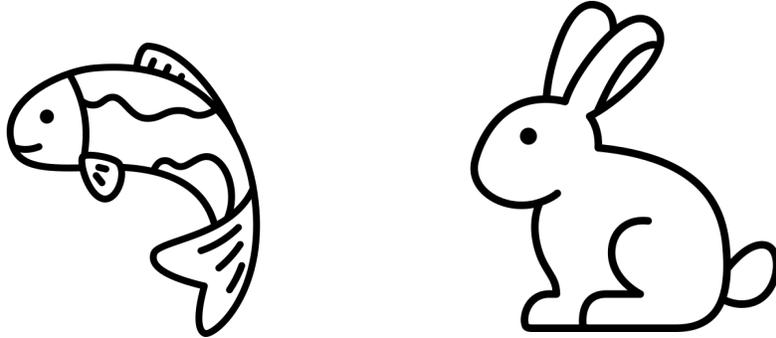


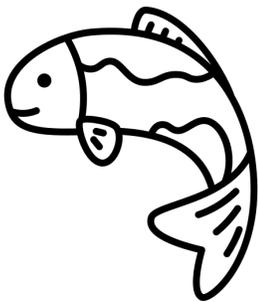
# RC5 & moteurs



IOC - MU4IN109

Dessins : <https://www.flaticon.com/fr/auteurs/mihimihi>

1



## Codage RC-5

Télécommande InfraRouge

- <http://en.wikipedia.org/wiki/RC-5>
- <http://www.positron-libre.com/electronique/protocole/code-rc5/code-rc5.php>
- <http://www.oumnad.123.fr/Telecommande-IR/RC5.htm>
- <http://scan78.free.fr/Elektor/Elektor%202001%20FR/f013024.PDF>
- [http://www.pcbheaven.com/userpages/The\\_Philips\\_RC5\\_Protocol/](http://www.pcbheaven.com/userpages/The_Philips_RC5_Protocol/)
- [http://www.sonelec-musique.com/electronique\\_realisations\\_alim\\_led.html](http://www.sonelec-musique.com/electronique_realisations_alim_led.html)

IOC - MU4IN109

2

# Histoire

C'est en 1956 qu'apparaît la première télécommande à ultrason pour une télévision de Zenith Electronics.

La télécommande à infrarouge apparaît dans les années 1980

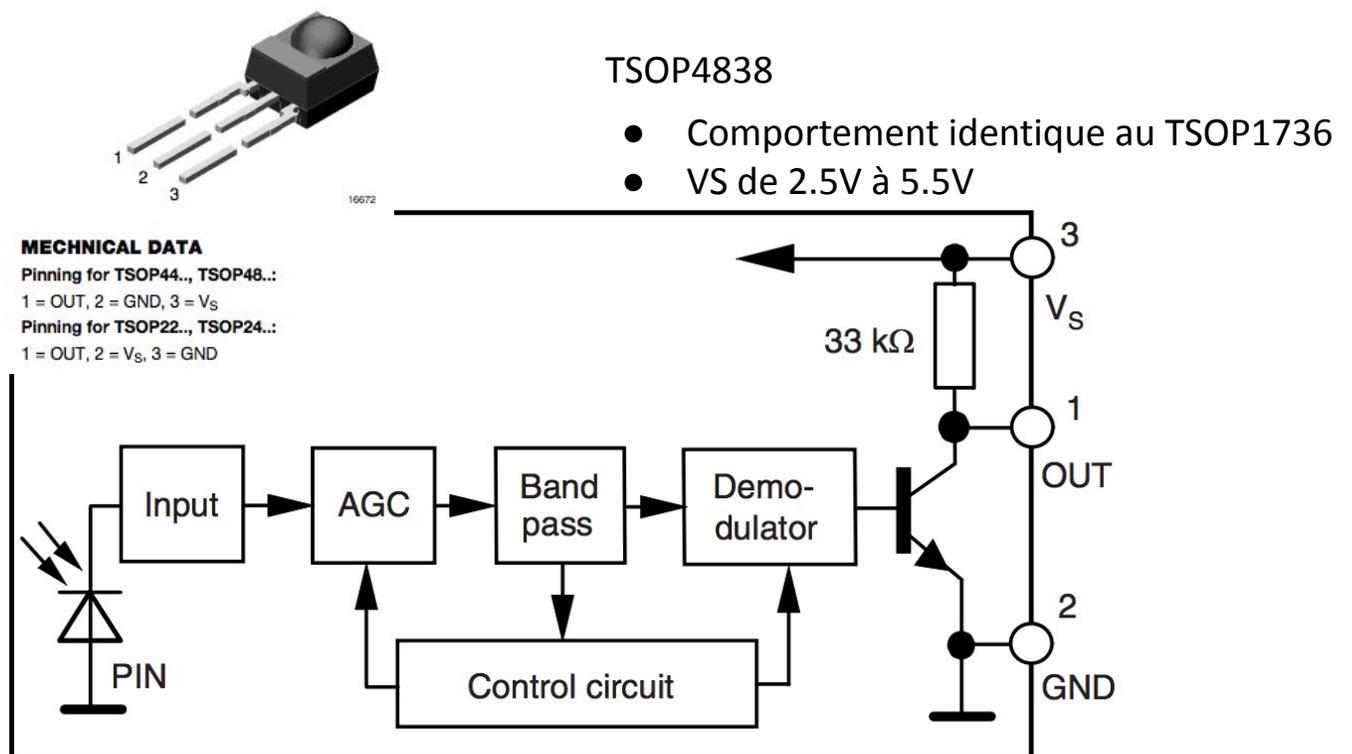
Philips développe le protocole RC-5 à la fin des années 1980 pour la commande des appareils électroniques grand public avec le souhait d'une interopérabilité entre les télécommandes et les appareils.



IOC - MU4IN109

3

## Block Diagram du récepteur TSOP4838

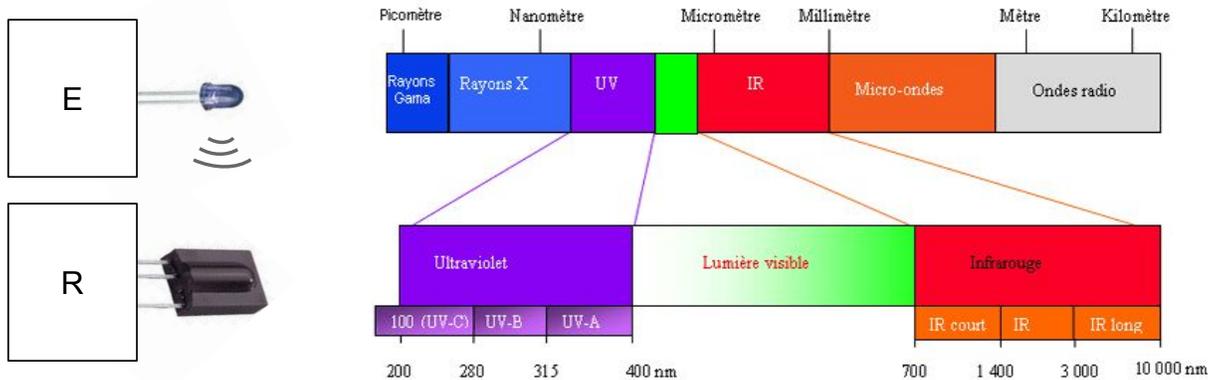


IOC - MU4IN109

4

# Principe

Une diode infrarouge produit une lumière de longueur d'onde de 700 à 950nm.  
Un récepteur capte la lumière.



L'information est codée dans une séquence d'allumage et d'extinction (ON-OFF) de la diode infrarouge.

IOC - MU4IN109

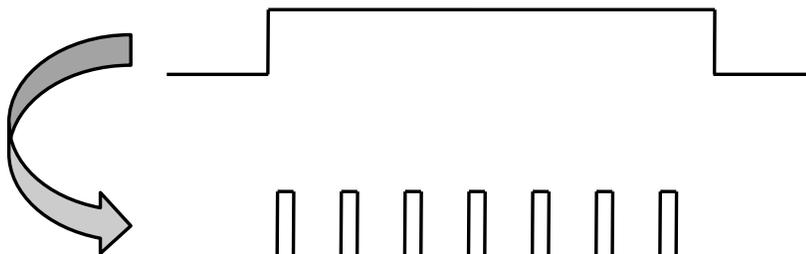
5

## Modulation de l'infrarouge

La chaleur produit aussi un rayonnement infrarouge, il faut :

- ⇒ que le récepteur ne voit que le rayonnement de la diode,
- ⇒ "allumer la diode" signifie effectuer une séquence de ON-OFF à une fréquence de l'ordre de 38 kHz, on parle du modulation

Le récepteur est muni d'un filtre qui ne voit que l'IR modulé à 38 kHz.

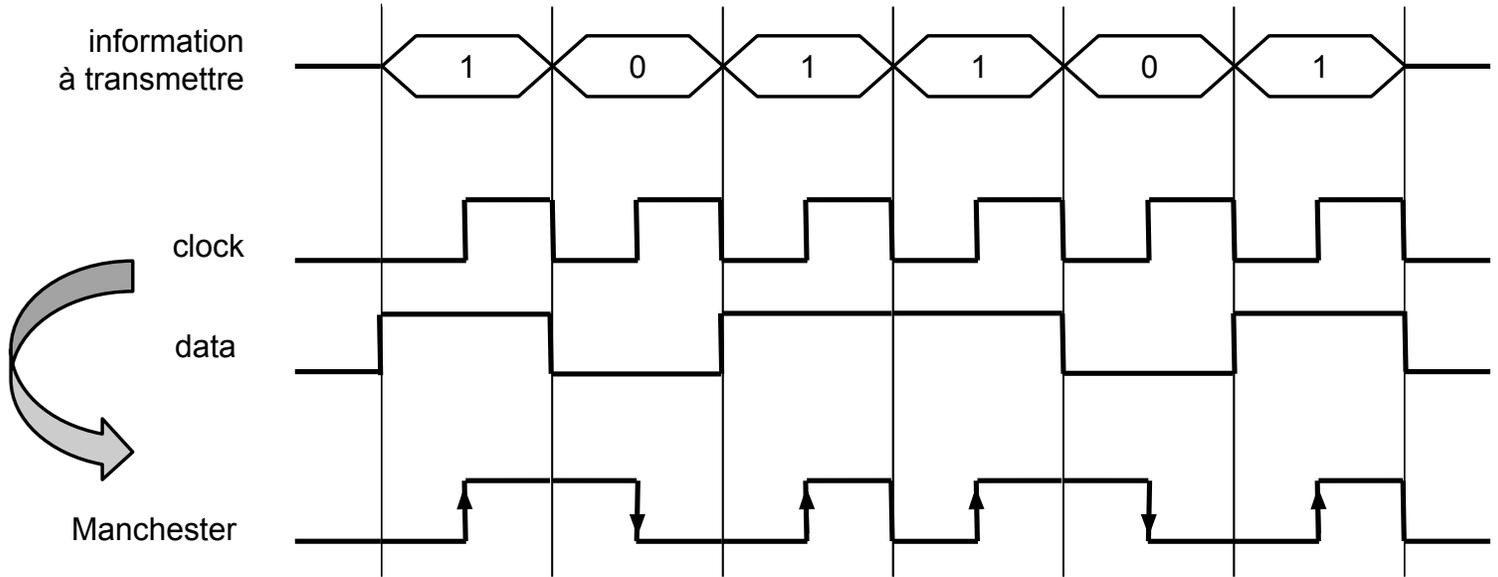


IOC - MU4IN109

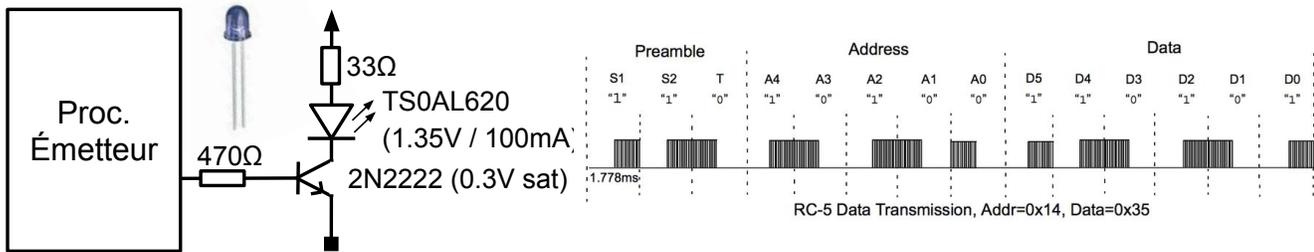
6

# Codage Manchester

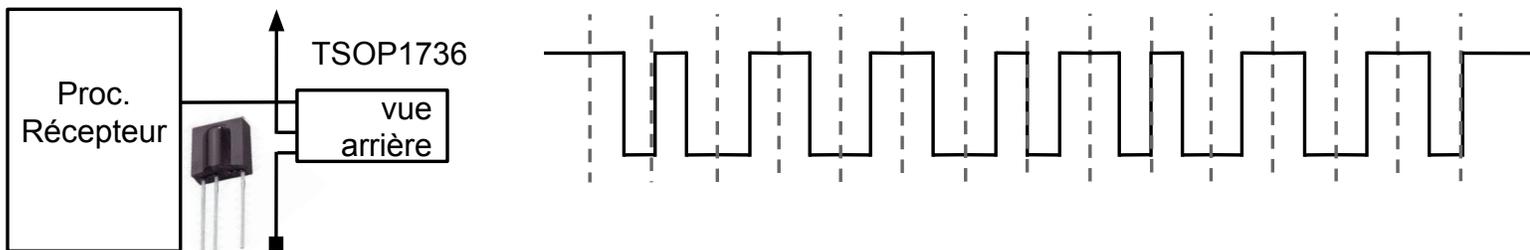
Le signal émis doit contenir la donnée ET l'horloge,  
⇒ c'est-à-dire le moyen de distinguer les début et fin de bit



## Emetteur - Récepteur RC-5



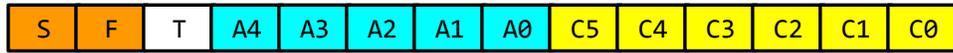
Le processeur reçoit un signal inversé par le TSOP



# Codage RC-5

Une trame RC-5 est une suite de 14 bits

- 2 bits de départ Start(1)+Field(1|0)
- 1 bit de basculement
- 5 bits d'adressage
- 6 bits de commandes



Les 2 bits de départ servent à calibrer le gain du circuit intégré de réception.

Le bit de basculement indique une nouvelle transmission de données.

⇒ Sa valeur change à chaque nouvel appui d'une touche pour distinguer une nouvelle pression d'une pression continue sur la même touche.

Les 5 bits suivants déterminent l'adresse du dispositif commandé

⇒  $2^5 = 32$  groupes d'adressage (il y a un standard)

La commande destinée à l'appareil est codée dans les 6 derniers bits

⇒  $2^6 = 64$  commandes (il y a aussi un standard)

⇒ Version étendue le bit F (Field) code le bit n°6 de la commande  $2^{1+6} = 128$

## Codes RC-5

Les codes sont standards afin de permettre l'interopérabilité.

Ce n'est toutefois pas toujours respecté.

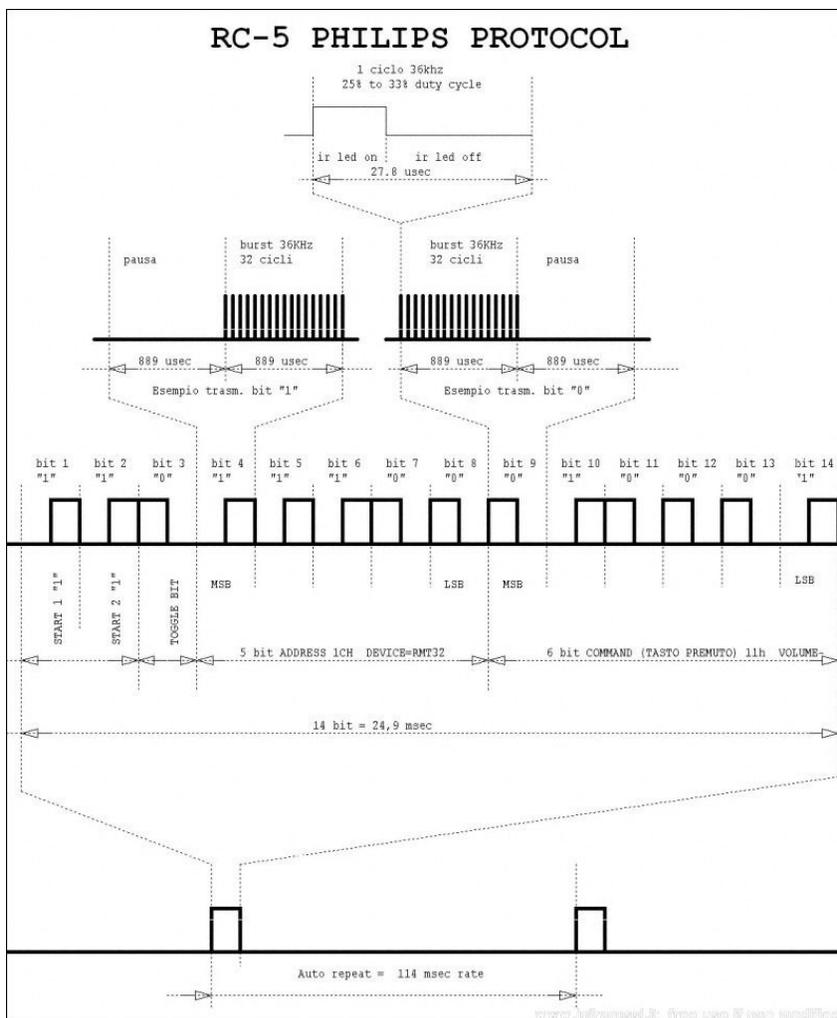
RC-5 Address	Device
\$00 - 0	TV1
\$01 - 1	TV2
\$02 - 2	Teletext
\$03 - 3	Video
\$04 - 4	LV1
\$05 - 5	VCR1
\$06 - 6	VCR2
\$07 - 7	Experimental
\$08 - 8	Sat1
\$09 - 9	Camera
\$0A - 10	Sat2
\$0B - 11	
\$0C - 12	CDV
\$0D - 13	Camcorder
\$0E - 14	
\$0F - 15	
\$10 - 16	Pre-amp
\$11 - 17	Tuner
\$12 - 18	Recorder1
\$13 - 19	Pre-amp
\$14 - 20	CD Player
\$15 - 21	Phono
\$16 - 22	SatA
\$17 - 23	Recorder2
\$18 - 24	
\$19 - 25	
\$1A - 26	CDR
\$1B - 27	
\$1C - 28	
\$1D - 29	Lighting
\$1E - 30	Lighting
\$1F - 31	Phone

RC-5 Command	TV Command	VCR Command
\$00 - 0	0	0
\$01 - 1	1	1
\$02 - 2	2	2
\$03 - 3	3	3
\$04 - 4	4	4
\$05 - 5	5	5
\$06 - 6	6	6
\$07 - 7	7	7
\$08 - 8	8	8
\$09 - 9	9	9
\$0A - 10	-/--	-/--
\$0C - 12	Standby	Standby
\$0D - 13	Mute	
\$10 - 16	Volume +	
\$11 - 17	Volume -	
\$12 - 18	Brightness +	
\$13 - 19	Brightness -	
\$20 - 32	Program +	Program +
\$21 - 33	Program -	Program -
\$32 - 50		Fast Rewind
\$34 - 52		Fast Forward
\$35 - 53		Play
\$36 - 54		Stop
\$37 - 55		Recording

# Le document PHILIPS officiel de décembre 1992

qui résume :

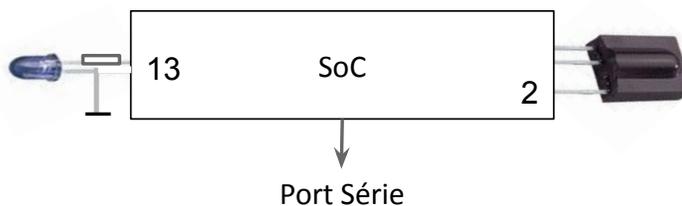
- la modulation de l'IR
- le codage Manchester
- la trame RC-5
- la répétition automatique



IOC - MU4IN109

11

## Lecture bloquante



`int readRC5(byte p)`

MSB : 1 1 T A4 A3 A2 A1 A0  
 LSB : 1 F C5 C4 C3 C2 C1 C0

IOC - MU4IN109

12

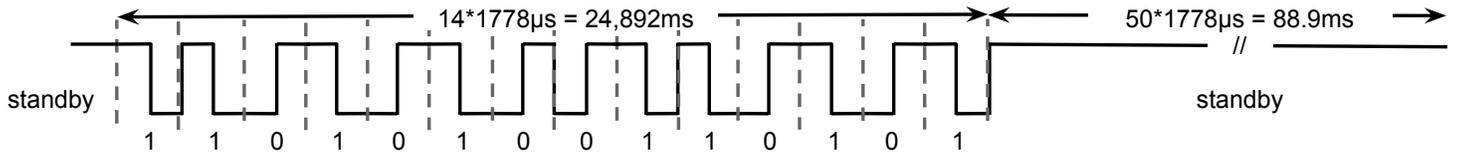
# Exemple

## Emission

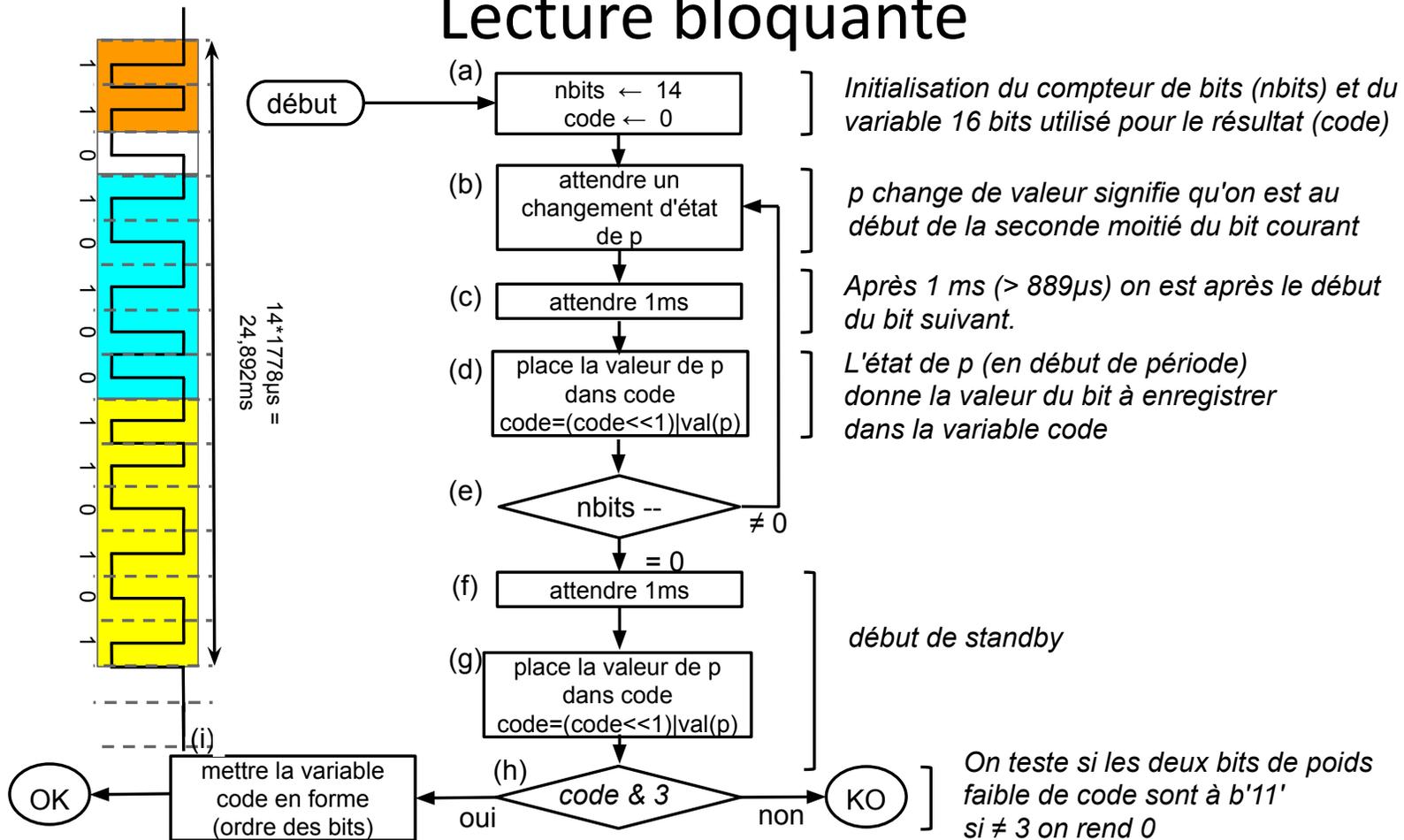
adresse = 0x14, code = 0x35



## Réception



## Lecture bloquante

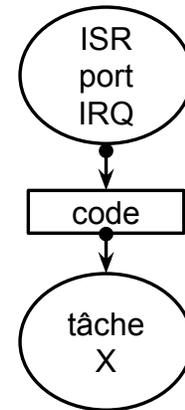


# Lecture non bloquante

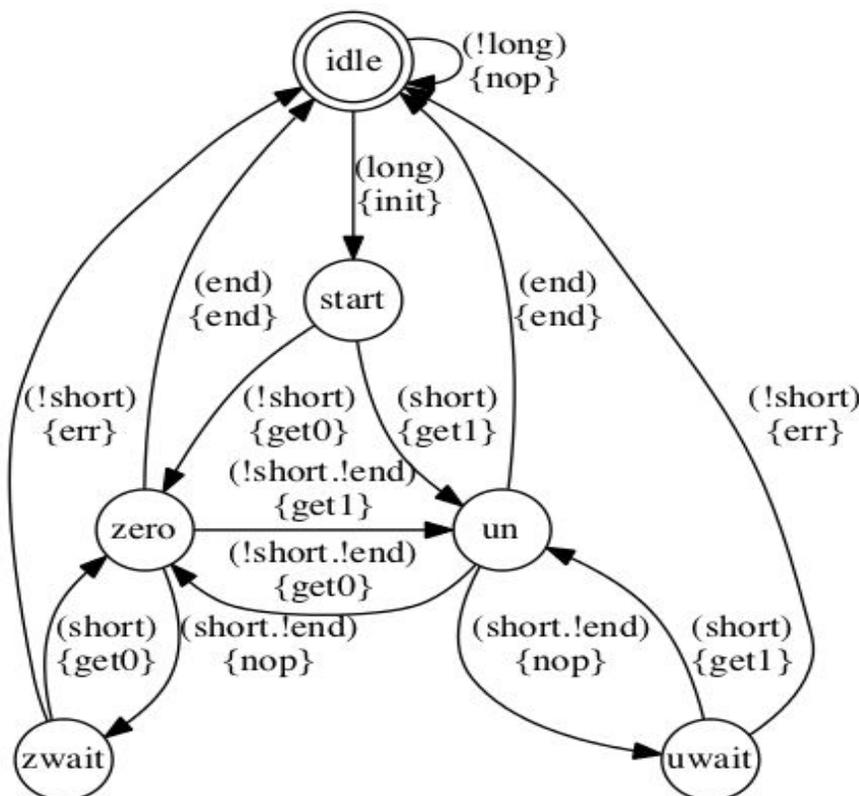
Le but est de pas bloquer l'exécution de loop pendant la lecture du capteur

- Le capteur IR est connecté sur une entrée d'interruption
- L'ISR associée va être déclenchée à chaque changement d'état
- et décoder la trame pour l'écrire dans **code**

L'ISR contient la tâche de décodage, elle reconnaît un '1' ou un '0' en fonction du temps qu'il y a entre deux exécutions en utilisant le compteur micros() qui donne le nombre de microseconde écoulées depuis le démarrage du processeur.



# Automate de lecture



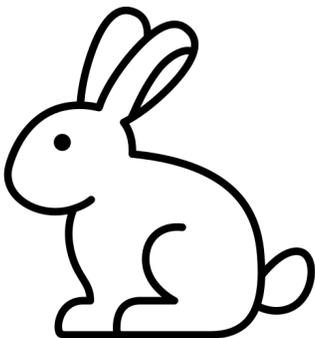
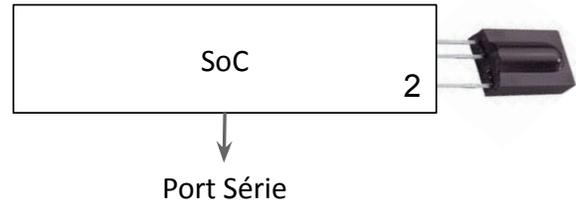
INPUTS  
long : ((time-begin) > 10ms)  
short : ((time-begin) < 1ms)  
end : (nbit==14)

ACTIONS  
init : {begin=time; nbit=0; val=0;}  
get0 : {begin=time; nbit++; val = val<<1;}  
get1 : {begin=time; nbit++; val = val<<1|1;}  
nop : {begin=time;}  
end : {res=val; flagres=1;}

# Conclusion

## Réutilisation d'une télécommande

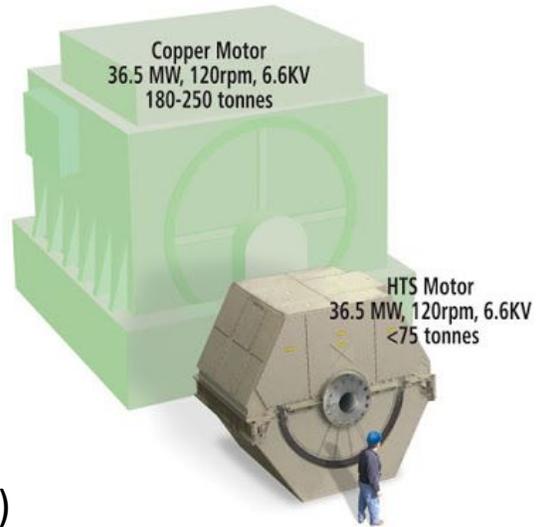
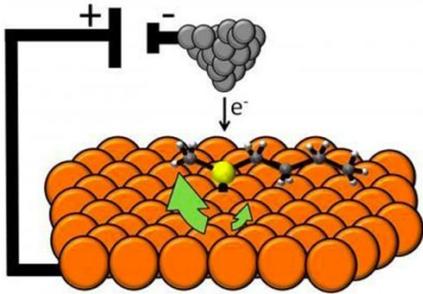
- 1) apprentissage des codes de chaque touche
- 2) exploitation pour la configuration d'un projet



## Moteurs

# Types de Moteurs

Il existe un très grand nombre de moteurs :  
de 1 seule molécule = 1 nanomètre



à 250 Tonnes  
(ou 75 tonnes à supraconducteur à  $-241^\circ$ )

IOC - MU4IN109

19

## Types de moteurs pour l'embarqué

Moteur CC à courant continu



Servomoteur



Moteur pas à pas



IOC - MU4IN109

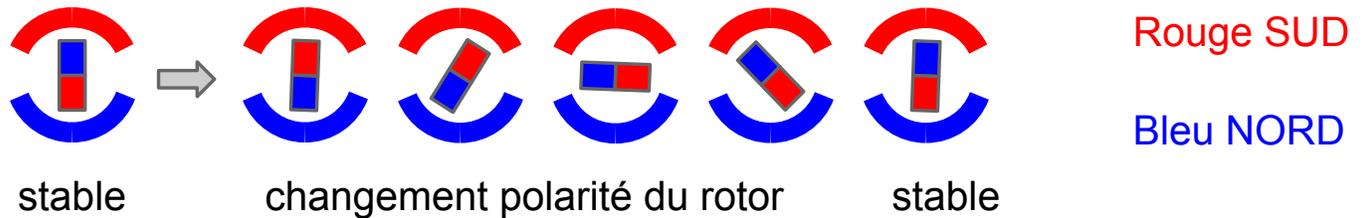
20

# Principe du moteur électrique

Le but d'un moteur est de transformer l'énergie électrique en énergie mécanique

Un moteur est constitué de deux parties:

1. partie fixe : le stator constitué de deux aimants immobiles
2. partie mobile : le rotor constitué de deux aimants sur un axe de rotation

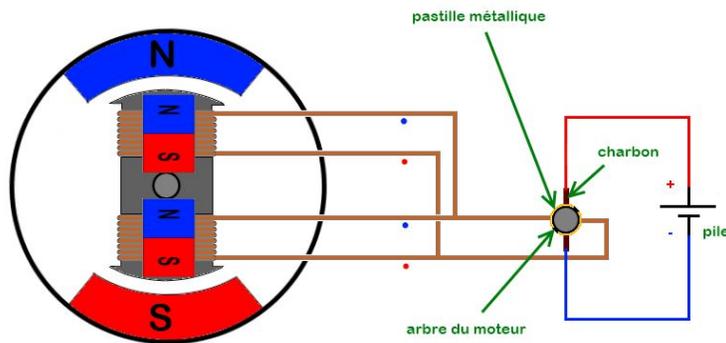
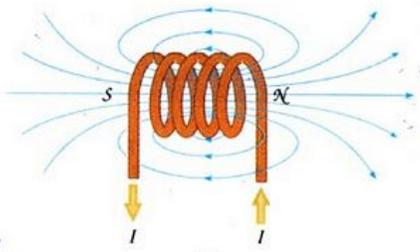


Ici le stator est un aimant permanent et  
le rotor est un aimant dont on peut inverser la polarité,  
Cela peut être l'inverse ou les deux.

## moteur à courant continu

# Principe du moteur électrique CC (suite)

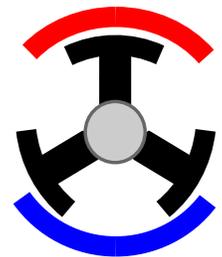
Pour créer un aimant inversable, on utilise une bobine qui fabrique un champ magnétique dont la direction dépend de la direction du courant.



Le courant s'inverse grâce à des balais qui glissent sur l'axe sur lequel sont placées les extrémités des bobines.

<http://eskimon.fr/>

En réalité, il y a 3 bobinages pour que l'axe soit toujours mal placé et tourne. Il existe plein de variantes !!!



IOC - MU4IN109

23

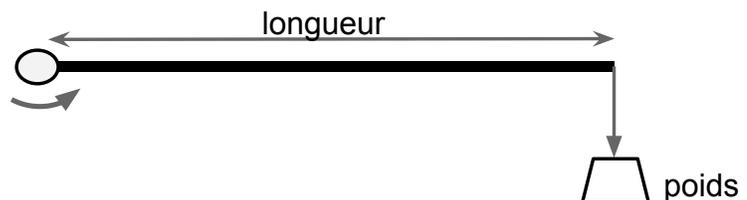
# Principe du moteur électrique (suite)

On caractérise un moteur par son couple, sa vitesse, sa puissance

## Couple

capacité à faire tourner son axe mesuré en Newton-mètre

- Le **couple de blocage** est la capacité du moteur à maintenir un poids à l'extrémité d'un axe.



- $1 \text{ kg} = 9.81 \text{ N}$  au niveau de la mer, arrondissons ici à  $10 \text{ N}$ .
- Un moteur dont le couple est  $10 \text{ Nm}$  signifie qu'il est capable de soulever un poids d'un kilo accroché à un axe de  $1 \text{ m}$ . C'est une limite.
- Le **couple utile** est le couple de blocage divisé par deux. ici on évite de dépasser  $500 \text{ g}$  dans la pratique.
- Si on divise la longueur par 2, on augmente le poids par deux.

IOC - MU4IN109

24

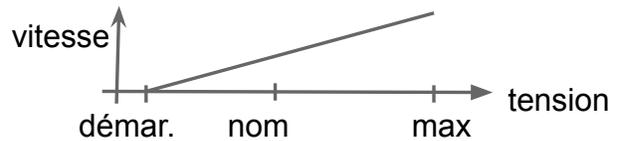
# Principe du moteur électrique (suite)

On caractérise un moteur par son couple, sa vitesse, sa puissance

## Vitesse

Nombre de rotations de l'axe par seconde en rad/sec ou en tour/min.

- La vitesse dépend du champ magnétique créé et donc de la tension.
- Typiquement 30 tours/sec par Volt  $\Rightarrow$  sous 3V  $3 \cdot 30 \cdot 60 = 5400$  t/min
- La vitesse est mesurée à vide



## Puissance

La puissance mécanique d'un moteur est égale à son couple \* vitesse

- $P_{\text{mécanique}} = N.m.rad/s = P_{\text{électrique}} \cdot \text{rendement}$
- rendement (entre 80% et 95%).

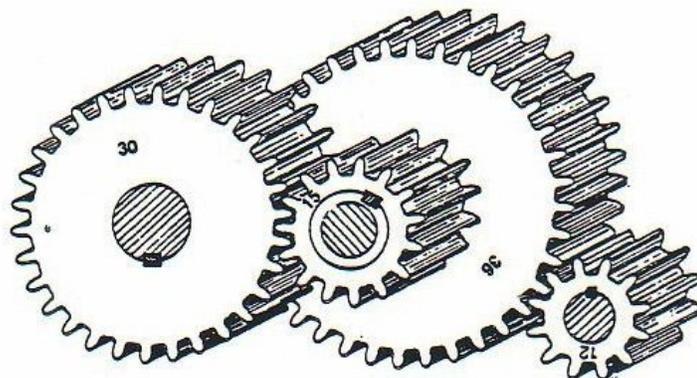
Pour un moteur donné, il existe une tension maximale au-delà de laquelle le moteur chauffe et finit par casser.

$\rightarrow$  La tension nominale est la moitié de la tension maximale.

## Lien entre le couple et la vitesse

Si on veut augmenter le couple sans augmenter la tension d'alimentation

$\rightarrow$  on utilise des engrenages



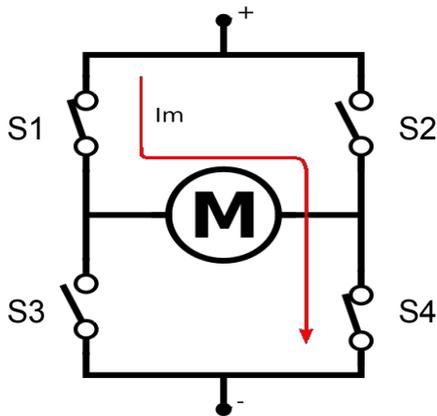
<http://ekladata.com/4Z5IVndsoqWrjdxOBjwFg2qzYfc.jpg>

$\rightarrow$  Réduire la vitesse de rotation par X augmente de couple de X (si on néglige les pertes en chaleur)

# Pont en H

Le sens de rotation d'un moteur dépend du sens du courant dans les bobines au démarrage.

Pour commander le sens du courant on utilise un pont en **H**



Combinaisons d'états des commutateurs

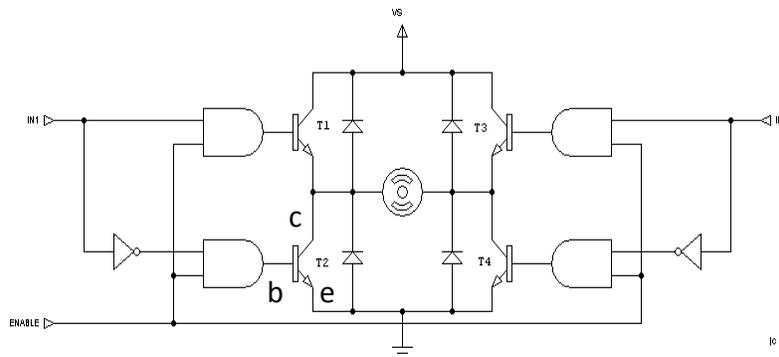
État des commutateurs				Résultat à la charge
S1	S2	S3	S4	
X	X	X	X	Aucune tension aux bornes de la charge.
✓	X	X	✓	Courant positif à travers la charge.
X	✓	✓	X	Courant négatif à travers la charge.
✓	✓	X	X	Charge court-circuitée.
X	X	✓	✓	Charge court-circuitée.

## commande d'un moteur cc

Les interrupteurs sont des transistors bipolaires passant si leur Base est à 1.

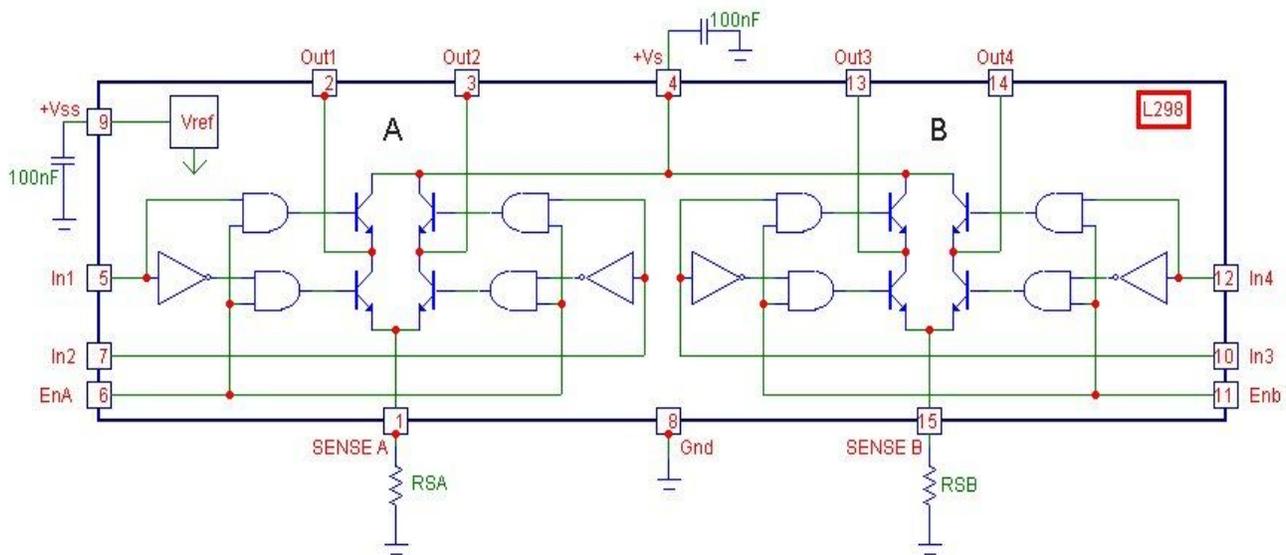
Les diodes sont présentes pour éliminer le courant produit lorsque le moteur s'arrête et qu'il fonctionne en générateur.

Les diodes sont de type Schottky (rapide et faible seuil 0.4V), elles protègent les transistors des surtensions lors des changement de sens de rotations.



# commande d'un moteur cc (suite)

Le L298 contient 2 ponts en H



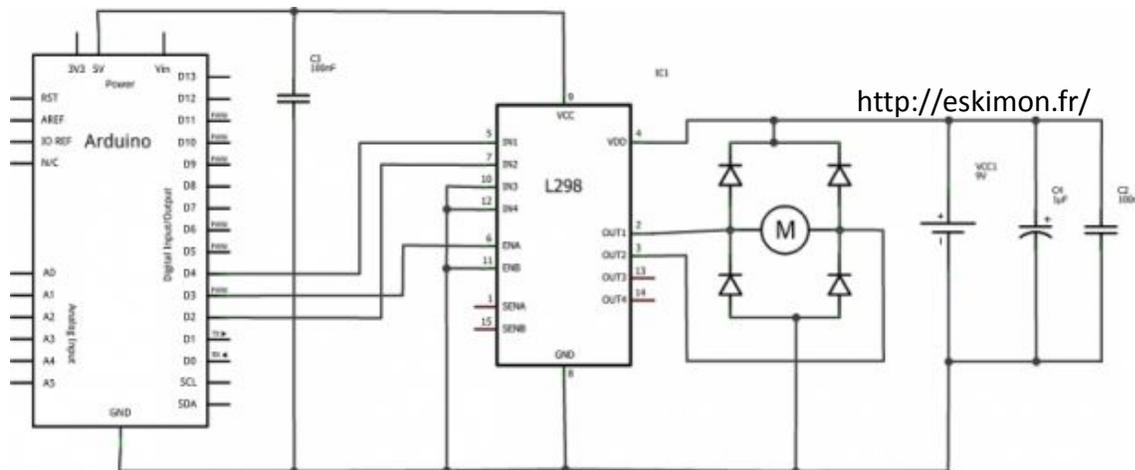
<http://forums.futura-sciences.com/electronique/137217-l298-demande-explication-pont-h.html>

IOC - MU4IN109

29

# commande d'un moteur cc (suite)

Le L298 contient 2 ponts en H : il ne manque que les diodes de protections et des capacités pour éliminer les parasites (liés aux surtensions d'arrêt) et fournir un courant de démarrage.



Il existe aussi le L293D, plus petit, qui intègre les diodes de protection.

IOC - MU4IN109

30

# commande moteur cc avec Arduino

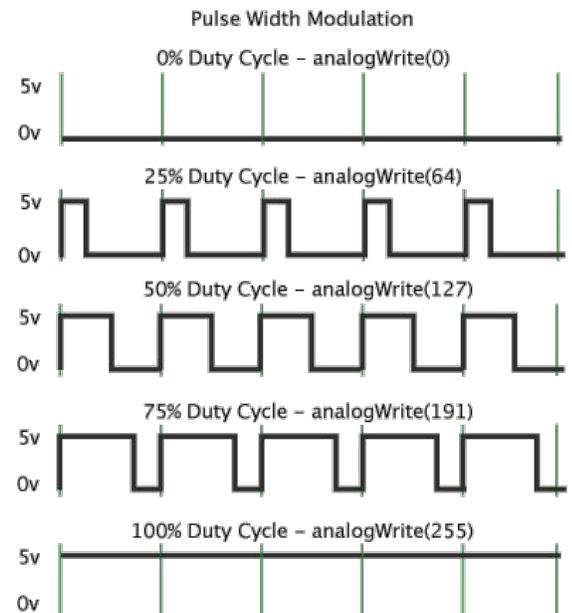
Pour contrôler la vitesse, il faut contrôler la tension.

En numérique, c'est réalisé par un signal modulé en largeur d'impulsion : PWM

En Arduino, la fonction

```
void analogWrite(int pin, int value)  
produit un signal envoyé sur la broche  
enable du L298/293
```

- Pins
  - Arduino Uno 3, 5, 6, 9, 10, 11
  - Arduino Mega 2 à 13 et 44 à 46
  - ESP32 16 canaux
- Fréquence
  - autour de 500Hz
- Précision
  - 8 bits = 256 états différents
  - 16 bits = 65536 états (ESP32)

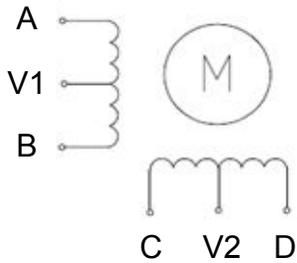


[http://www.mon-club-elec.fr/pmwiki\\_reference\\_arduino/pmwiki.php?n=Main.AnalogWrite](http://www.mon-club-elec.fr/pmwiki_reference_arduino/pmwiki.php?n=Main.AnalogWrite)

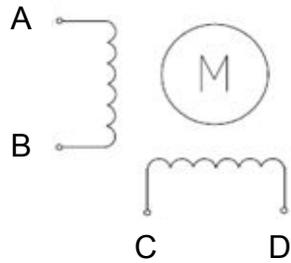
## moteur pas à pas

# moteur pas à pas

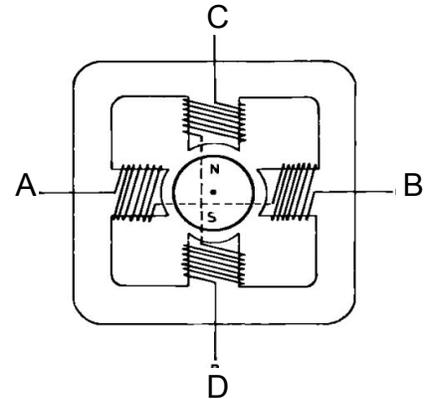
- Comme un moteur à courant continu, un moteur pas à pas est constitué d'un rotor et d'un stator, mais il n'est pas instable, un courant dans les bobines va entraîner une rotation et une position d'équilibre qui va se maintenir.
- Un changement de sens du courant va entraîner à nouveau le moteur qui tourne jusqu'à l'équilibre suivant :  
⇒ Le moteur avance d'un pas à chaque fois
- Il existe deux types de moteurs



unipolaire : 6 fils



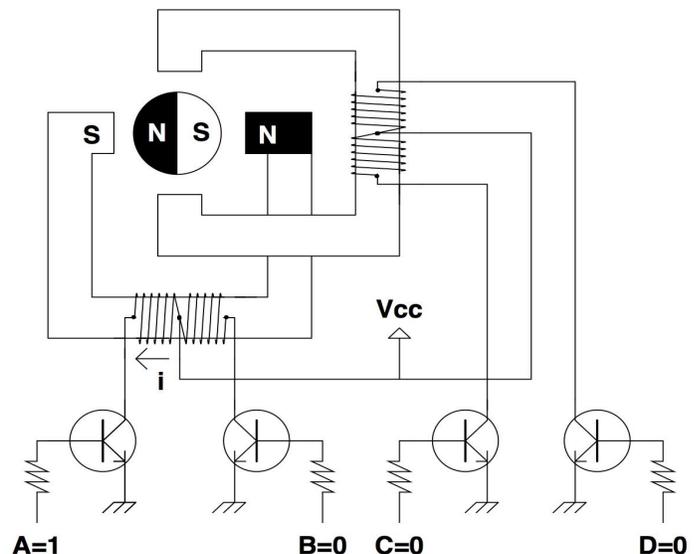
bipolaire : 4 fils



## moteur pas à pas unipolaire

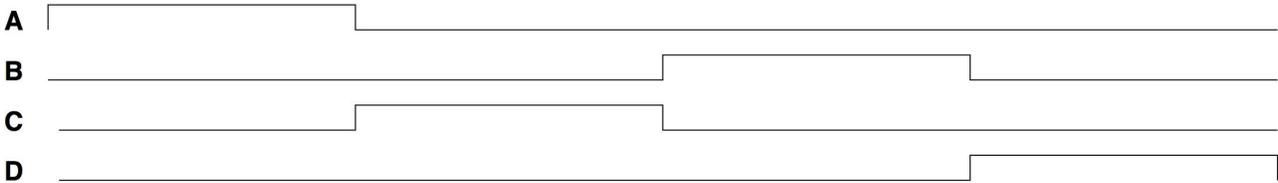
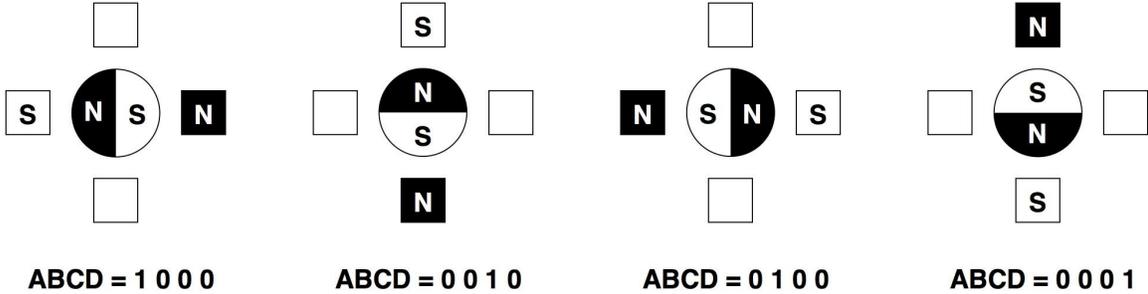
Ici le courant circule que dans un seul sens

- La polarisation d'une des bobines du stator définit une position d'équilibre du rotor.
- La rotation va se faire en commandant en séquence les signaux A, B, C et D
- Ici les commandes A et B sont opposées :
  - soit  $A = 1 \Rightarrow S - N$
  - soit  $B = 1 \Rightarrow N - S$
- C'est simple mais seule la moitié de la bobine est utilisée à la fois.



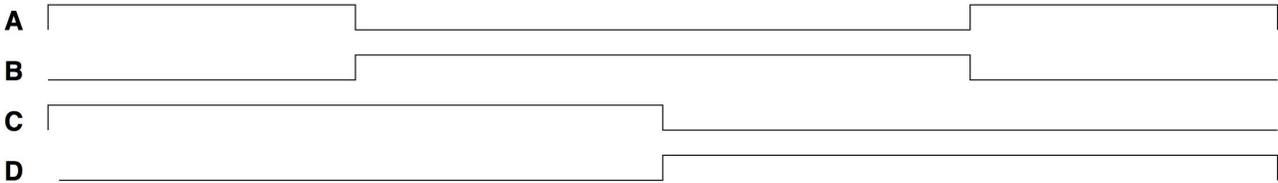
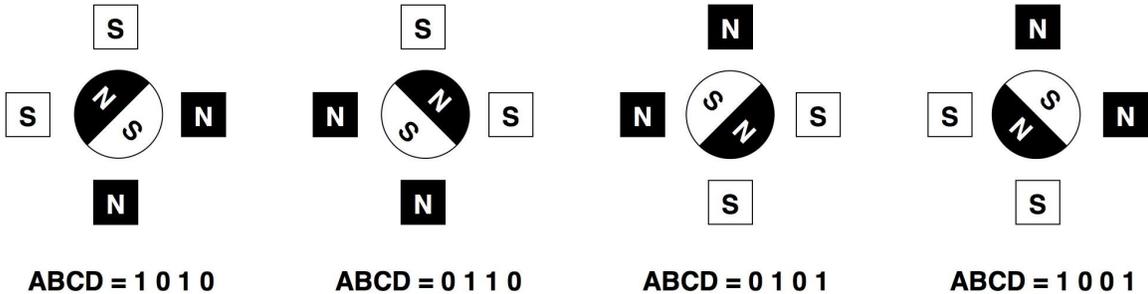
# commande moteur p-à-p unipolaire monophasé

Monophasé pour dire que l'on ne commande qu'une bobine à la fois  
 Séquence de valeur pour une rotation en 4 pas



# commande moteur p-à-p unipolaire biphasé

Biphasé pour dire que l'on commande 2 bobines à la fois  
 pour avoir plus de couple



# commande moteur p-à-p unipolaire biphasé

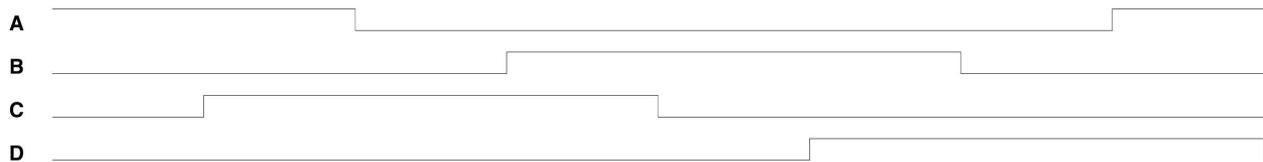
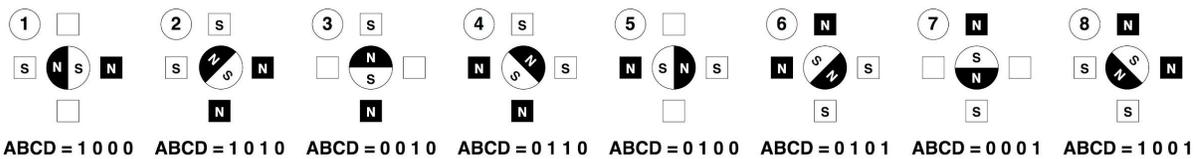
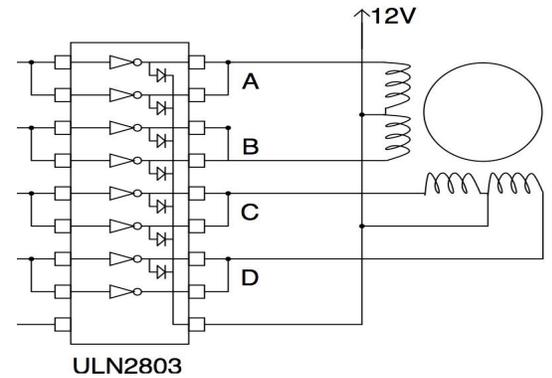
Si on combine les modes précédents

→ on obtient 8 demi-pas

On peut encore augmenter le nombre de pas en modulant la tension sur les bobines (PWM)

→ les commandes deviennent analogiques en forme de sinusoïdes

→ on parle de commande par micro-pas



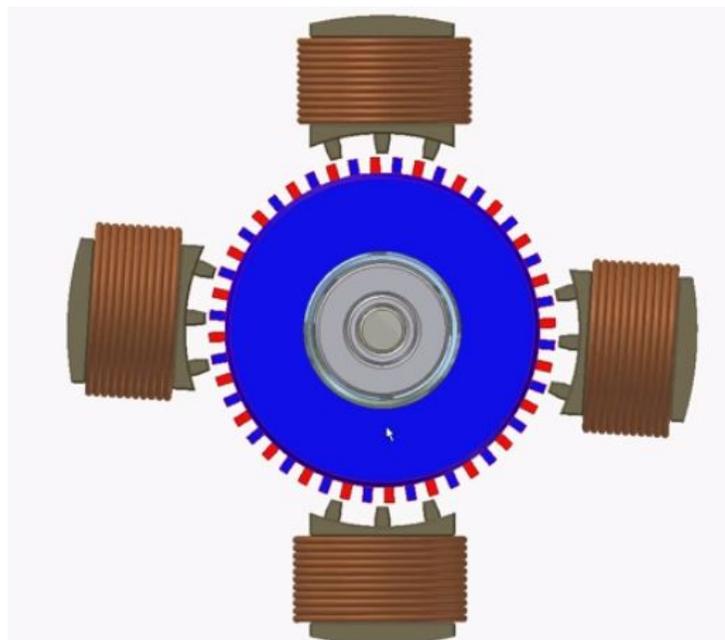
IOC - MU4IN109

37

## Augmentation du nombre de pas

Avec 2 bobines, il est possible d'avoir un grand nombre de pas

Les vidéos citées montrent le fonctionnement détaillé de ce type de moteur



Vidéos intéressantes

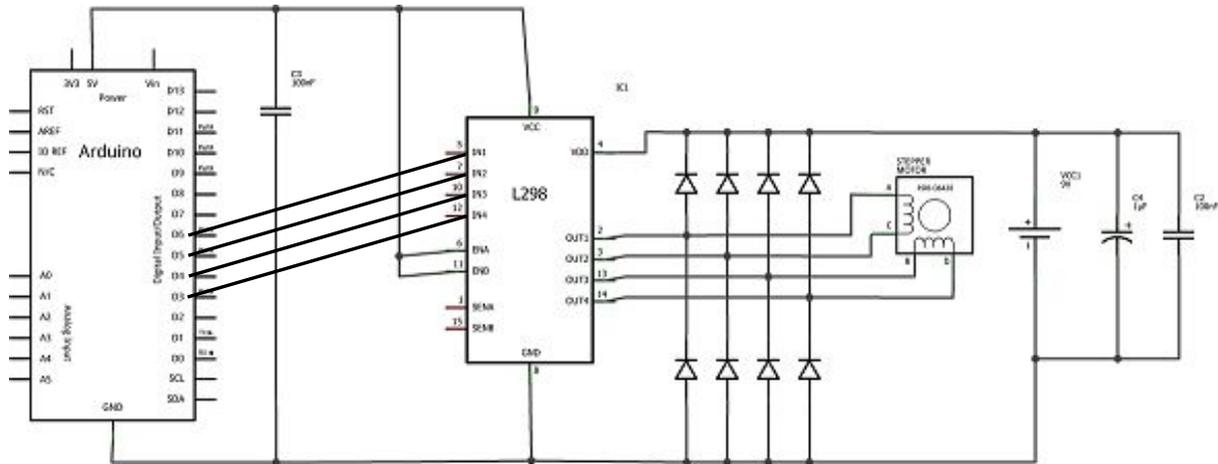
<https://www.youtube.com/watch?v=t-3VnLadlbc>  
<https://www.youtube.com/watch?v=Ew6eVGnj7r0>

IOC - MU4IN109

38

# Commande d'un moteur p-à-p bipolaire

Le L298 contient deux ponts en H, cela fait un par bobine.

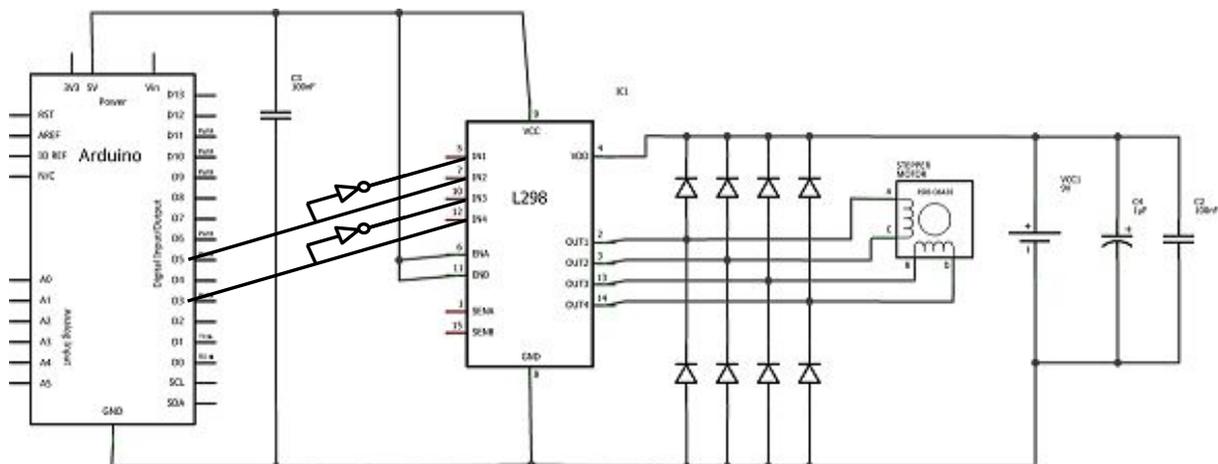


IOC - MU4IN109

39

# Commande d'un moteur p-à-p bipolaire

En ajoutant 2 inverseurs on peut économiser deux fils en remarquant que les bornes des bobines sont toujours opposées.



IOC - MU4IN109

40

# Commande d'un moteur p-à-p avec Arduino

## Library Stepper

- Stepper(steps, pin1, pin2)  
Stepper(steps, pin1, pin2, pin3, pin4)
  - steps            nombres de pas par tour
  - pin1, pin2       broches de connexion
  - pin3, pin4       broches de connexion lorsqu'on connecte les 4 extrémités
- setSpeed(rpm)
  - rpm            nombre de tours par minute (entier > 0)
- step(steps)
  - steps           nombre de pas souhaité (positif ou négatif)

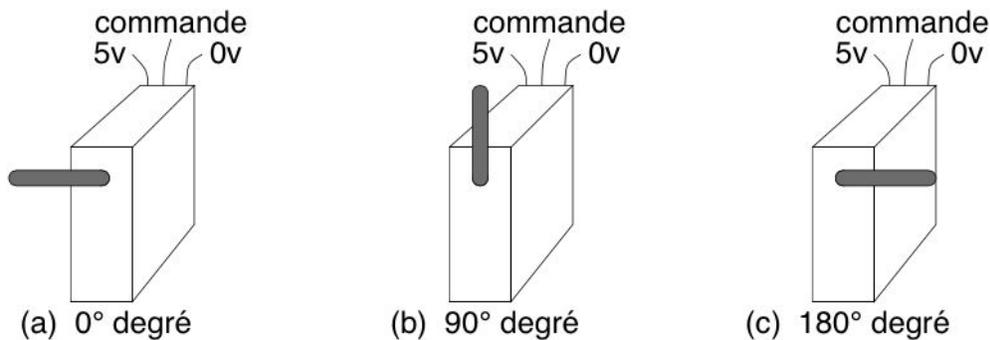
Je ne sais pas si cette librairie gère les micro-pas

# servomoteur

# servomoteur

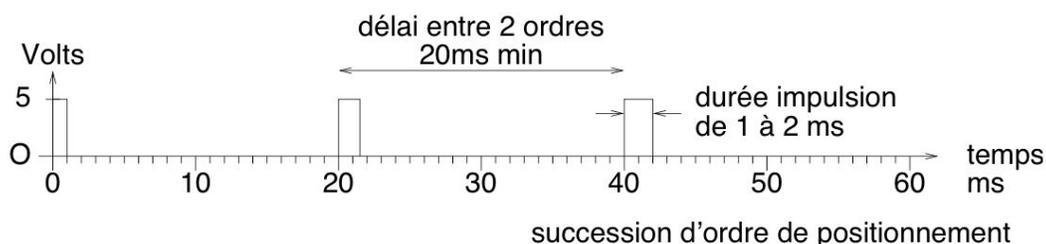
Un servomoteur est un dispositif constitué d'un moteur CC asservi, c.-à-d. dont la position est contrôlée par une interface de commande.

- L'axe du servomoteur peut être placé dans une position variant de  $0^\circ$  à  $180^\circ$  (ou  $270^\circ$ ).
- Ici, le servomoteur est dans trois positions, (a)  $0^\circ$  : position la plus extrême à gauche, (b)  $90^\circ$  : la position centrale, (c)  $180^\circ$  : position la plus extrême à droite.

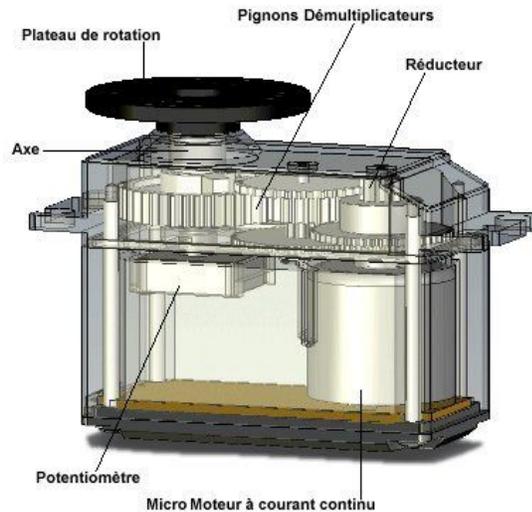


## Principe de fonctionnement

- Un servomoteur utilise un fil unique de commande et 2 fils d'alimentation.
- Par défaut, le signal de commande est à 0V. Pour placer l'axe dans une position donnée, il faut mettre le signal de commande à 5V pendant une durée comprise entre 1ms et 2ms.
- Une impulsion à 5V sur le signal de commande pendant 1ms, met l'axe à  $0^\circ$
- Une impulsion de 2ms le met à  $180^\circ$ .
- En l'absence d'ordre, le servomoteur est en roue libre.
- On peut envoyer une succession d'ordres, mais le délai entre deux ordres successifs est de l'ordre de 20 ms (dépend du moteur et de son couple)
- La vitesse de rotation est telle que le moteur peut faire tourner son axe à 1 tour/sec donc 0.5 seconde pour aller de  $0^\circ$  à  $180^\circ$ .
- Il y a un asservissement qui corrige la position si l'axe dérive.



# Anatomie d'un servomoteur



## fils

- noir ← 0V
- rouge ← 4,5 à 6V
- jaune, blanc, orange ← commande

*Esic 9*

## Commande d'un servo avec Arduino

- `attach(pin)`  
`attach(pin, min, max)`
  - connecte le servomoteur à la broche pin. Rends 0 en cas de problème
  - min, max sont les durée en  $\mu$ s des positions extrêmes
- `detach()`
  - déconnecte le servomoteur
- `write(int)`
  - définit la position angulaire de 0 to 180.
- `read()`
  - rend la dernière position demandée.
- `attached()`
  - rend 1 si le servomoteur est attaché
- `refresh()`
  - doit être appelée au minimum toutes les 50ms

```
#include <SoftwareServo.h>

SoftwareServo myservo;

int potpin = 0;
int val;

void setup()
{
  myservo.attach(2);
}

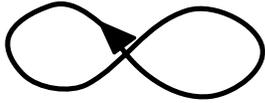
void loop()
{
  val = analogRead(potpin);
  val = map(val, 0, 1023, 0, 179);
  myservo.write(val);
  delay(15);
  SoftwareServo::refresh();
}
```

# Conclusion

## Pleins de possibilités

- moteur CC

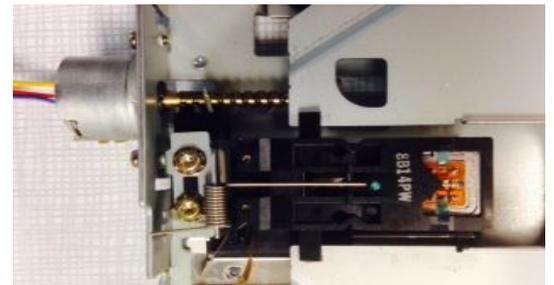
- mesurer la vitesse de rotation
- dessiner une forme



<http://www.mecadroid.com/>

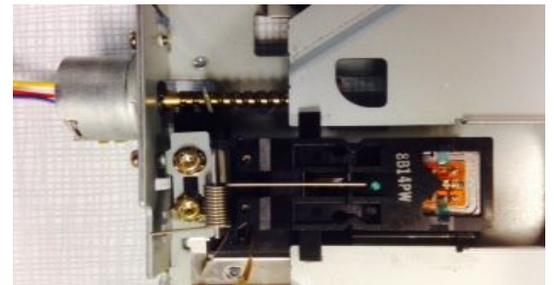
- moteur pas-à-pas

- mesurer la vitesse
- déplacer le berceau d'un lecteur de disquette



- servomoteur

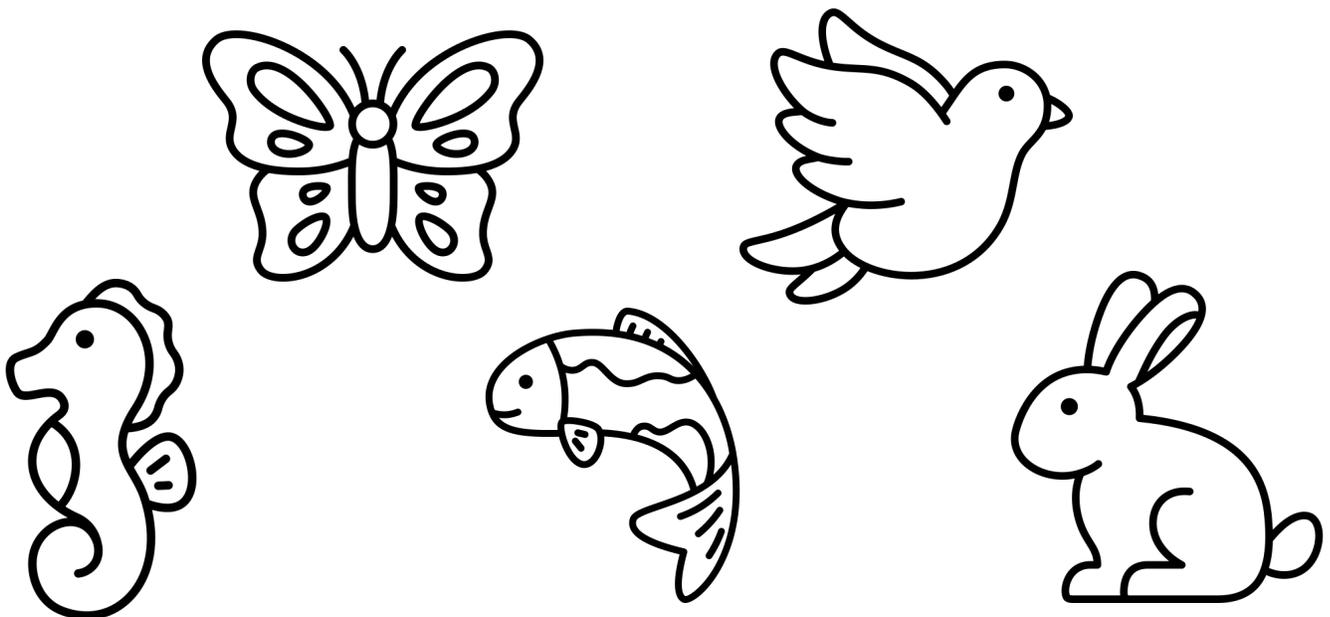
- ouverture des stores



IOC - MU4IN109

47

Si vous avez du temps et une idée...



IOC - MU4IN109

Dessins : <https://www.flaticon.com/fr/auteurs/mihimihi>

48