN)	 Activité - 3 x 3h STI2D - 2022/2023
NOM : PRÉNOM :		CLASSE : TDD_SIN 18/03/22 22:48
Condition :	• travail seul ; durée 3 x 3 heures	
Matériel :	• un ordinateur sous Windows avec les logiciels Proteus et Flowcode • une carte de développement (PIC , Arduino)	
Documents :	• le sujet de cette Activité	



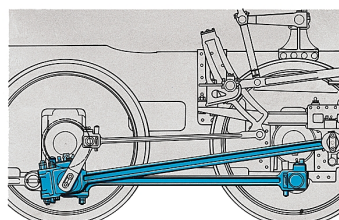
Historique (source Wikipédia)



Les **moteurs** les plus anciens utilisent les forces naturelles, sans ajout de technologies ou presque: des moteurs utilisant une pression (voile, moulin à vent); des moteurs à élastique (arc, arbalète, catapulte à torsion, horloge à ressort); des moteurs utilisant la **gravité** (roue à aube sur cours d'eau ou sur réserve d'eau, clepsydre, catapulte à contrepoids, **tournebroche** à poids, horloge à poids).



Le premier moteur vraiment indépendant de la nature, adaptable en situation, est la **machine à vapeur**. Ce moteur est basé sur une **chaudière** produisant de la **vapeur d'eau** grâce à la combustion d'un **carburant**, la vapeur comprimée est utilisée, lors de sa détente, pour mouvoir un **piston** dans un **cylindre**.



Ce mouvement de translation est transformé en rotation par un jeu de **bielles**. Le **couple** résultant entraîne un **volant d'inertie** régulateur de couple puis, une **machine** ou des **roues**, via un mécanisme de **transmission**.



À la fin du XIX^e siècle, le **moteur à combustion interne** utilisant directement la chaleur dégagée par la **combustion** d'un **carburant**, fut développé et adapté aux premières **automobiles**.

Ce moteur est comme la machine à vapeur, en général, équipé de bielles et pistons, avec comme exception le **moteur Wankel** qui lui n'a pas de bielles, mais des pistons rotatifs; toutefois la production de chaleur se fait à l'endroit même de la production de travail d'où l'appellation de **moteur à combustion interne**, en d'autre termes, la combustion du carburant produit directement un travail.

Depuis, il poursuit ses progrès en termes de **rendement** et d'adaptation aux exigences de nos sociétés modernes en particulier aux nouvelles **normes antipollution**.

Au milieu du XX^e siècle, devant le besoin croissant de puissance pour propulser les **avions militaires**, les **moteurs à réaction** furent activement développés, en particulier, pendant la **Seconde Guerre mondiale** en parallèle avec les **moteurs-fusée** pour les **missiles**. Comme ces deux familles de moteurs ont des rapports *poids / puissance* (ou *puissance massique*) sans équivalent, malgré des **rendements** plutôt faibles, au XXI^e siècle, ils sont toujours développés activement pour mouvoir **avions** et **fusées**.

Questions:

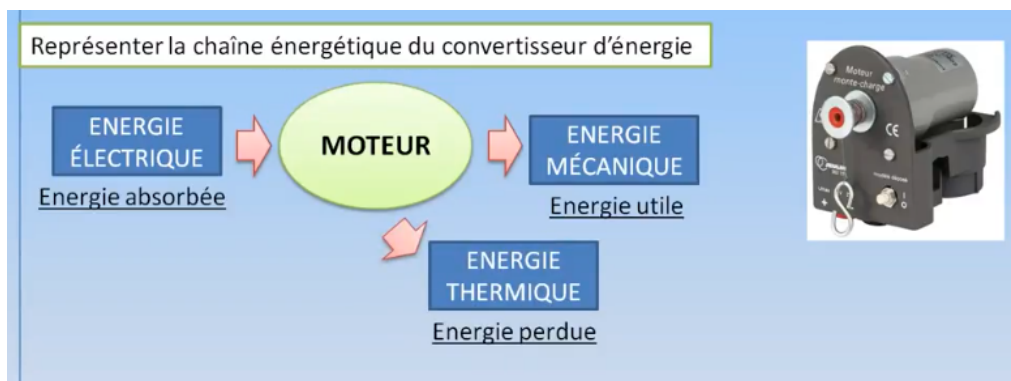
- 1 - Quel est le rôle d'un moteur, sa fonction principale?
- 2 – Le couple c'est quoi?
- 3 – Comment exprime-t-on la vitesse de rotation d'un moteur?
- 4 – Le rendement d'un moteur? ça se calcule comment?
- 5 – Énergie, ou puissance?

Vidéo

[Quelle est la différence entre le COUPLE et la PUISSANCE d'un moteur.mp4](#)



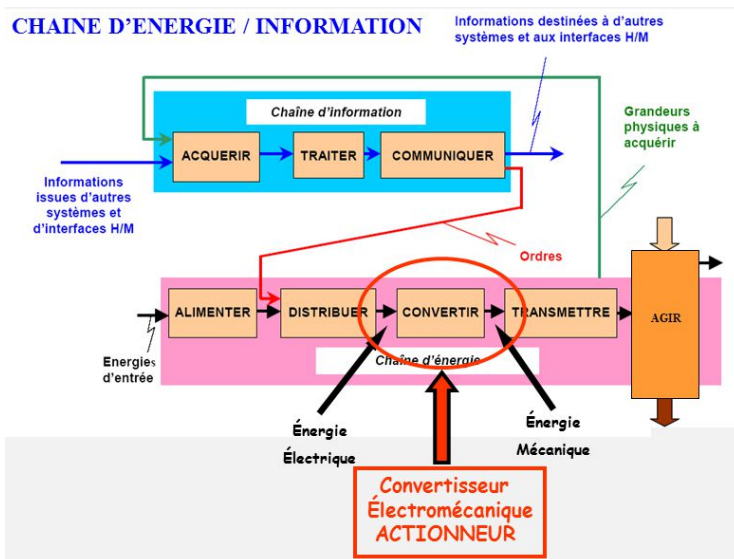
[Rendement moteur électrique.mp4](#)



Les moteurs électriques

1. Les moteurs électriques

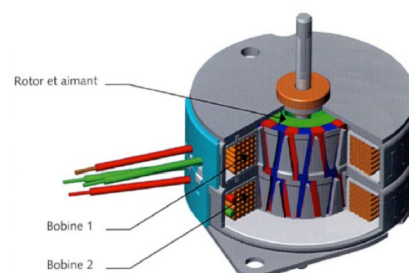
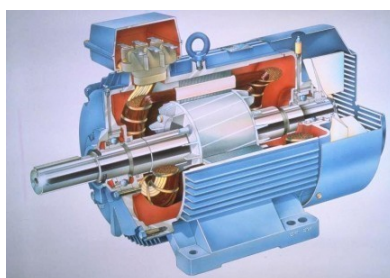
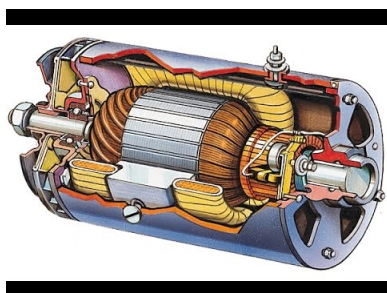
Les moteurs électriques réalisent la fonction **Convertir** dans la chaîne d'énergie d'un système technique.



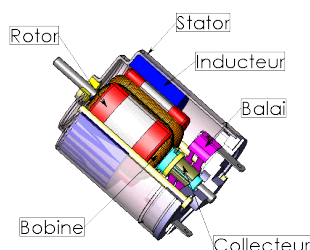
Regarder la [vidéo](#) puis compléter le tableau ci-dessous

Les différent types de moteurs électriques

À courant continu	À courant alternatif	Spéciaux



1.1 Le moteur à courant continu



Les machines à courant continu sont essentiellement composées :

- D'un circuit électrique :
- L'Inducteur porté par le stator, pour créer un flux magnétique
- L'Induit porté par le rotor, pour créer un courant ou une force selon le mode de fonctionnement de la machine
- De balais et d'un collecteur à lames pour distribuer le courant électrique au circuit inducteur tournant.
- D'un circuit magnétique pour canaliser le flux magnétique.
- D'une partie mécanique pour fixer les différents organes les uns par rapport aux autres.

1.1.1 DIFFÉRENTS TYPES DE MOTEURS A COURANT CONTINU

Selon le type d'inducteur et son mode de branchement, on trouve :

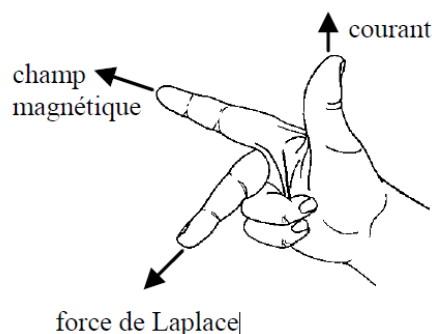
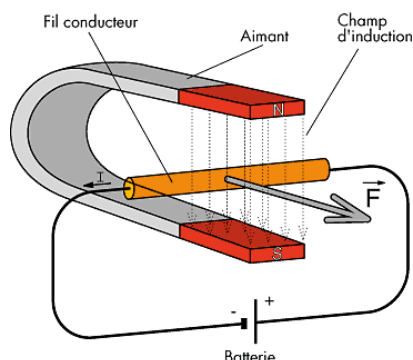
- Les moteurs dont l'inducteur est constitué par des aimants permanents.
- Les moteurs à excitation séparée (l'inducteur peut être alimenté séparément par une source d'énergie autre que celle de l'induit)
- Les moteurs à excitation série (l'inducteur est branché en série avec l'induit)
- Les moteurs à excitation dérivation (l'inducteur en branché en parallèle sur l'induit).

1.1.2 CONVERSION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN ÉNERGIE MÉCANIQUE

2.1 Principe physique ([vidéo](#))

Un moteur à courant continu est mis en rotation grâce à une force magnétique induite :

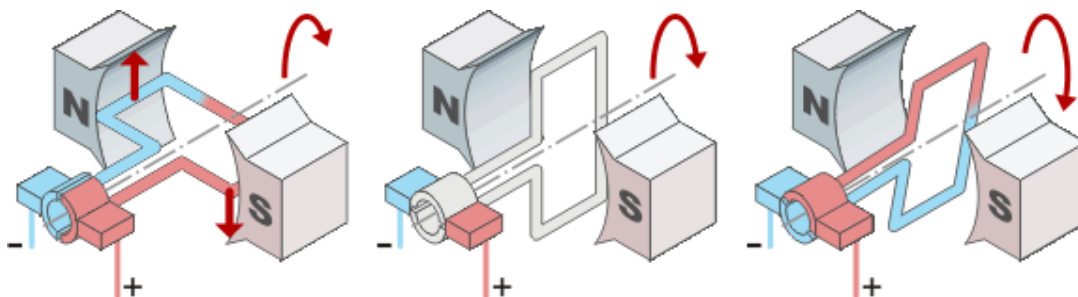
la force de LAPLACE. ([Force de Lorentz](#))



2.2 Application au moteur à courant continu

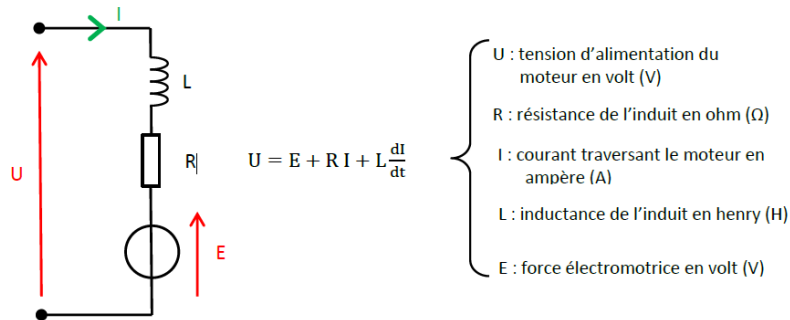
Les pôles Nord et Sud des aimants permanents créent un flux (champ magnétique B) dans le moteur. La spire est alimentée et plongée dans ce flux. Elle est soumise à un couple de forces F (force de Laplace). Le moteur se met en rotation. On dit qu'il y a création d'un couple moteur.

Compte tenu de la disposition des balais et du collecteur, le sens du courant I dans la spire change à chaque demi-tour, ce qui permet de conserver le même sens de rotation (sinon, la spire resterait en position d'équilibre).



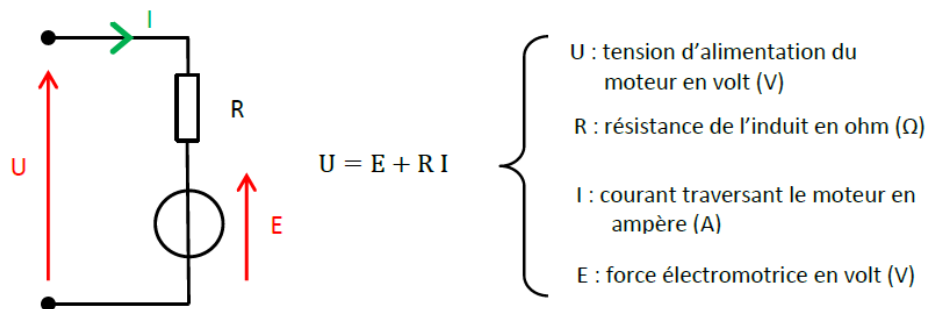
1.1.3 MODÈLE ÉQUIVALENT DE LA MACHINE À COURANT CONTINU

Le modèle électrique d'un moteur à courant continu est constitué d'une force électromotrice f.e.m notée E , proportionnelle à la vitesse de rotation du moteur, d'une résistance r (résistance de l'induit) et d'une inductance L .

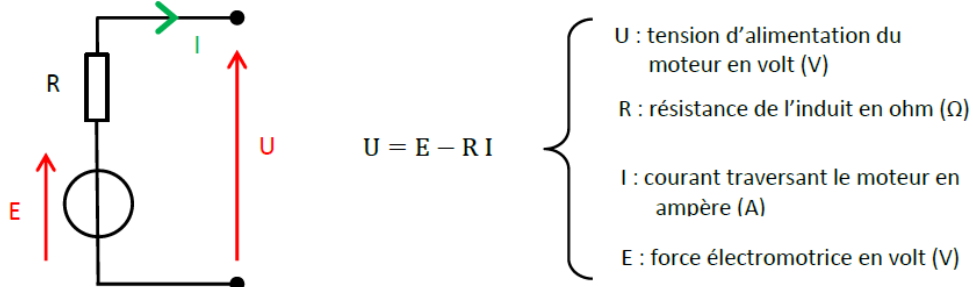


Le terme $L \cdot di/dt$ n'existe que si le courant est variable, c'est à dire aux régimes transitoires (démarrage, freinage). En régime permanent établi, il est alors possible de simplifier ce modèle.

Modèle équivalent pour un fonctionnement en moteur



Modèle équivalent pour un fonctionnement en générateur



1.1.4 La vitesse

La vitesse s'exprime en tours par minutes (tr / mn) ou en radians par secondes (rd / s). Cette grandeur est souvent notée n ou N (tr / mn) ou Ω (rd / s) ou encore ω (rd / s).

$$E = K_v \times \omega$$

E : force électromotrice en volt (V)
 ω : vitesse de rotation en radian/seconde (rad.s^{-1})
 K_v : constante de vitesse ($\text{V.rad}^{-1}.\text{s}$)

Si on néglige la chute de tension aux bornes de la résistance de l'induit on peut dire que la vitesse de rotation de l'arbre moteur est proportionnelle à la tension d'alimentation U du moteur.

1.1.5 Le couple

Le couple s'exprime en Newton par mètre (N.m), cette grandeur est C.

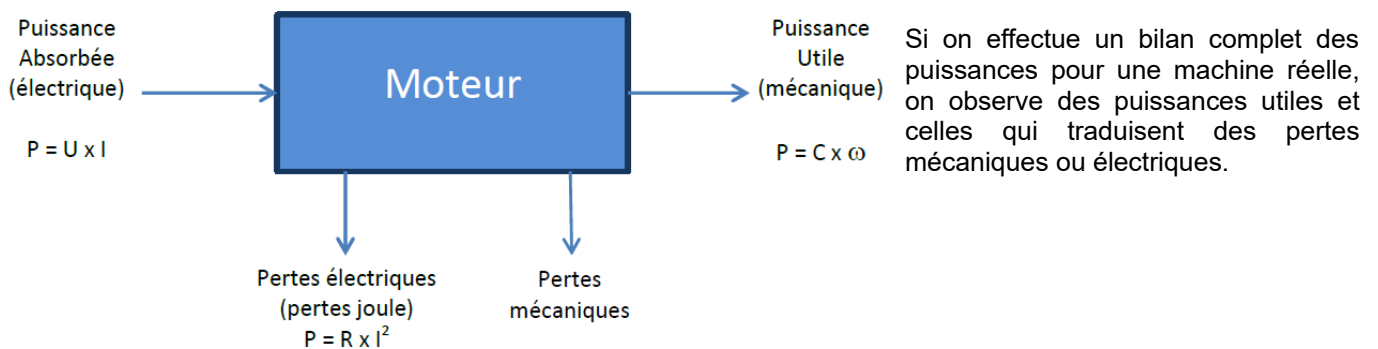
$$C = K_c \times I \quad \left\{ \begin{array}{l} C : \text{couple en newton mètre (N.m)} \\ I : \text{courant en ampère (A)} \\ K_c : \text{constante de couple en newton mètre par ampère (N.m.A}^{-1}\text{)} \end{array} \right.$$

1.1.6 La puissance

La puissance s'exprime en watt (W), cette grandeur est notée P.

La puissance électrique (Pe) au niveau de l'induit s'exprime par la relation $P_e = E \times I$.

La puissance mécanique (Pm) s'exprime par la relation $P_m = C \times \omega$ (puissance utile).



1.1.7 Le rendement

Le rendement du moteur est défini comme le rapport de la puissance utile (fournie) sur la puissance absorbée (consommée).

Le rendement est un nombre sans unité, dont la valeur est comprise entre 1 (pour une transformation idéale) et 0 (si toute l'énergie est dissipée). On l'exprime cependant souvent sous forme d'un pourcentage (de 0 % à 100 %).

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} \quad \text{et} \quad 0 \leq \eta \leq 1$$

En **physique**, le **rendement** désigne le rapport entre l'**efficacité énergétique** réelle d'une machine thermique et son efficacité théorique maximale.

En **mécanique**, le **rendement d'un moteur à explosion** exprime le ratio de la **puissance mécanique** restituée par rapport à la **puissance thermique** fournie par le carburant.

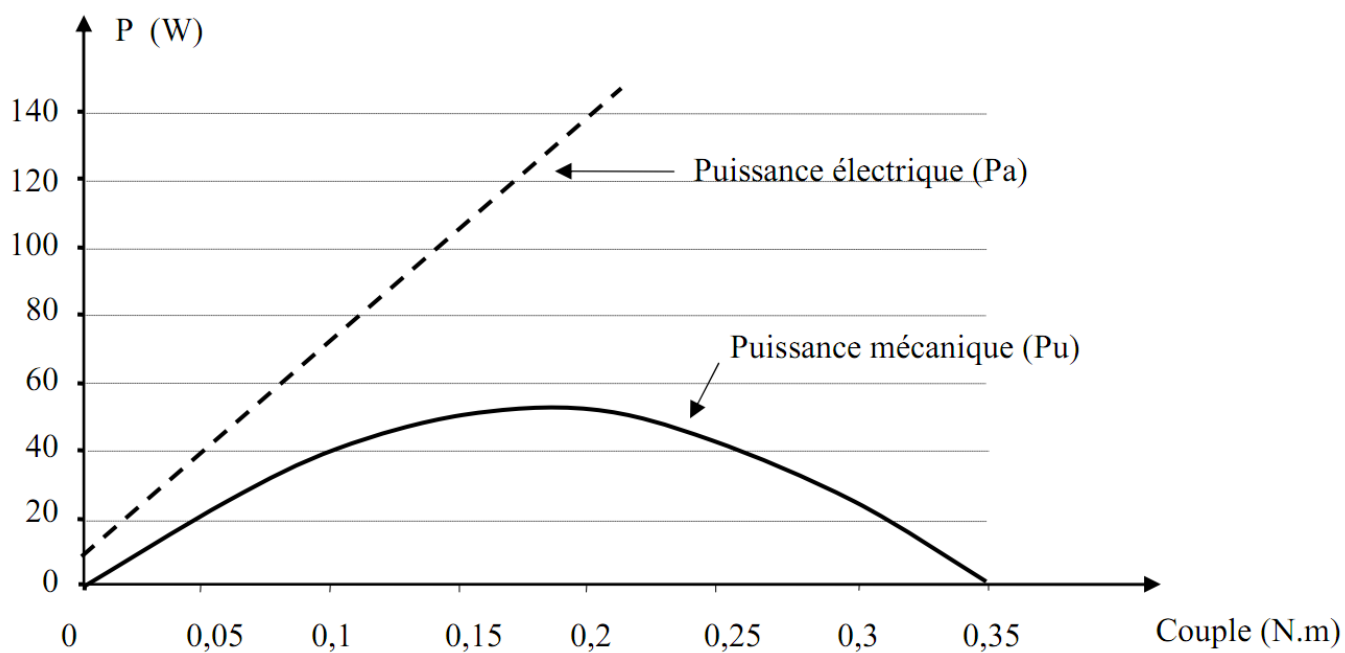
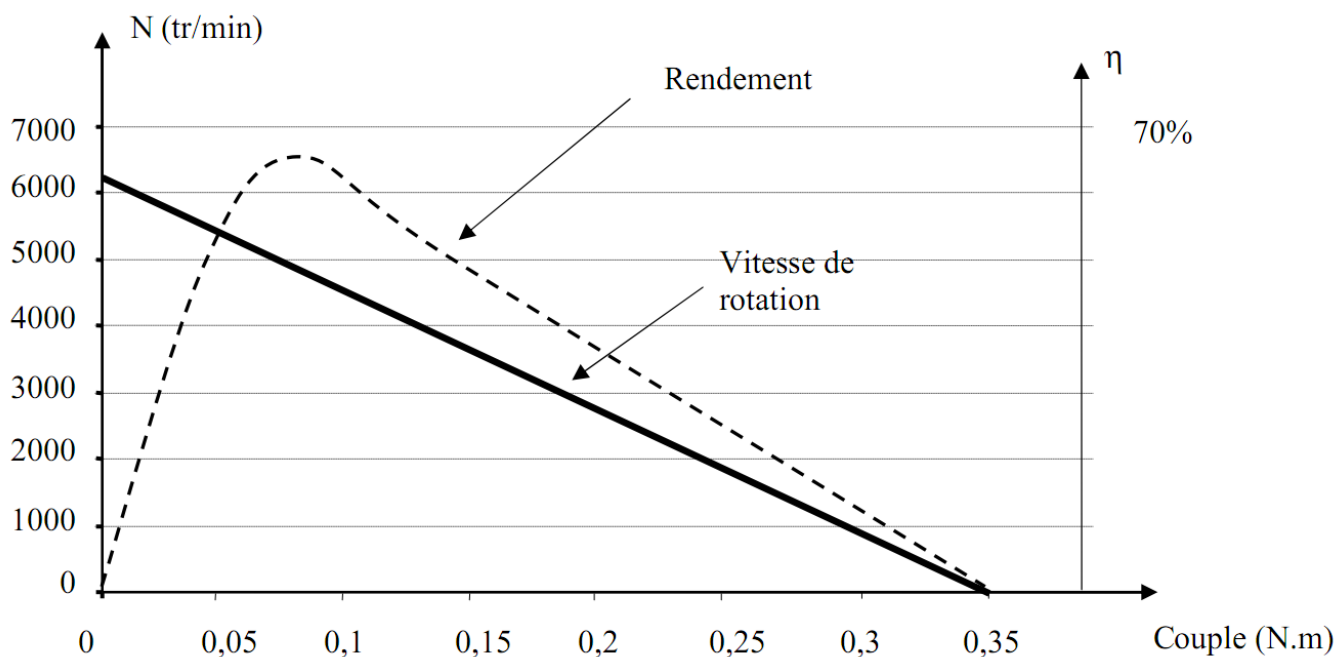
En **chimie**, le **rendement chimique** d'une **réaction** est le nombre de **moles** de **produit** formé divisé par le nombre de moles de **réactif limitant** présent au début de la réaction.

En **électronique**, le **rendement** exprime le rapport entre la **puissance** consommée et la puissance fournie par un circuit.

En **électrotechnique**, le **rendement** d'un **moteur électrique** est donné par le rapport entre la puissance mécanique délivrée et la puissance électrique absorbée.

1.1.8 Courbes caractéristiques

On donne ci-dessous, les courbes caractéristiques d'un moteur à courant. Les grandeurs vitesse de rotation, rendement, puissance électrique et puissance mécanique sont données en fonction du couple résistant sur l'arbre moteur pour une tension d'alimentation constante.

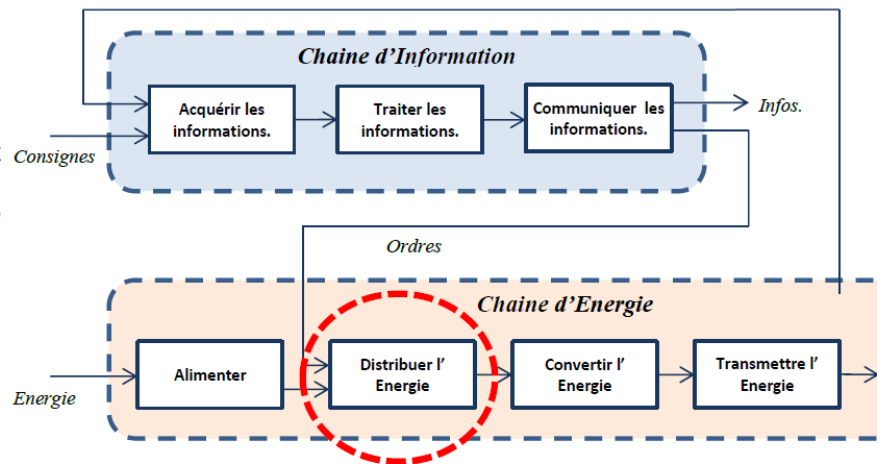


1.1.9 COMMANDE D'UN MOTEUR A COURANT CONTINU

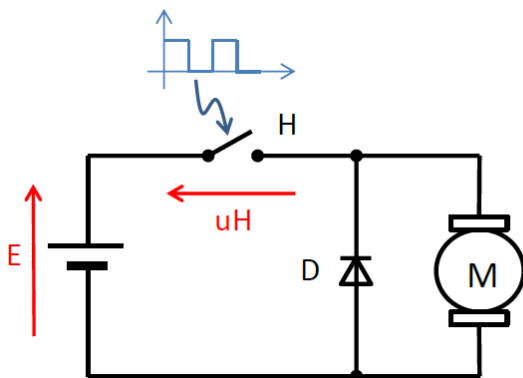
Mise en situation

La commande d'un moteur à courant continu correspond à la fonction «distribuer l'énergie» de la chaîne d'énergie.

Elle permet de changer la vitesse et/ou le sens de rotation du moteur.



Variation de vitesse avec un hacheur série



Un interrupteur (H) placé en série avec la source de tension (V) et le moteur est périodiquement commandé. Cet interrupteur (transistor) permet de déconnecter à intervalle régulier le moteur de la source d'alimentation. La tension aux bornes du moteur est « hachée ».

La diode (D) placée en anti-parallèle sur le moteur, protège l'interrupteur des surtensions provoquées par le circuit inductif du moteur. Elle est appelée « diode de roue libre » car elle permet au courant dans le moteur de circuler lorsque H est ouvert.

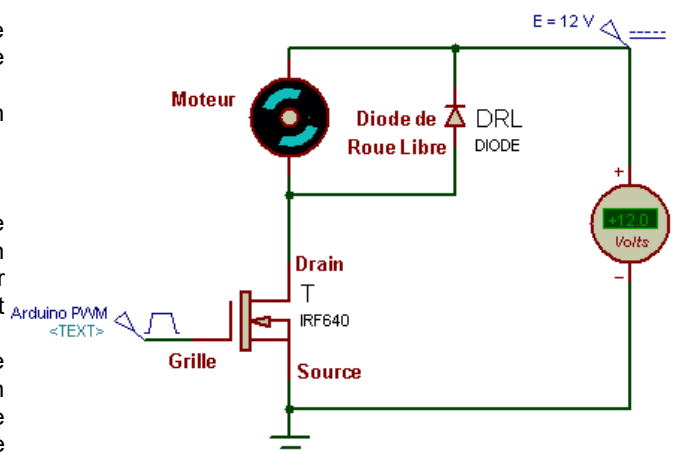
Application - Commande d'un hacheur série

Faire varier la vitesse d'un moteur à courant continu à l'aide d'un hacheur commandé par la sortie PWM de votre microcontrôleur.

Le transistor utilisé comme interrupteur commandé par un microcontrôleur (PIC, Arduino) est un transistor MOS IRF640.

Principe d'un hacheur série.

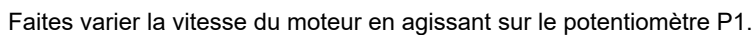
- lorsqu'on applique une tension $V_{GS} = 5\text{ V}$, IRF640 se comporte entre D (le drain) et S (la source) comme un interrupteur fermé, phase d'alimentation, le générateur E alimente le moteur et les bobinages emmagasinent de l'énergie magnétique.
- lorsqu'on applique une tension $V_{GS} = 0\text{ V}$, IRF640 se comporte entre D (le drain) et S (la source) comme un interrupteur ouvert, phase de récupération, le bobinage du moteur restitue l'énergie magnétique emmagasinée.



Le courant qui ne peut plus passer par le transistor bloqué passe par la diode de roue libre.

Sans diode de roue libre une surtension apparaît aux bornes du transistor ce qui entraîne sa destruction.

Autre montage permettant la variation de vitesse d'un moteur à courant continu.



V moteur (V)	4,98	5,6	6,6	7,3	8,3	9,7	11	12
I moteur (A)	0,21							
Vitesse (rpm)	206							
I batt (A)	0,26							

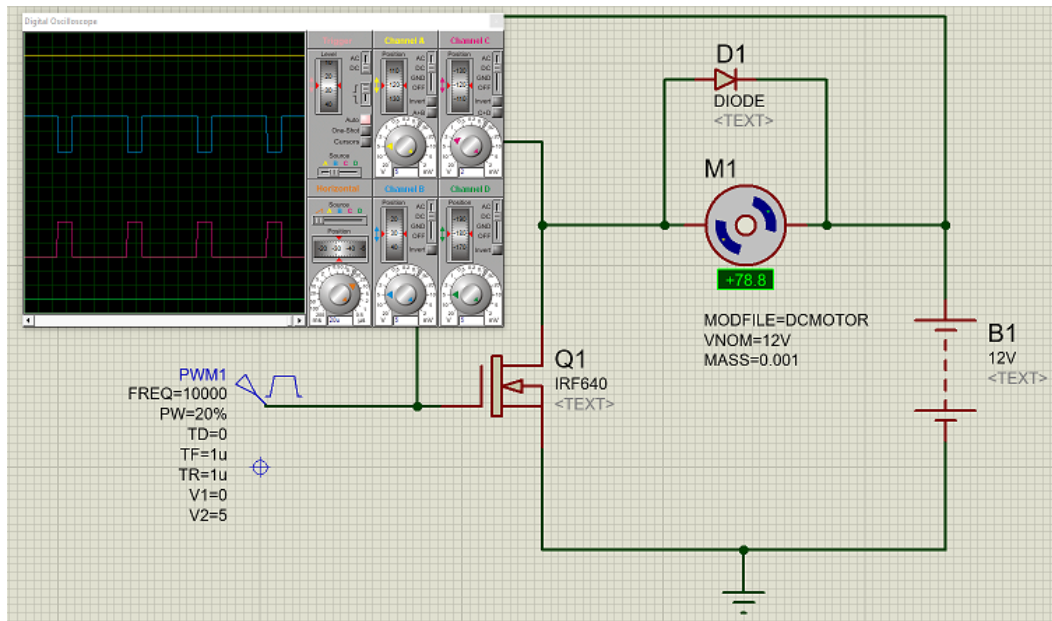
Mots clés:		Résultats (8):		
motor dc		Device	Bibliothèque	Description
Identique sur tous les mots?	☐	BLDC-STAR	MOTORS	
Uniquement devices simulables?	☒	BLDC-TRIANGLE	MOTORS	
Catégorie:		FAN-DC	MOTORS	
		MOTOR	MOTORS	Simple DC Motor model
		MOTOR	ACTIVE	Simple DC Motor model
		MOTOR-BLDCM	MOTORS	Animated Brushless DC Motor model
		MOTOR-DC	MOTORS	Animated DC Motor model With Inertia And Loading
		MOTOR-ENCODER	MOTORS	Animated DC Motor model With Inertia, Loading, and position encoder

ST12D -SIN-

Les moteurs électriques

Simulation d'un variateur de vitesse par modulation de la largeur d'impulsion (MLI)

vidéo : MLI, PWM c'est quoi ?



Compléter le tableau ci-dessous en modifiant le rapport cyclique de PWM1

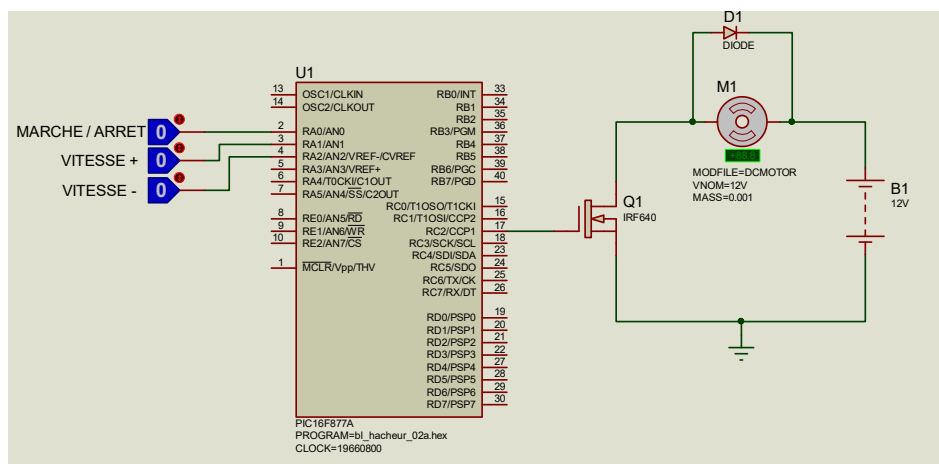
Rapport cyclique (PW)	10%	30%	50%	70%	90%	100%
Vitesse Moteur						

Puis tracer la courbe de la Vitesse du moteur en fonction du rapport cyclique.

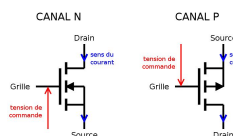
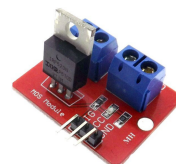
$$\text{Vitesse} = f(\text{PW})$$

Les moteurs électriques

Variation de la vitesse d'un moteur CC à l'aide d'un microcontrôleur (PIC ou Arduino)



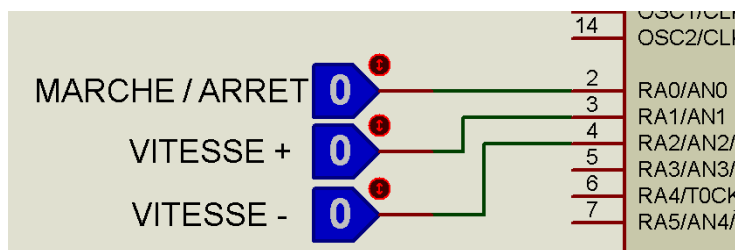
Pour ce montage nous utiliserons une sortie PWM (Pulse-width modulation) du microcontrôleur, un transistor MOSFET canal N (de type IRF640, IFR520N) ou une carte adaptée ci-contre



Fonctionnement du transistor MOSFET en images [ici](#).

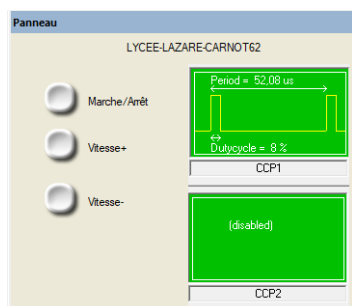
Objectif: Réaliser un programme permettant de faire varier la vitesse d'un moteur à courant continu, le dispositif comporte 3 boutons poussoirs, reliés aux lignes du port A du microcontrôleur PIC (16F877A).

- Le premier, permet la commande Marche / Arrêt du moteur, il est relié au port A0 (RA0)
- Le deuxième, permet d'augmenter la vitesse moteur, il est relié au port A1 (RA1)
- Le troisième, permet de réduire la vitesse moteur, il est relié au port A2 (RA2)

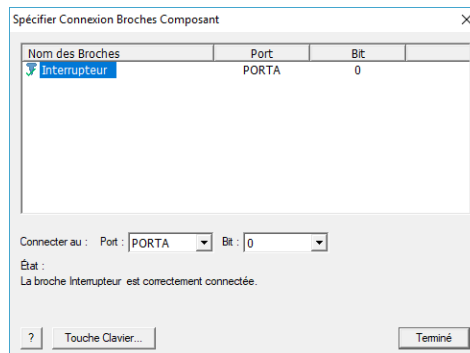
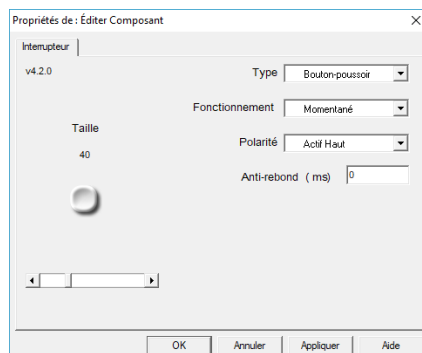


Élaboration du programme sous Flowcode (pour Arduino utiliser Flowcode 8)

Placer sur le panneau les 3 boutons poussoirs sans oublier de les relier correctement

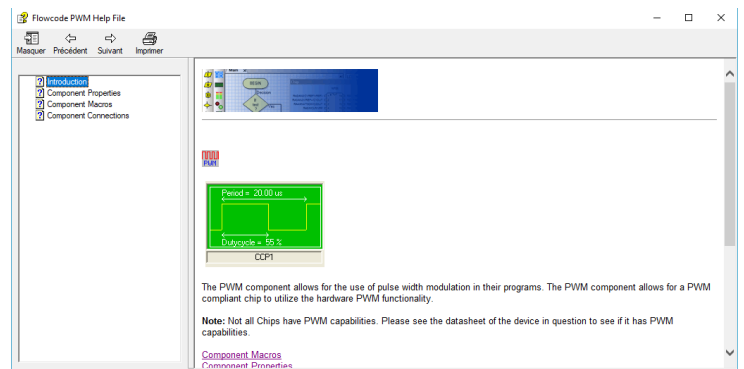
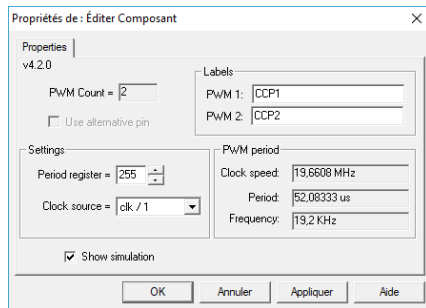
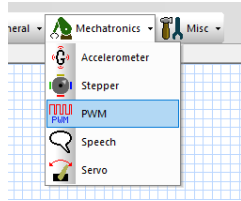


Animation



Les moteurs électriques

puis le composant PWM.



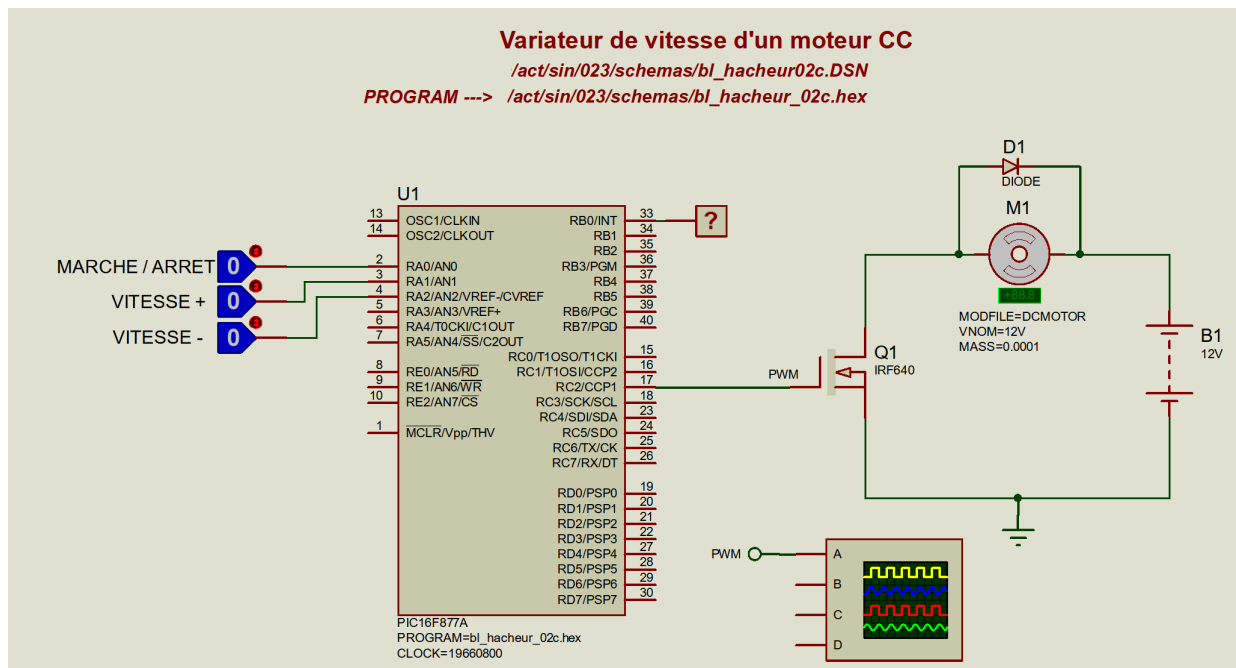
Fonctionnement du composant PWM

Aller dans l'aide du composant, lire l'introduction, les propriétés du composant (*Properties*) puis les routines du composant PWM (*Macros*).

Donner alors une traduction des phrases suivantes:

- Enable(Char)
Enables PWM channel (char) and starts it running.
- Disable(Char)
Disables PWM channel (char) and stops it running
- SetDutyCycle(Char1, Char2)
Changes the duty cycle of the PWM channel (char1) and sets it to (char2). The duty cycle is the number of counts that the PWM is on (see Period Register).
- ChangePeriod(Char1, Char2)
Changes the Period value (char1) and the prescaler (char2)
Flowcode PIC – This value represents the clock prescaler value itself, values of 1, 4 or 16 are allowed.

Élaborer votre programme puis simuler sous Isis. Faites valider par le Professeur avant de câbler.

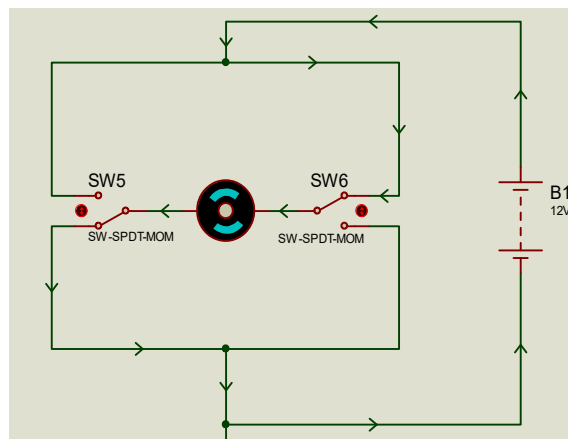
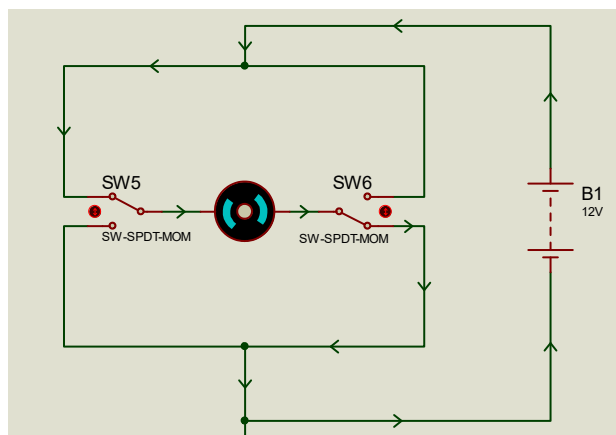


Animation

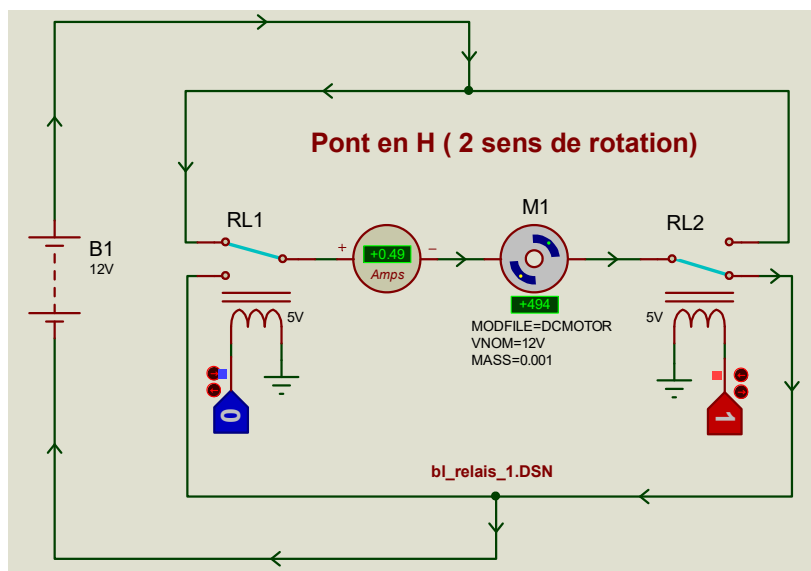
Les moteurs électriques

Commande dans les quatre quadrants

Le [montage](#) appelé pont en H permet de faire fonctionner la machine dans les 4 quadrants. Donc dans les 2 sens de rotation.

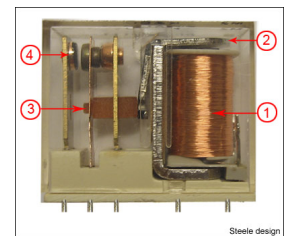
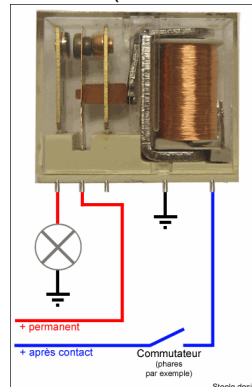


[Montage](#) utilisant des relais



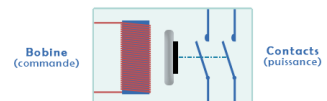
Relais

- 1 – bobine
- 2 – partie mécanique
- 3 – lamelle mobile
- 4 – lamelle (contact travail)



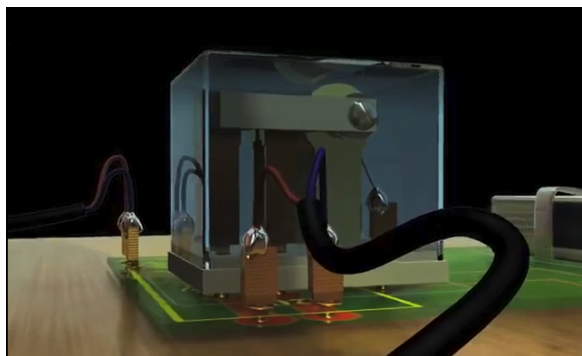
← Pour voir l'animation, clic droit sur l'image puis

« Ouvrir le lien dans un nouvel onglet »



[Animation](#)

Une petite vidéo sur le fonctionnement d'un relais [ici](#).



Les moteurs électriques

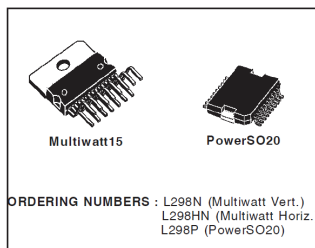
Montage utilisant un driver (type L298)

DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

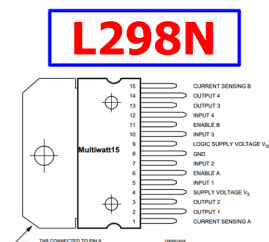
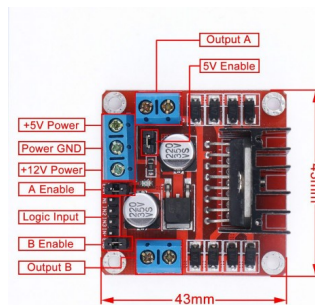
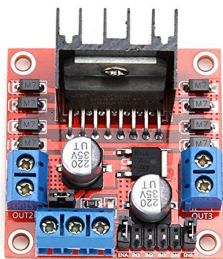
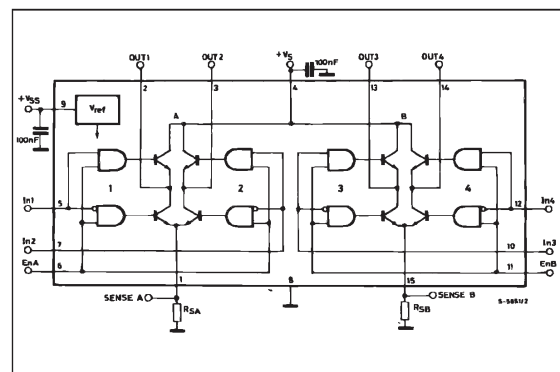
DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the connection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

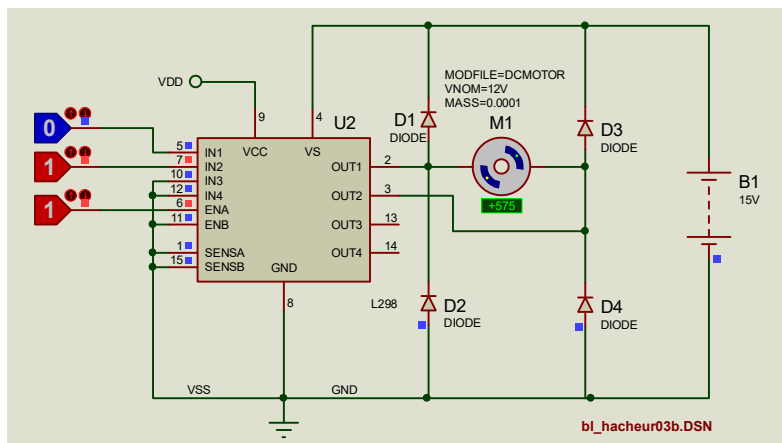


nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

BLOCK DIAGRAM



Simulation sous Isis

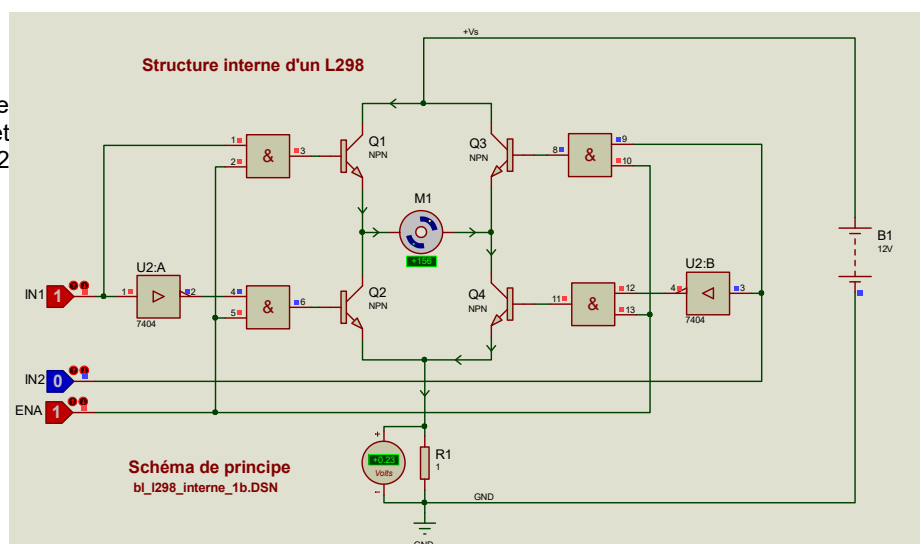


ENA	IN1	IN2	I moteur	Sens
0	x	x		
1	0	0		
1	1	0		
1	0	1		
1	1	1		

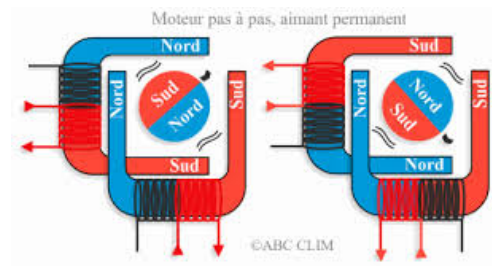
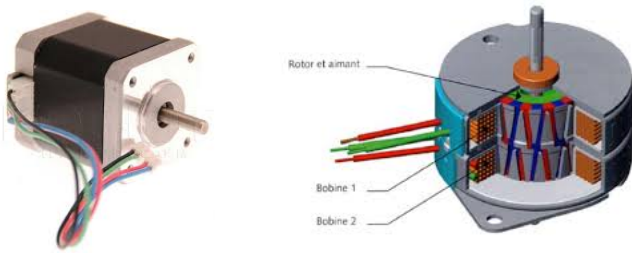
Le composant **L298** intègre un double pont en H. Le **montage** ci-contre permet de simuler le fonctionnement d'un 1/2 L298.

ENA	IN1	IN2	Q1	Q2	Q3	Q4
0	x	x				
1	0	0				
1	1	0				
1	0	1				
1	1	1				

B=Bloqué
P=Passant



1.2 Les moteurs Pas à Pas

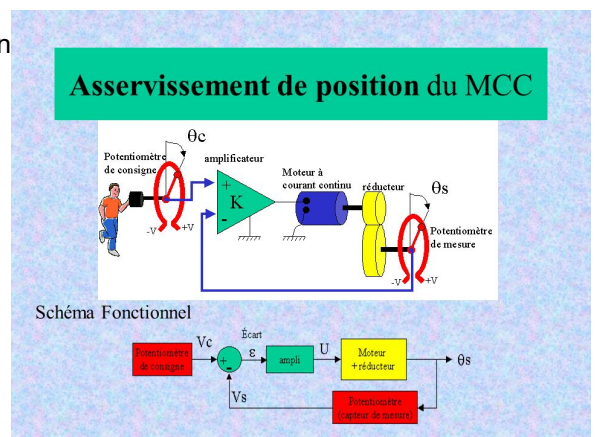
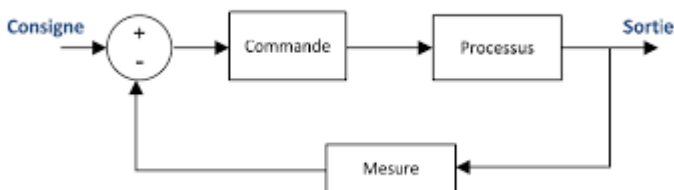


Introduction (en image [ici](#))

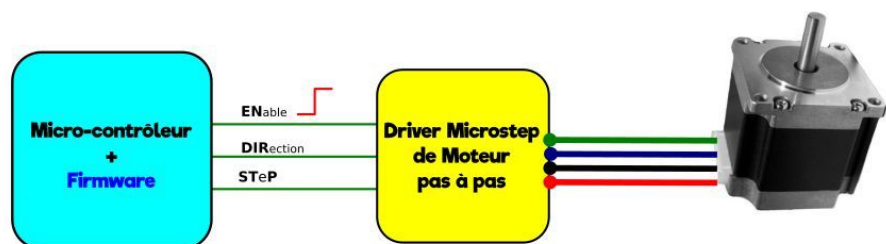
Le moteur pas à pas fut inventé en 1936 par Marius LAVET, un ingénieur français des Arts et Métiers, pour l'industrie horlogère.

Ces moteurs ont connu ces dernières années, un développement important lié à leurs applications en péri-informatique (imprimantes, unités de disque, lecteur de bande ...), en commande numérique et en robotique. Ces applications concernent pratiquement toujours du positionnement en **boucle ouverte**, c'est-à-dire sans détecteur de position (codeur, résolveur, potentiomètre, etc.).

Asservissement de position en **boucle fermée**, à l'aide d'un moteur à courant continu.



Asservissement de position en **boucle ouverte**, à l'aide d'un moteur pas à pas.



Un moteur pas à pas transforme une **impulsion électrique** en une énergie mécanique permettant le déplacement angulaire du rotor, appelé "pas".

On distingue 3 familles: aimants permanents, réluctance variable, hybrides.

Les moteurs électriques

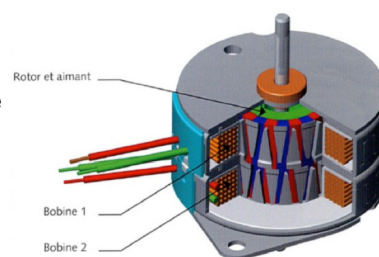
a) Les moteurs pas à pas à aimants permanents

Le nom de ce type de moteur pas à pas est lié à la conception de son stator : une tôle magnétique découpée et emboutie.

Sur un diamètre intérieur, les tôles composent une série de dents qui symbolise les pôles du stator tout en laissant un espace torique pour une bobine.

Chaque sous-ensemble représente une phase stator.

Le rotor est un barreau aimanté radialement ayant plusieurs paires de pôles N-S.



Avantages du moteur à aimant permanent :

- Bon marché
- Dimensions réduites
- Bon rendement
- Bon amortissement des oscillations
- Grand angle de pas (nombre de pas faible : 48)

Inconvénients du moteur à aimant permanent :

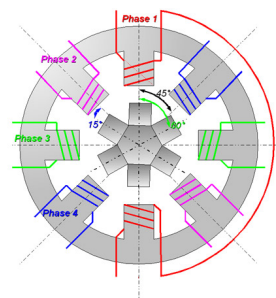
- Puissance faible
- Paliers en bronze ou plastique (pas de roulement)
- Couple résiduel sans courant
- Vitesse faible

b) Les moteurs à réluctance variable

Le principe de fonctionnement de ce type de moteur pas à pas est proche de celui du moteur hybride, avec une structure dentée au rotor et au stator.

Il n'y a pas d'aimant au rotor pour renforcer l'action du flux et donc pas de couple résiduel sans courant.

Ce type de moteur pas à pas n'est presque plus utilisé ni fabriqué.



c) les moteurs pas à pas hybrides

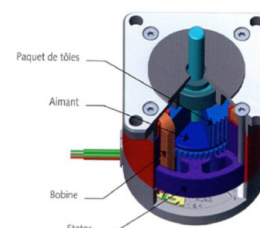
Le moteur pas à pas « hybride » allie le principe du moteur à réluctance variable à celui du moteur à aimant permanent.

Le rotor du moteur hybride comprend 2 structures régulières de dents.

Ces 2 blocs sont décalés d'une $\frac{1}{2}$ dent l'un par rapport à l'autre et sont fixés de part et d'autre d'un aimant permanent magnétisé axialement.

Le circuit magnétique du stator possède plusieurs pôles constitués de paquets de tôles entourés chacun d'une bobine ; les paquets de tôles se terminant par des dents.

Une phase est constituée de plusieurs dents ; 4 dans la plupart des cas. Tous les pôles de la phase sont décalés de façon à assurer le déphasage de 90° (quadrature).



Avantages du moteur pas à pas hybride :

- Couple important
- Plus de puissance
- Rendement assez bon
- Courbe start/stop assez élevée
- Bon amortissement
- Adapté au fonctionnement micro-pas
- Roulement à billes pour une meilleure charge radiale et plus longue durée de vie
- Petit angle de pas

Inconvénients du moteur pas à pas hybride :

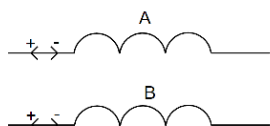
- Inertie élevée
- Couple résiduel sans courant
- Plus coûteux
- Plus volumineux

Si nous devons comparer les différents types de moteurs pas à pas

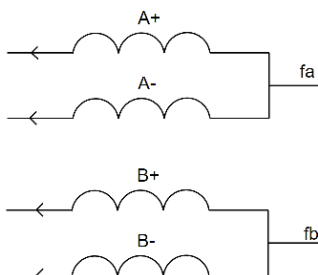
	Aimant permanent	Hybride	Réductance variable
Coût	Bas	Haut	Moyen/Haut
Vitesse	Bas	Très haut	Haut
Couple résiduel	Haut	Moyen	Minimum
Amortissement	Bon	Moyen/Bon	Mauvais
Inertie rotor	Haut	Bas	Bas
Rendement	Moyen	Très haut	Moyen
Angle de pas	7.5°/15°/18°	0.9°/1.8°	1.8°
Nombre de pas/tour	48/24/20	400/200	200
Précision du pas	Bas	Haut	Moyen

Il existe deux types de moteurs pas à pas suivant leurs bobinages, unipolaires ou bipolaires.

Moteur bipolaire : 4 fils



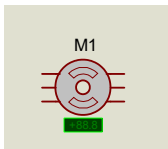
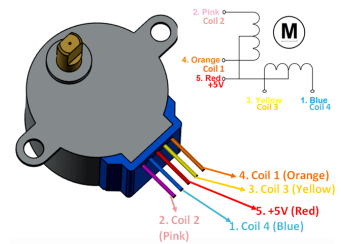
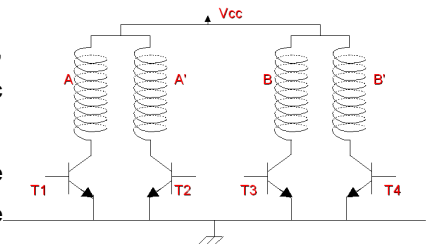
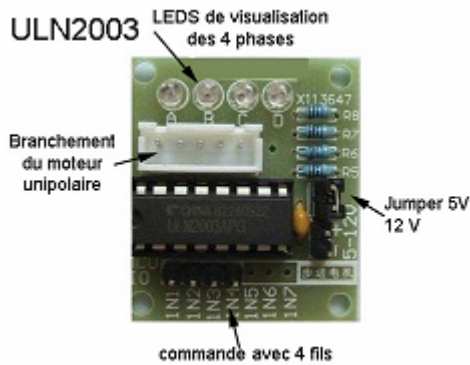
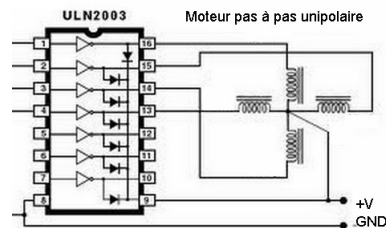
Moteur unipolaire : 6 fils



1.2.1 Moteur pas à pas unipolaire

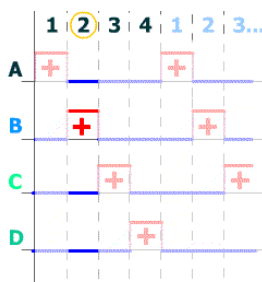
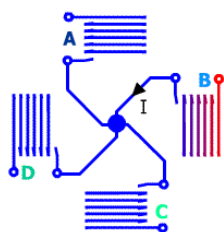
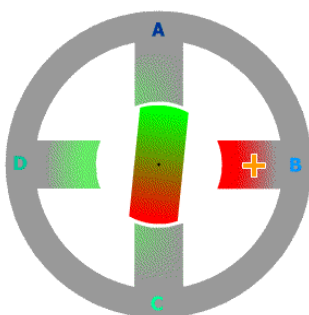
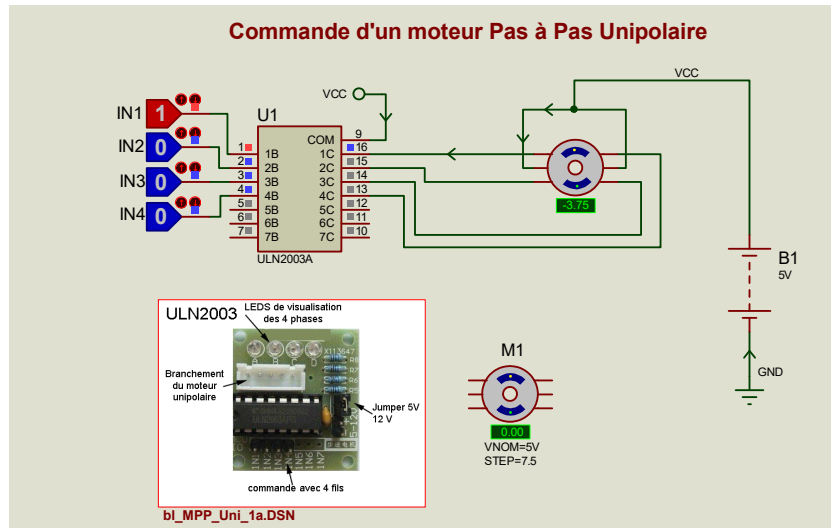
Le moteur pas à pas unipolaire comporte 4 bobines (deux pour chaque pôle du stator), toutes alimentées dans le même sens. La commande de ces moteurs est donc unipolaire (d'où le nom donné à ce type de moteur).

Chaque bobine peut être pilotée à partir d'une sortie numérique par un seul transistor, ou comme dans notre cas un réseau de transistors **Darlington** intégrés dans un circuit ULN2003.



Le composant utilisé sous «Isis» pour simuler le moteur pas à pas unipolaire se nomme « MOTOR-STEPPER » et se trouve dans la bibliothèque « MOTORS ».

Simulation d'un moteur Pas à Pas sous Isis (Proteus 7.10)



Pour voir l'animation, clic droit sur l'image
« Ouvrir le lien dans un nouvel onglet »

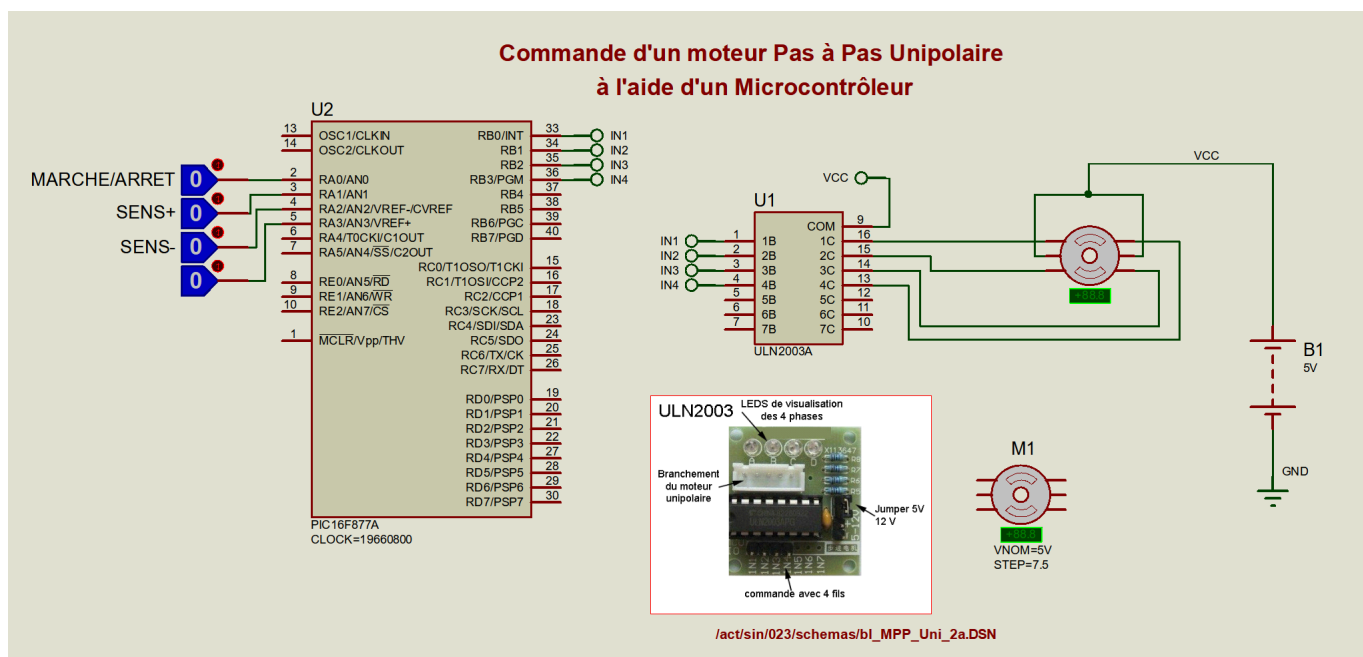
Ouvrir le lien dans un nouvel onglet

Ouvrir le lien dans une nouvelle fenêtre

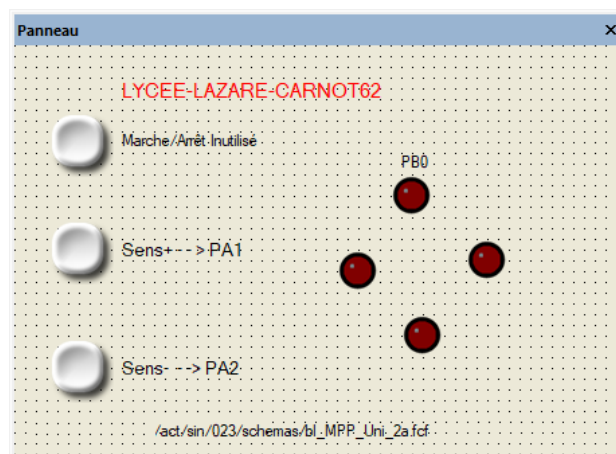
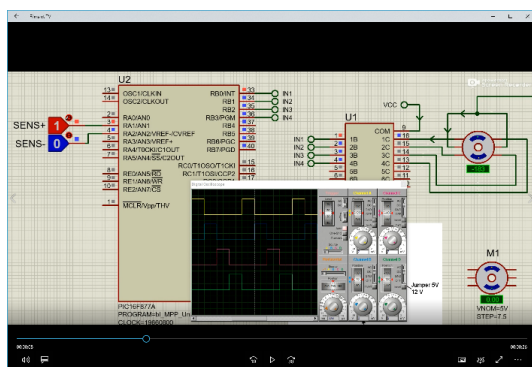
Ouvrir le lien dans une fenêtre en navigation privée

Les moteurs électriques

Simulation d'un moteur Pas à Pas Unipolaire sous ISIS (Proteus 7.10)



Élaboration du programme sous Flowcode.



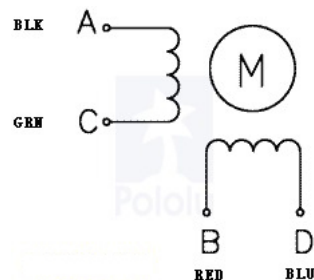
Pour voir l'animation, clic droit sur l'image puis
« Ouvrir le lien dans un nouvel onglet »

1.2.2 Moteur pas à pas bipolaire



Caractéristiques:

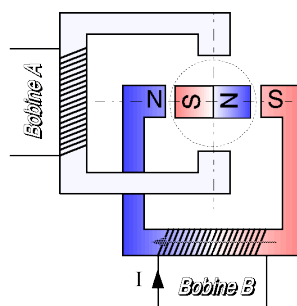
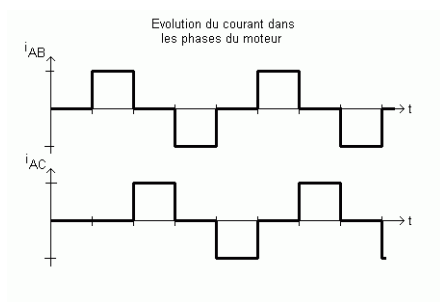
- Nombre de pas: 200
- Alimentation: 10 V
- Poids: 140 g
- Dimensions: 35 x 35 x 28 mm (NEMA14)
- Axe: Ø 5 x 21 mm (avec méplat)
- Résistance: 20 Ohms
- Inductance par phase: 13,5 mH
- Courant: 500 mA par phase
- Nombre de fils: 4 de 30 cm env.
- Couple (@ 4V): 1 kg.cm



Il existe trois types d'excitation:

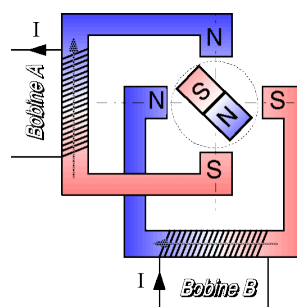
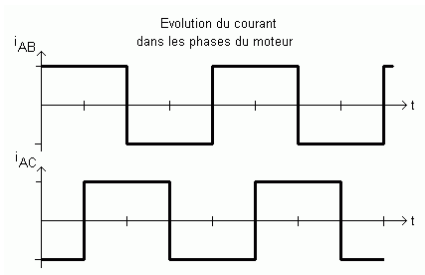
- ➔ Excitation pleine onde pas entier (une phase excitée)
- ➔ Excitation normale pas entier (deux phases excitées)
- ➔ Excitation en demi-pas (une phase excitée, puis deux)

1.2.2.1 Excitation mode pleine onde

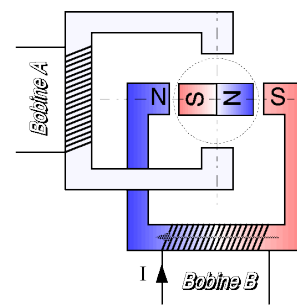
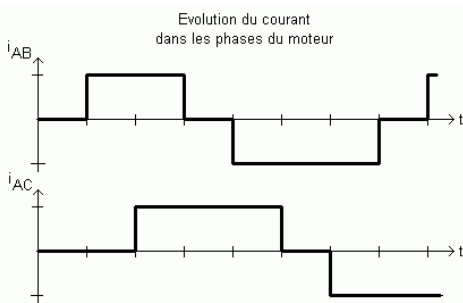


Pour voir l'animation, clic droit sur l'image puis
« Ouvrir le lien dans un nouvel onglet »

1.2.2.2 Excitation mode normal



1.2.2.3 Excitation mode demi-pas

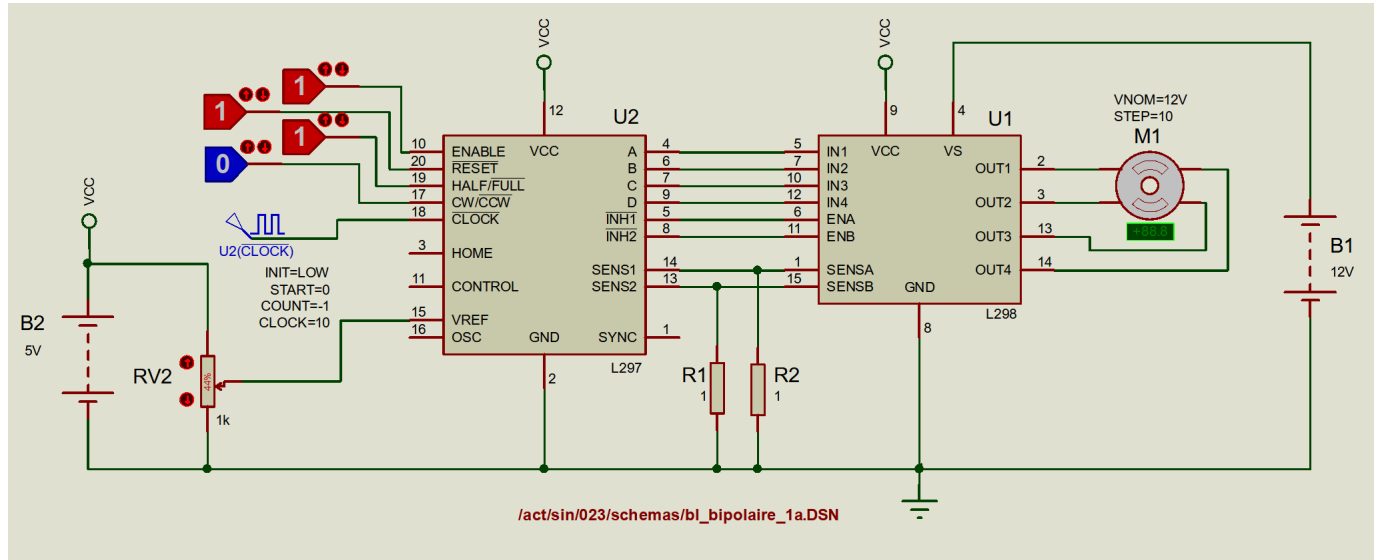


Les moteurs électriques

Simulation de la commande d'un moteur Pas à Pas Bipolaire sous Isis (Proteus 7.10) [Vidéo ici](#)

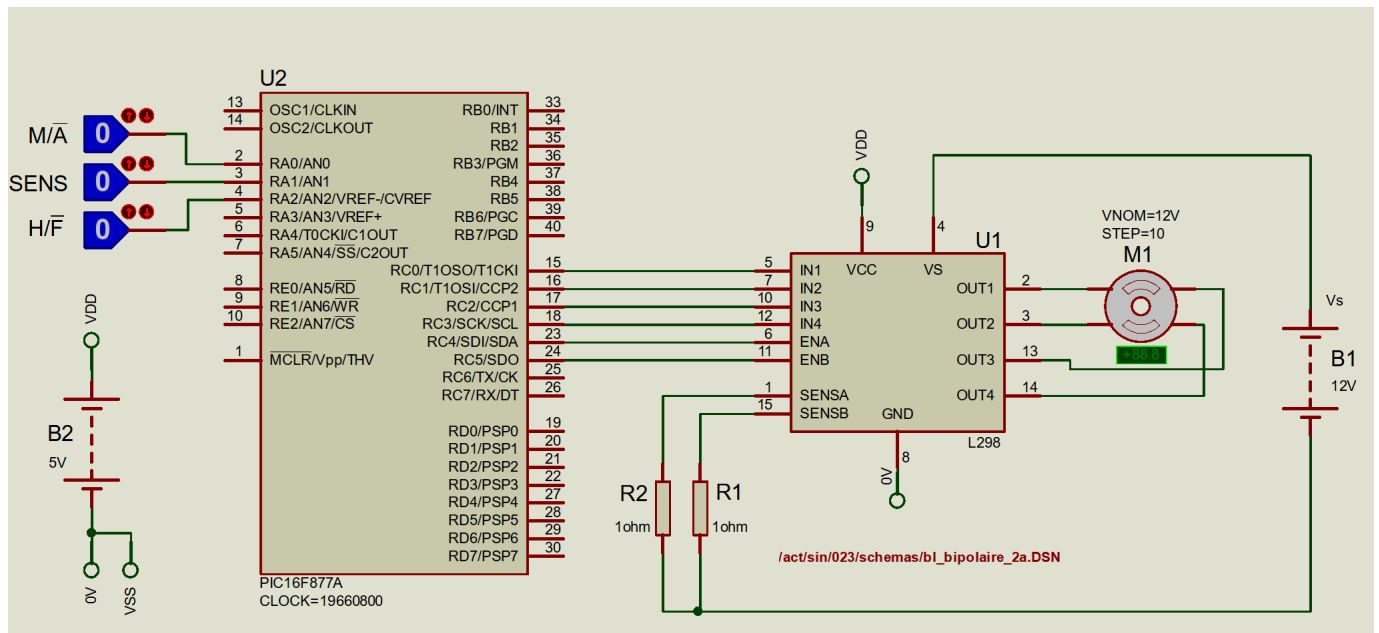
Dans ce montage on utilise un composant spécialisé pour la gestion de la commande, un « L297 » associé à un L298.

Data sheet: [L297.pdf](#)

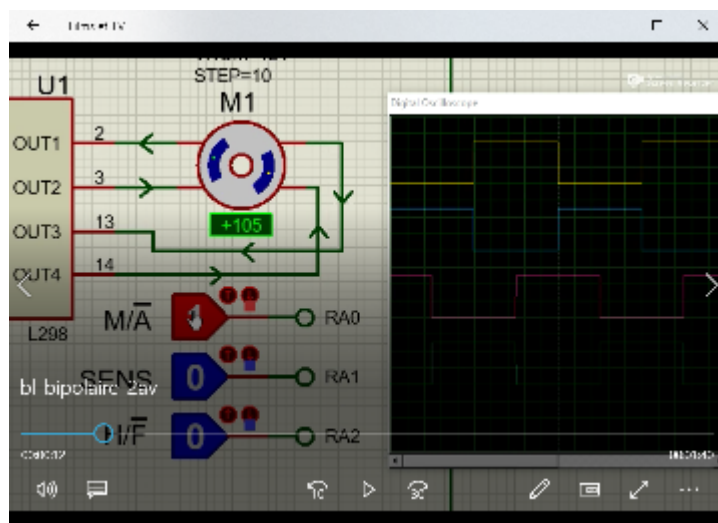


Les moteurs électriques

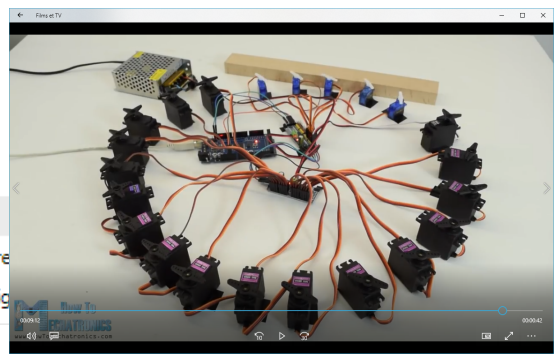
Simulation de la commande d'un moteur Pas à Pas Bipolaire à l'aide d'un microcontrôleur.



PROGRAM ----> [http:// ... /act/sin/023/schemas/bl_bipolaire_2a.hex](http://.../act/sin/023/schemas/bl_bipolaire_2a.hex)



1.3. Les Servomoteurs

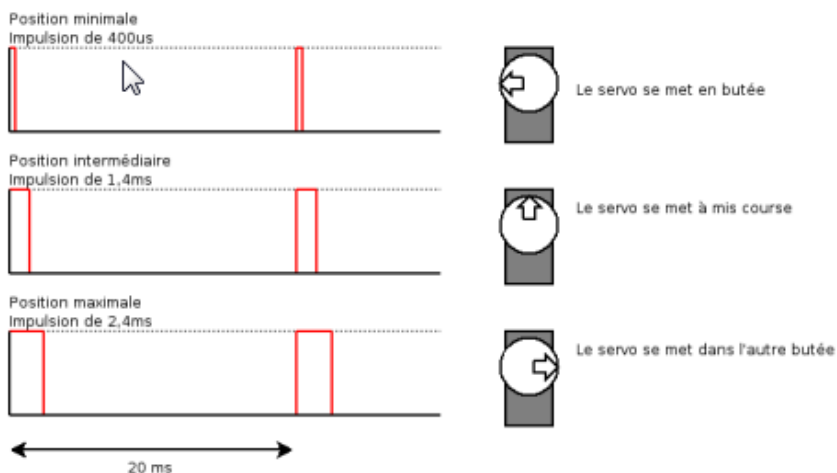


Les servomoteurs sont des actionneurs. Très utilisés en modélisme et dans l'industrie, ils ont comme caractéristique principale leur « couple », c'est-à-dire la force de rotation qu'ils peuvent exercer. Plus un servomoteur aura de couple et plus il pourra actionner des « membres » lourds comme déplacer un bras qui porte une charge.



Pour la robotique de loisirs, les servomoteurs ont en général peu de couple et sont de taille réduite, bien adaptée à un encombrement minimal et à une énergie disponible limitée.

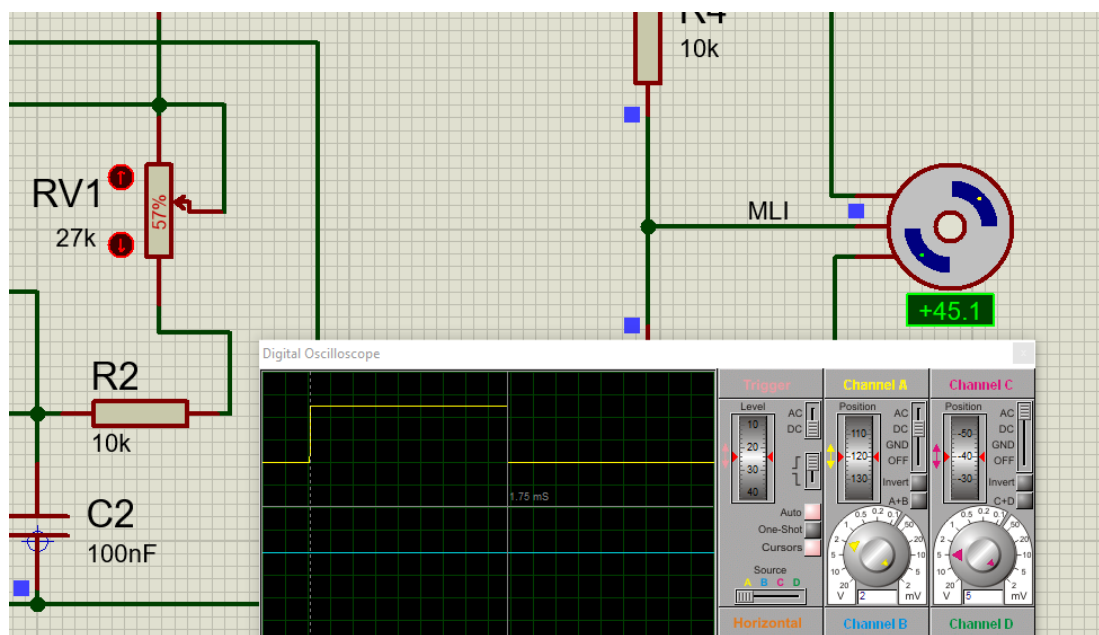
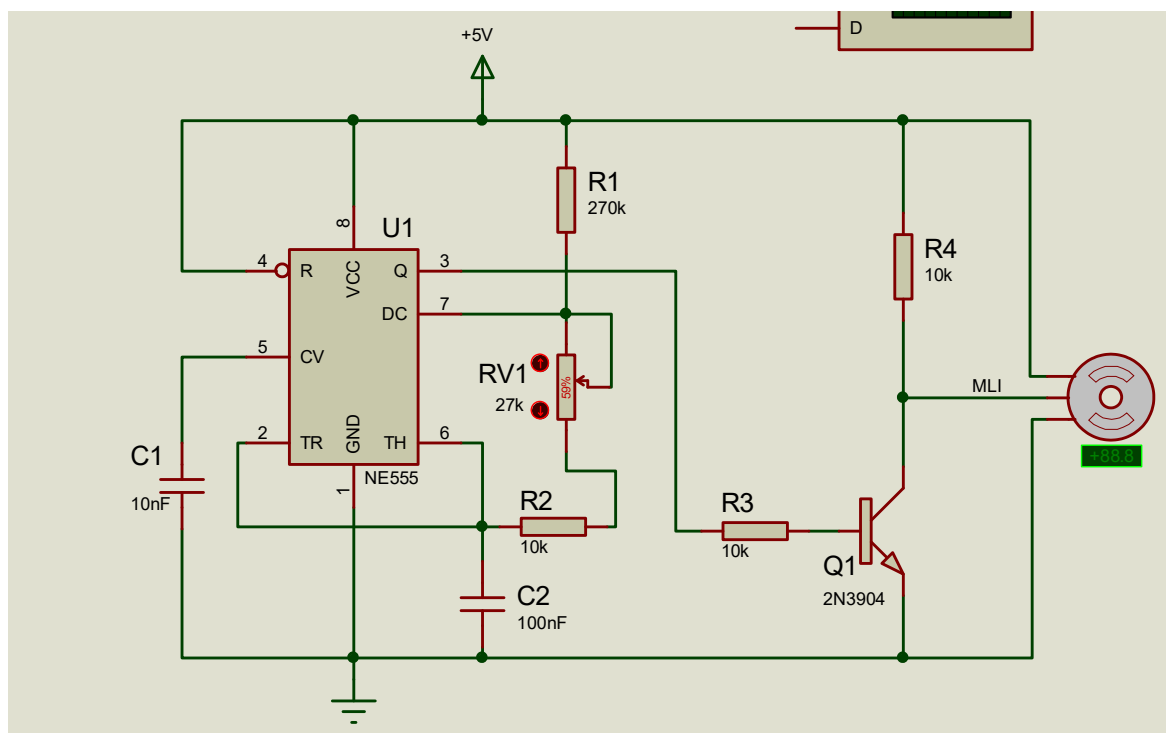
Les servomoteurs sont pilotés par un fil de commande et alimentés par deux autres fils. Habituellement, ces 3 fils sont rassemblés dans une prise au format standard. Un fil rouge est relié à l'alimentation positive (+5 ou +6 V selon le servomoteur), le fil noir est relié à la masse (GND) et le fil jaune est utilisé pour la commande.



La position d'un servomoteur est contrôlée par un signal logique, où seule compte la durée de l'impulsion au niveau haut. L'impulsion à l'état haut dure de 1ms, pour aller complètement à gauche, à 2ms pour aller en butée à droite. La durée totale entre deux impulsions ne doit pas excéder une vingtaine de millisecondes pour que le servomoteur maintienne sa position de façon stable.

Les moteurs électriques

Pour générer ce signal, on peut utiliser un NE555 (ou sa version CMOS) en mode astable, comme le montre le montage suivant qui permet de faire varier la durée d'impulsion à l'aide du potentiomètre (RV1) monté en résistance variable.

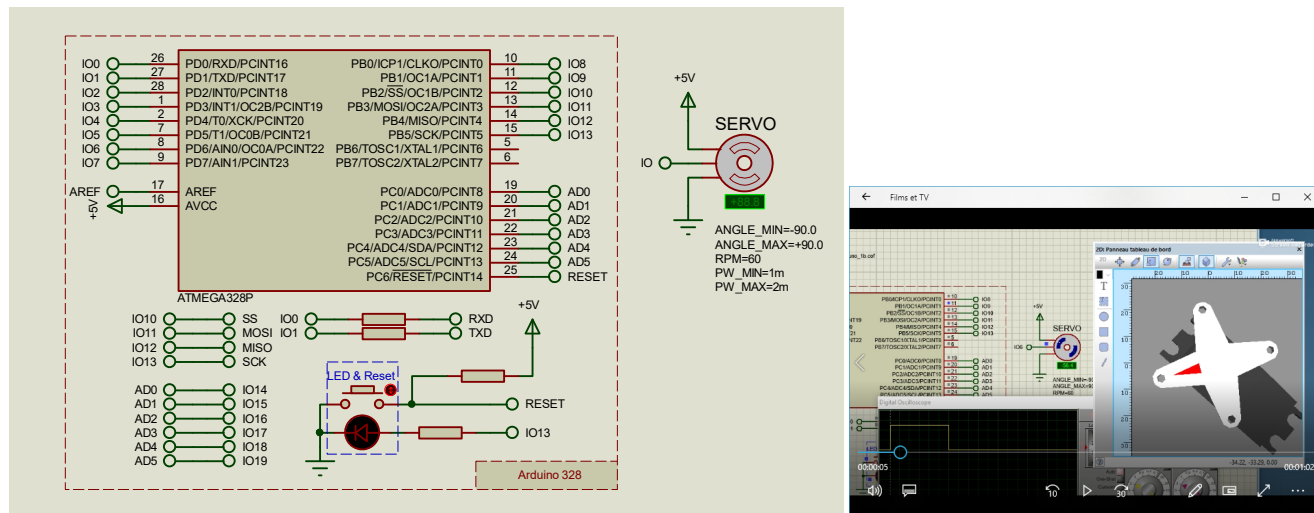


Tw	1ms			1,6ms		1,7ms			2 ms
Angle	-90°	-75°	-45°		0		45°	75°	+90°

Les moteurs électriques

Commande d'un servomoteur à l'aide d'un microcontrôleur.

Élaborer le schéma structurel sous ISIS 7 (Proteus 7.10) si vous utilisez un PIC 16F877, sous Proteus 8.9 si vous utilisez un Arduino Uno.



Puis proposez un programme permettant de faire varier la position angulaire du servomoteur de -90° à $+90^\circ$ par pas de 3° . Faire valider votre simulation avant de câbler et de tester votre montage.

Exemple : [bl_servo_3a.rar](#)

Animation : [bl_servo_3a.gif](#)

