

R3IOM17 : Collecte et traitement de données issues IoT

Interactions numériques-physiques

Actionneurs et effecteurs

Yassine HADDAB

Professeur à l'Université de Montpellier

Yassine.haddab@umontpellier.fr



Prérequis

Notions élémentaires sur les systèmes embarqués

Principes de base des objets connectés

But

Initiation aux interactions numériques-physiques, en particulier l'actionnement.

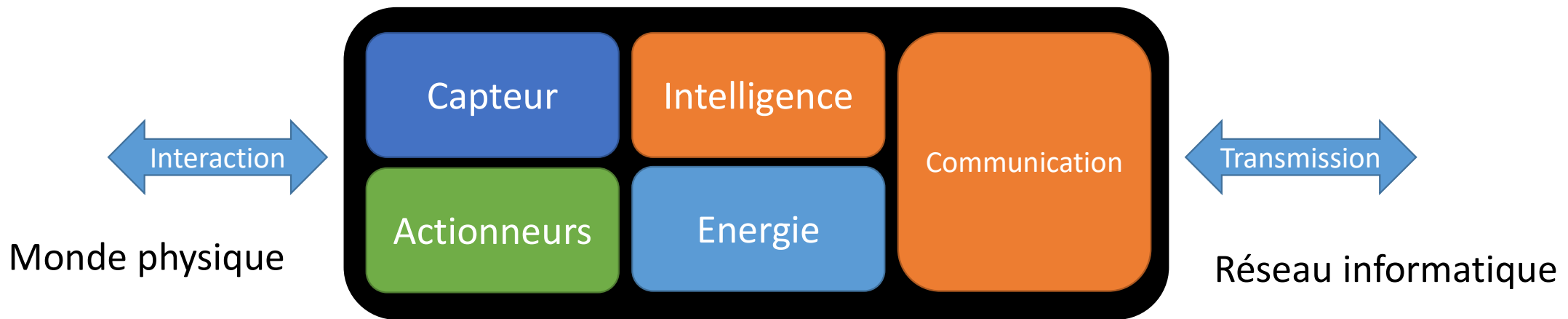
Etudier les principaux principes d'actionnement.

Mettre en pratique les techniques d'actionnement dans le cadre d'objets connectés.

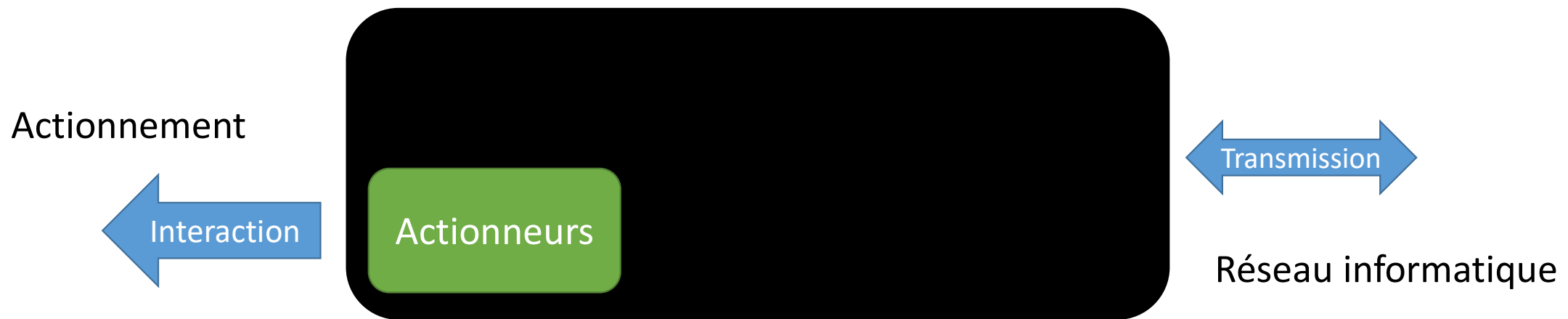
Expérimentations.

1- Introduction

Caractéristiques générales d'une plateforme embarquée pour l'IoT



Caractéristiques générales d'une plateforme embarquée pour l'IoT



Dans cette partie, nous nous intéresseront aux actionneurs et à leur utilisation.

L'objet connecté agit sur l'environnement dans lequel il se trouve (il modifie physiquement son environnement)

Actionneur : dispositif permettant d'agir sur son environnement.

Dans une machine, un actionneur est un objet qui transforme l'énergie qui lui est fournie en un phénomène physique qui fournit un travail, modifie le comportement ou l'état d'un système

Il peut utiliser une ou plusieurs de ces énergies :

- Pneumatique
- Hydraulique (eau ou huile)
- Électrique
- Mécanique
- Thermique
- Combustible fossile
- Etc.

Voir : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Actionneur>

Exemples d'actionneurs



Diodes Electro-Luminescentes



Afficheurs 7-segments



Voyant lumineux



Buzzer Piézoélectrique.



Haut-parleur



Générateur ultra-sons

Exemples d'actionneurs



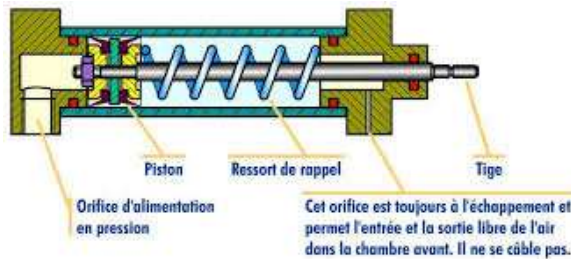
Petit moteur électrique



Moteur électrique
de forte puissance



Résistance chauffante
(lave linge)



Vérin pneumatique.

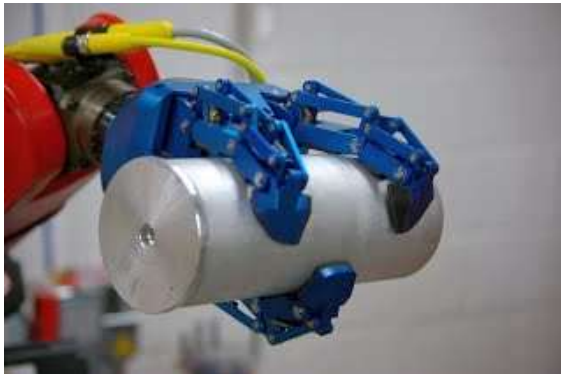


Ventilateur de refroidissement
d'un processeur d'ordinateur



Ventilateur domestique
(flux d'air)

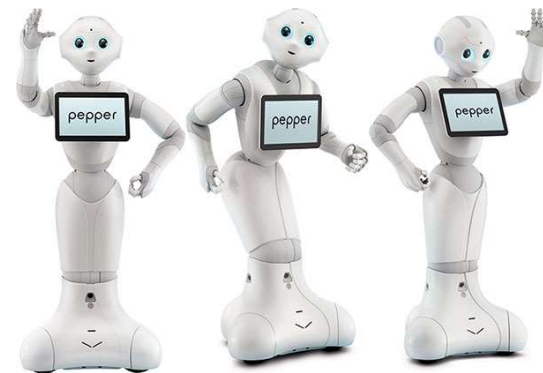
Exemples de systèmes contenant plusieurs actionneurs



Pince de serrage



Main robotique Shadow.



Robot Pepper (interactions sociales)

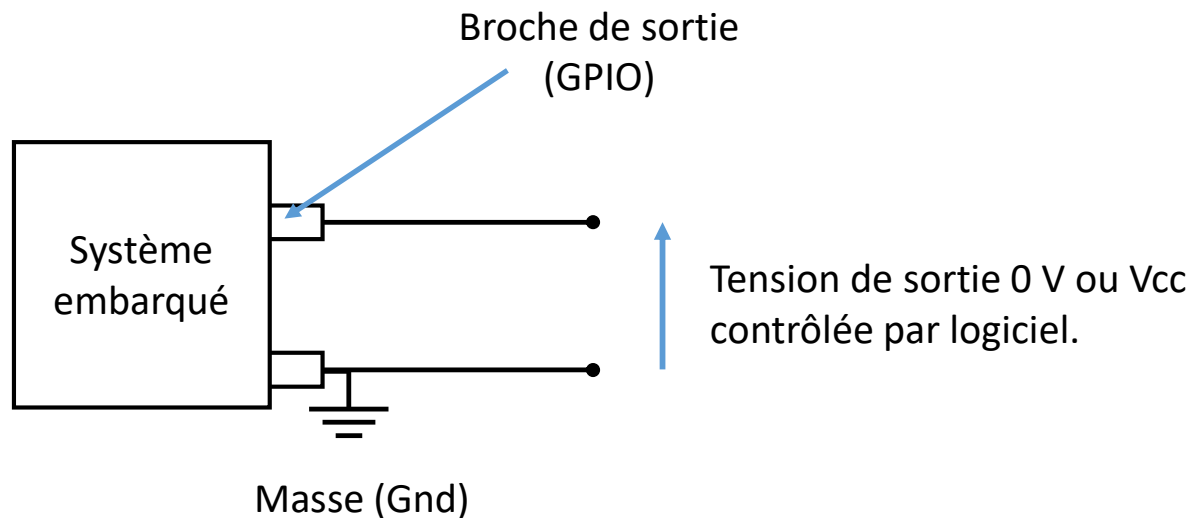


Bras robot : Staübli TX90

2- Sortie numérique tout-ou-rien

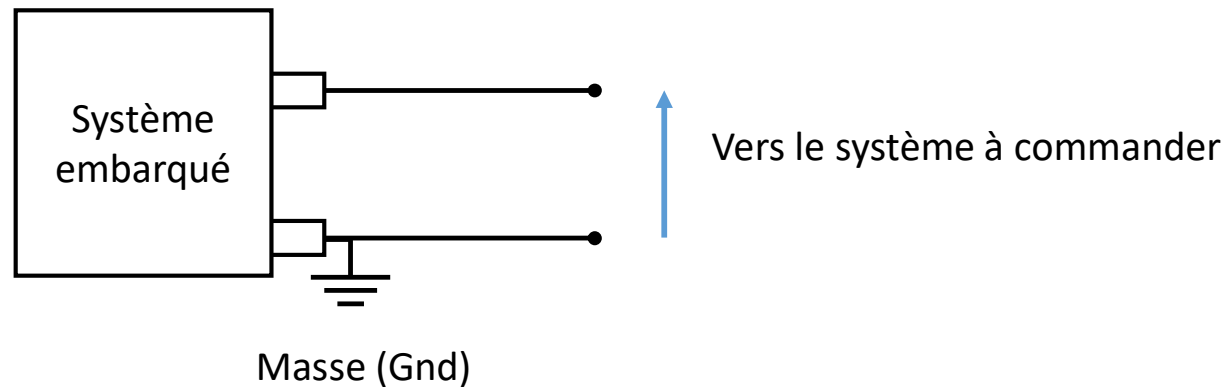
Sortie numérique tout-ou-rien

- **Principe** : contrôle de l'état d'une sortie. Deux états : 0 ou 1.
- 0 est matérialisé par une tension électrique de 0 Volts.
- 1 est matérialisé par une tension électrique positive (souvent la tension d'alimentation 3,3 V ou 5 V).



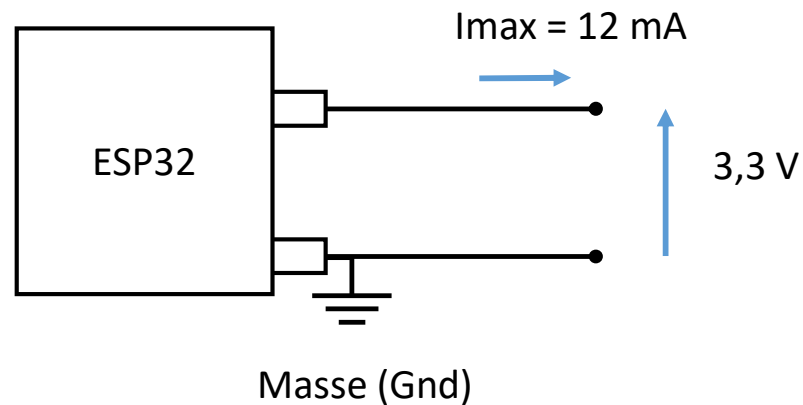
Sortie numérique tout-ou-rien

- **Applications :**
- Allumage et extinction d'une LED
- Contrôle d'un voyant
- Génération d'un signal sonore (alarmes, indication de fin de traitement d'une tâche, ...)
- Déclenchement d'un appareil (domestique ou industriel)
- Contrôle de la luminosité d'un éclairage
- Etc.



Sortie numérique tout-ou-rien

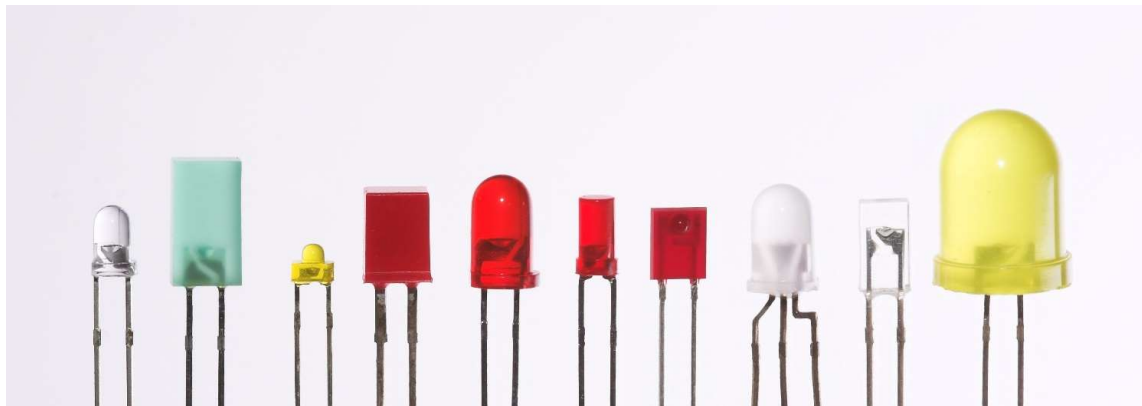
- Les systèmes à faible puissance peuvent être commandés directement depuis la sortie de la broche GPIO du microcontrôleur
- Pour commander des systèmes de forte puissance, un étage de puissance doit être intercalé.
- Pour l'ESP32 : $V_{out} = 3,3\text{ V}$
 $I_{max} = 12\text{ mA}$ (utiliser 10 mA au maximum)



3- Commande de LEDs

Commande d'une LED

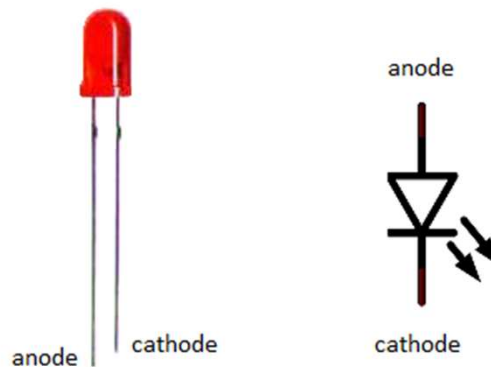
- Les DELs (Diodes Electro-Luminescentes) ou LEDs (en anglais pour Light Emitting Diode) sont des composants très utilisés dans les systèmes numériques.
- Il s'agit de diodes qui émettent une lumière de couleur fixe lorsqu'elles sont traversées par un courant dans le sens passant.
- Elles peuvent être utilisées dans d'innombrables situations pour, par exemple, indiquer l'état d'une variable binaire ou d'un processus, déclencher une alarme lumineuse ou encore aider à la mise au point d'un programme (débugage).



LEDs de différentes couleurs et de différentes formes

Commande d'une LED

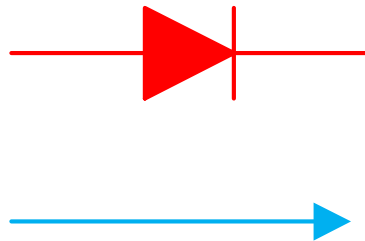
- Une DEL ordinaire s'illumine de manière confortable lorsqu'elle est traversée par un courant de l'ordre de 10 à 20 mA.
- L'illumination est généralement visible dès que la DEL est parcourue par un courant de quelques milliampères.
- Pour connaître la limite maximale du courant admissible, il conviendra de se référer à la documentation du fabricant.
- Les connexions d'une DEL peuvent être aisément identifiées dans la mesure où l'anode (ou connexion positive) possède une broche de connexion plus longue que la cathode (ou connexion négative).



Commande d'une LED

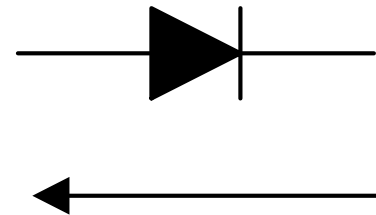
- Sens passant et sens bloqué d'une LED.

La diode s'illumine



Lorsque le courant passe dans ce sens

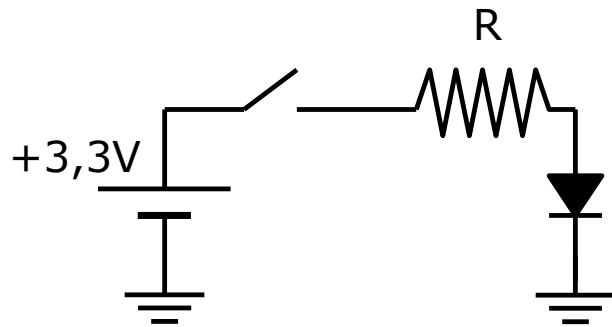
La diode est éteinte



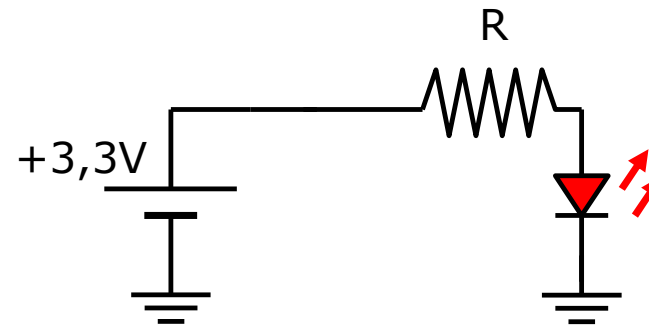
Le courant ne peut pas passer dans ce sens !

Commande d'une LED

- Circuit de commande d'une LED



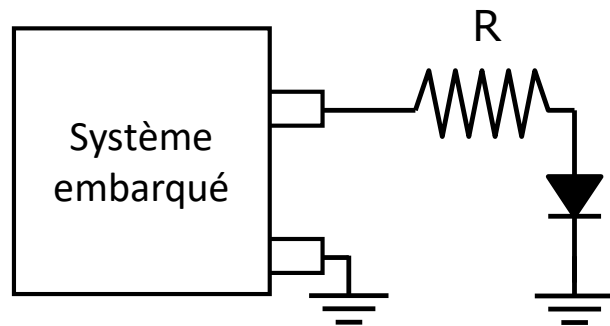
LED éteinte
(état 0)



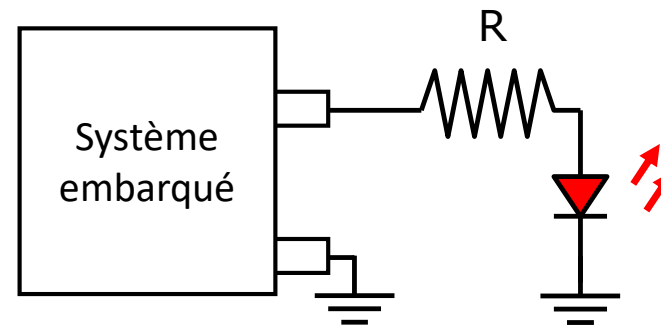
LED allumée
(état 1)

Commande d'une LED

- Circuit de commande d'une LED



LED éteinte
(sortie à l'état bas)



LED allumée
(sortie à l'état haut)

Commande d'une LED

- Compte-tenu du faible courant nécessaire, généralement, une LED peut être directement commandée à l'aide d'une broche de sortie numérique du microcontrôleur. Il faudra cependant connecter en série avec la LED, une résistance de limitation de courant dont la valeur est calculée par la formule suivante :

$$R = \frac{V_h - V_{del}}{i}$$

- R : valeur de la résistance (en Ω)
- V_h : tension de sortie du microprocesseur à l'état haut
- V_{led} : tension apparaissant aux bornes de la LED
- i : courant traversant la LED

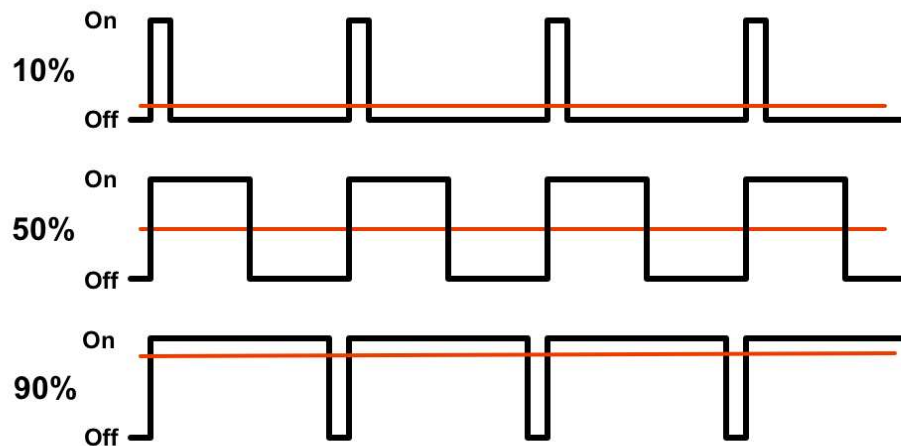
Couleur de la DEL	V_{led}
Rouge	1,7 V
Jaune	2,1 V
Verte	2,2 V
bleue	2,4 V

Valeur moyenne de V_{led} pour les DELs courantes.

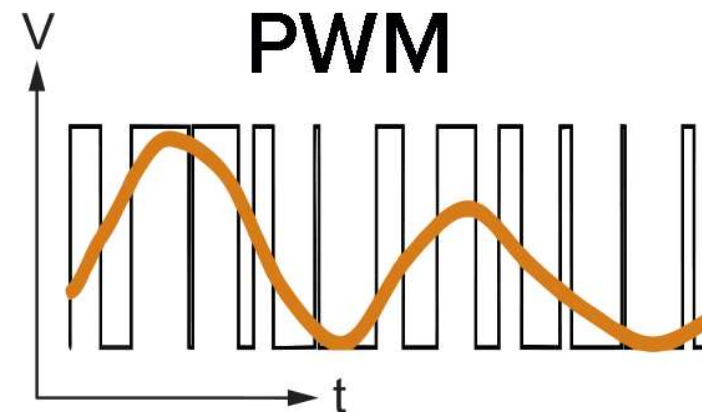
Commande de la luminosité d'une LED

Peut se faire de deux manières :

- Soit en faisant varier la tension d'alimentation (impossible avec une sortie tout ou rien)
- Soit en modulant l'alimentation (en utilisant une temporisation). Cette technique est appelée MLI (Modulation de Largeur d'Impulsion) ou en anglais PWM (Pulse Width Modulation)



Principe de la MLI. En rouge :
la valeur moyenne.



Modulation de l'énergie
moyenne transmise

Commande de la luminosité d'une LED

MLI (Modulation de Largeur d'Impulsion) ou en anglais PWM (Pulse Width Modulation)

Expérimentez ce principe sur une maquette

4- Génération de signaux sonores

Génération de signaux sonores

Les sorties numériques permettent également de produire des signaux sonores



Buzzer Piézoélectrique.

Signaux sonores



Haut-parleur

Produire des notes de musique

Fréquences des notes (en hertz) dans la gamme tempérée									
Note/octave	0	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>do</i> ou <i>si</i> [#]	32,70	65,41	130,81	261,63	523,25	1046,50	2093,00	4186,01	8 372,02
<i>do</i> [#] ou <i>ré</i> ^b	34,65	69,30	138,59	277,18	554,37	1108,73	2217,46	4434,92	8 869,84
<i>ré</i>	36,71	73,42	146,83	293,66	587,33	1174,66	2349,32	4698,64	9 397,28
<i>ré</i> [#] ou <i>mi</i> ^b	38,89	77,78	155,56	311,13	622,25	1244,51	2489,02	4978,03	9 956,06
<i>mi</i> ou <i>fa</i> ^b	41,20	82,41	164,81	329,63	659,26	1318,51	2637,02	5274,04	10 548,08
<i>fa</i> ou <i>mi</i> [#]	43,65	87,31	174,61	349,23	698,46	1396,91	2793,83	5587,65	11 175,30
<i>fa</i> [#] ou <i>sol</i> ^b	46,25	92,50	185,00	369,99	739,99	1479,98	2959,96	5919,91	11 839,82
<i>sol</i>	49,00	98,00	196,00	392,00	783,99	1567,98	3135,96	6271,93	12 543,86
<i>sol</i> [#] ou <i>la</i> ^b	51,91	103,83	207,65	415,30	830,61	1661,22	3322,44	6644,88	13 289,76
<i>la</i>	55,00	110,00	220,00	440,00	880,00	1760,00	3520,00	7040,00	14 080,00
<i>la</i> [#] ou <i>si</i> ^b	58,27	116,54	233,08	466,16	932,33	1864,66	3729,31	7458,62	14 917,24
<i>si</i> ou <i>do</i> ^b	61,74	123,47	246,94	493,88	987,77	1975,53	3951,07	7902,13	15 804,26

5- Pilotage de servomoteurs

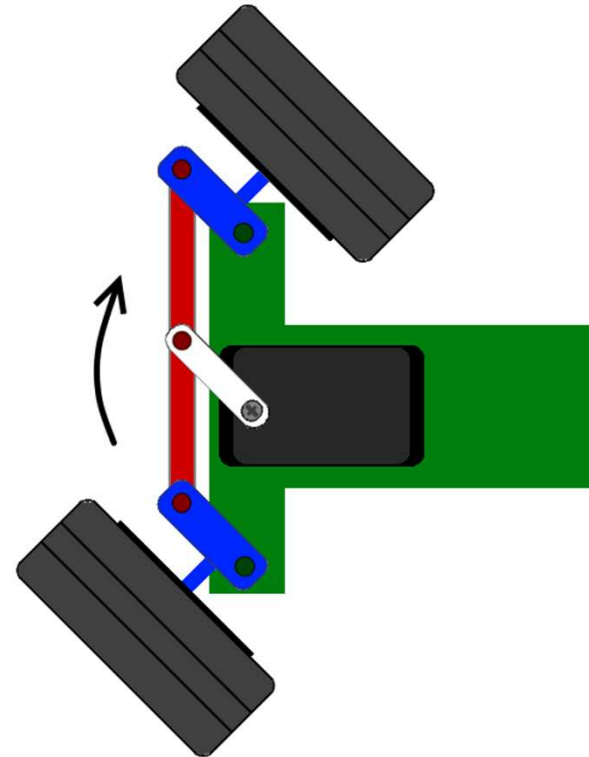
Commande d'un servomoteur (génération de mouvements)

Exemples de servomoteurs.



Commande d'un servomoteur (génération de mouvements)

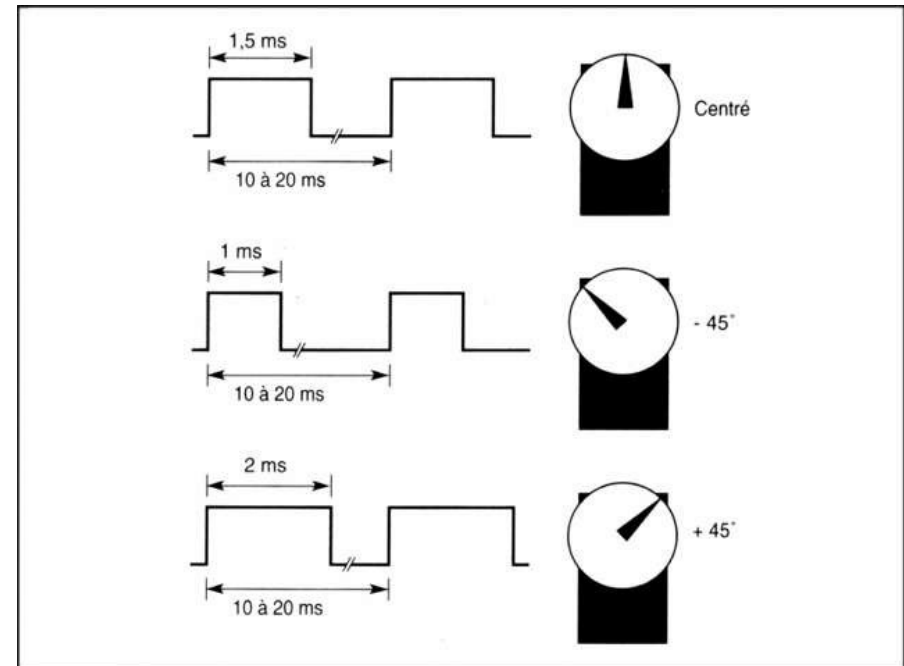
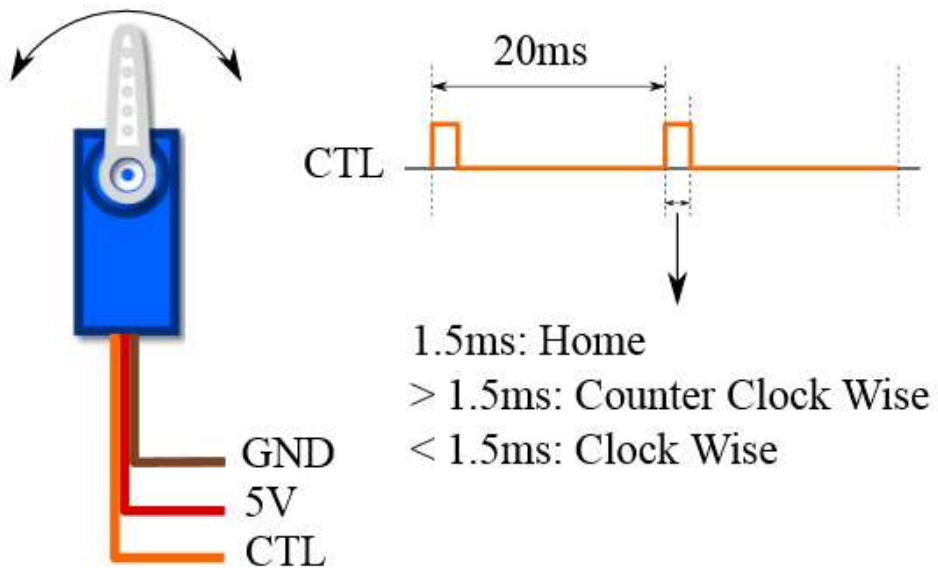
Exemple d'utilisation d'un servomoteur :
contrôle de la direction d'un véhicule.



Commande d'un servomoteur (génération de mouvements)

Le servomoteur se commande par un signal PWM.

Principe de fonctionnement




Commande d'un servomoteur (génération de mouvements)

1. Caractéristique du Servo-moteur SG90

SG90	
Torque	25.0 oz-in (1.80 kg.cm) at 4.8V
Speed	0.1sec/60° (4.8V)
Voltage	4.0V to 7.2V, 4.6V - 5.2V nominal
Running current with 5V supply (no mechanical load)	220 ±50mA
Stall current with 5V supply (horn locked)	650 ±80mA
Idle current with 5V supply	6 ±10mA
Dimensions	0.91in x 0.48in x 1.14in (23mm x 12.2mm x 29mm)
Weight	0.32oz (9g)
Dead band width	10µs
Operating Temperature range	-22°F to 140°F (-30°C to 60°C)
Universal "S" type connector fits most receivers	

Ground
+V, Power
Signal

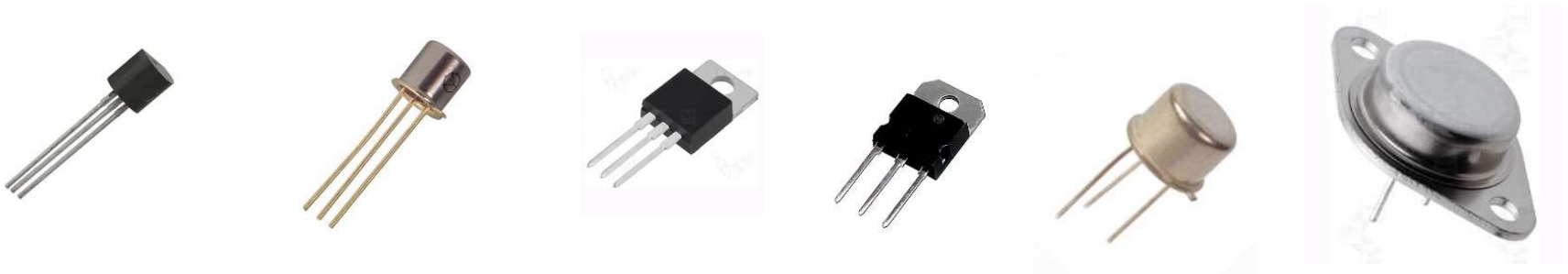


5- Commande de charges résistives de forte puissance

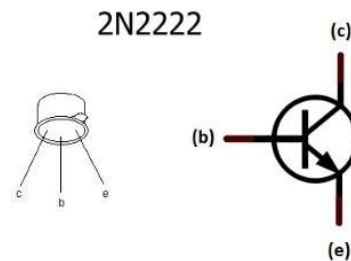
Commande de charges résistives de forte puissance

Souvent, le concepteur aura à piloter des dispositifs (ou charges) nécessitant une tension plus élevées et des courant bien supérieurs à ceux délivrés par le microcontrôleur. Il est alors nécessaire d'utiliser un dispositif d'amplification pour permettre le pilotage de ces charges à l'aide de la faible puissance fournie par le microcontrôleur. Plusieurs composants d'amplification peuvent être utilisés tels que des transistors bipolaires ou des MOSFETs.

Interfaçage à l'aide d'un transistor bipolaire

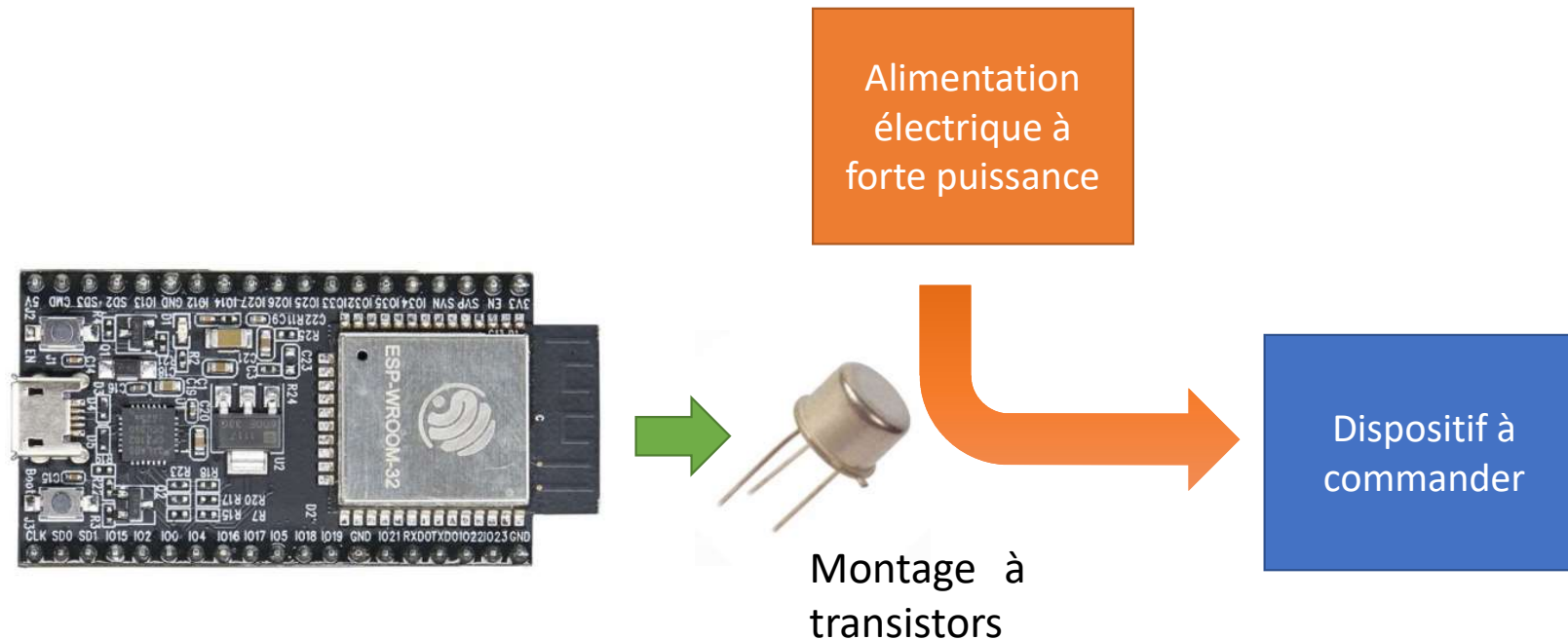


Exemples de boîtiers de transistors



Brochage du transistor bipolaire 2N2222

Interfaçage à l'aide d'un transistor bipolaire

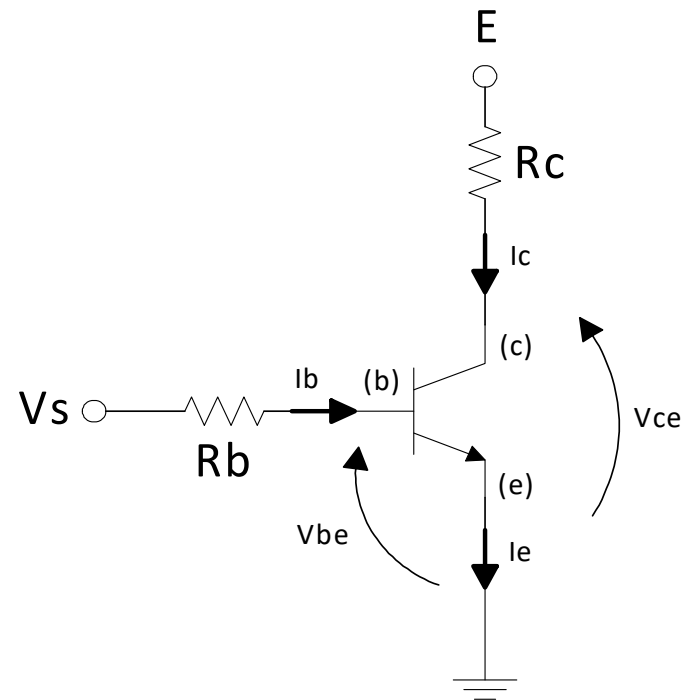


Le montage à transistor permet au microcontrôleur de contrôler l'alimentation du dispositif par l'alimentation à forte puissance.

Interfaçage à l'aide d'un transistor bipolaire

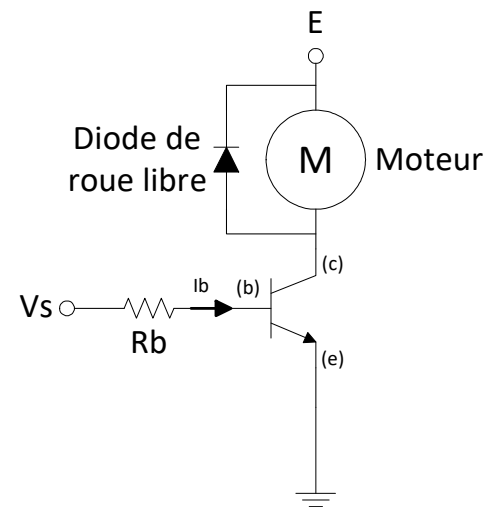
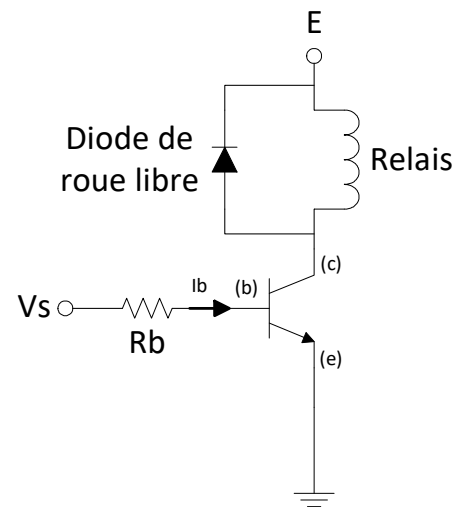
$$I_b + I_c = I_e$$

$$I_c = \beta \cdot I_b$$



6- Commande de charges inductives de forte puissance

Commande de charges inductives



7- Commande d'actionneurs de forte puissance à l'aide d'un relais

Commande d'actionneurs de force puissance à l'aide d'un relais

Problématique :

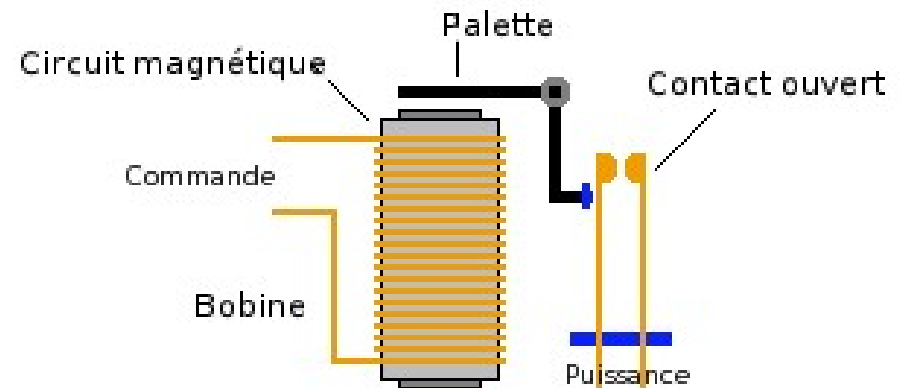
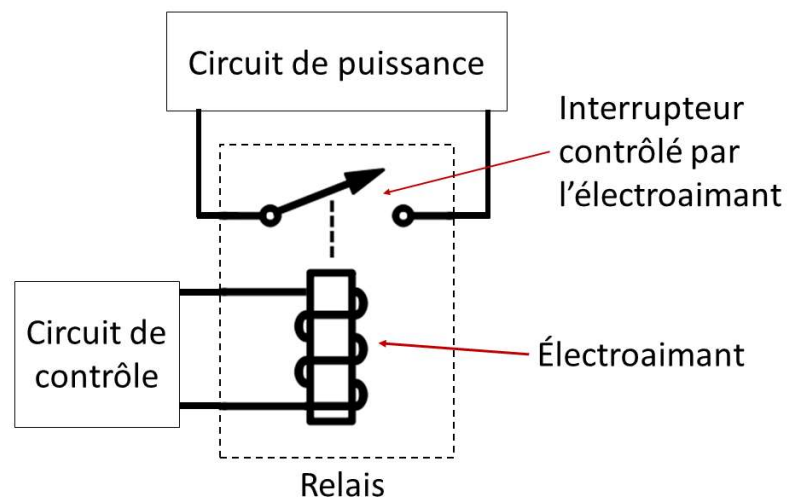
Comment piloter des dispositifs à forte puissance (machines, moteurs, appareils électroménagers, électrovannes, serrures, vérins, etc.) à partir de la très faible puissance disponible en sortie d'une broche d'un microcontrôleur (par exemple ESP32) ?

Il convient de trouver un moyen de « coupler » le circuit à faible puissance du microcontrôleur avec le circuit à forte puissance du dispositif à commande avec pour contraintes :

- la fiabilité,
- la sécurité,
- la flexibilité.

Commande d'actionneurs de force puissance à l'aide d'un relais

Une approche possible (parmi d'autres) consiste à utiliser un relais électromécanique. Il permet l'isolation électrique des deux circuits.

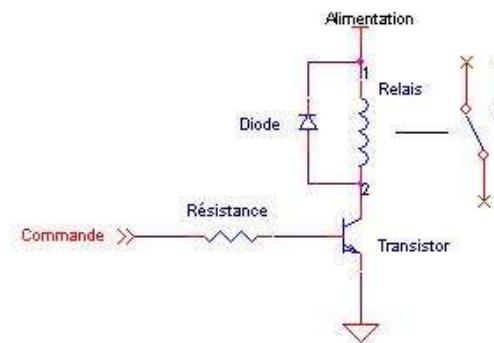
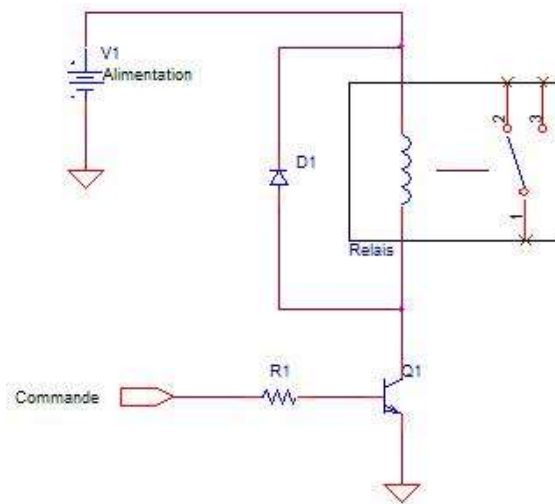


Commande d'actionneurs de force puissance à l'aide d'un relais

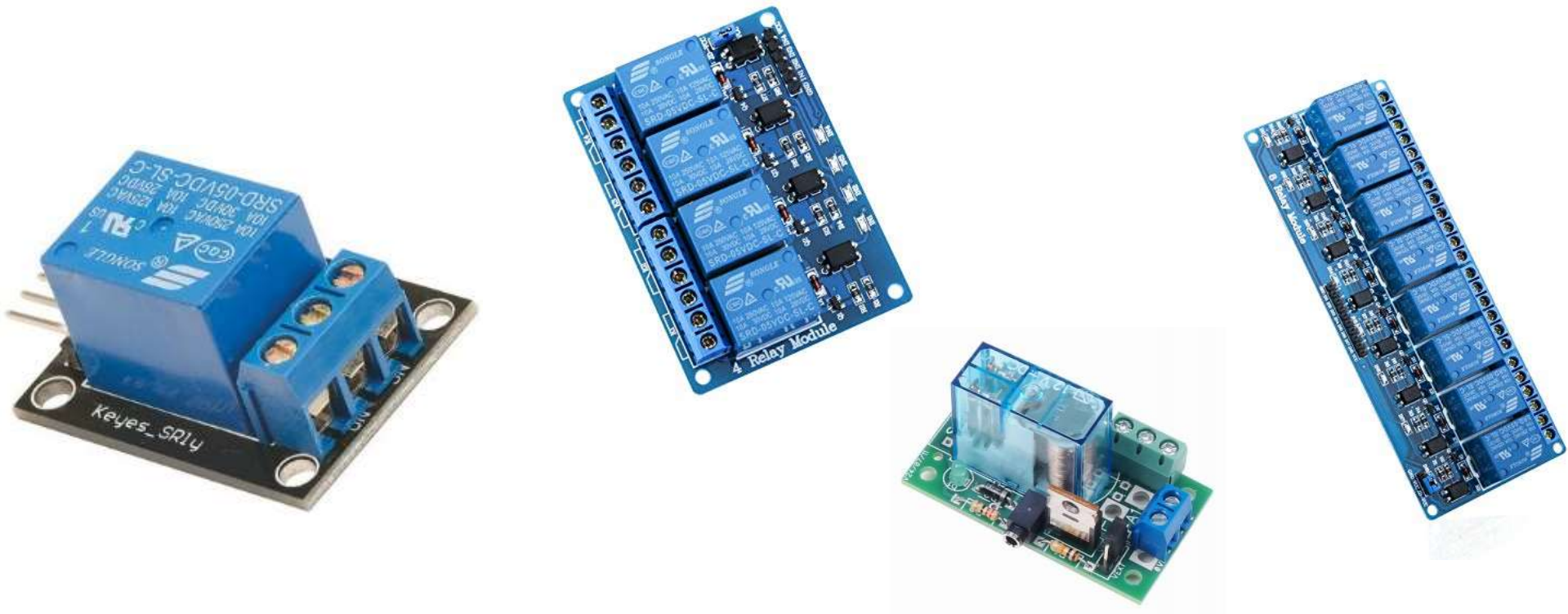
Une approche possible (parmi d'autres) consiste à utiliser un relais électromécanique. Il permet l'isolation électrique des deux circuits.



Commande d'actionneurs de force puissance à l'aide d'un relais



Commande d'actionneurs de force puissance à l'aide d'un relais



Exemple de modules relais prêt à être commandés par un microcontrôleur.

Expérimentations