

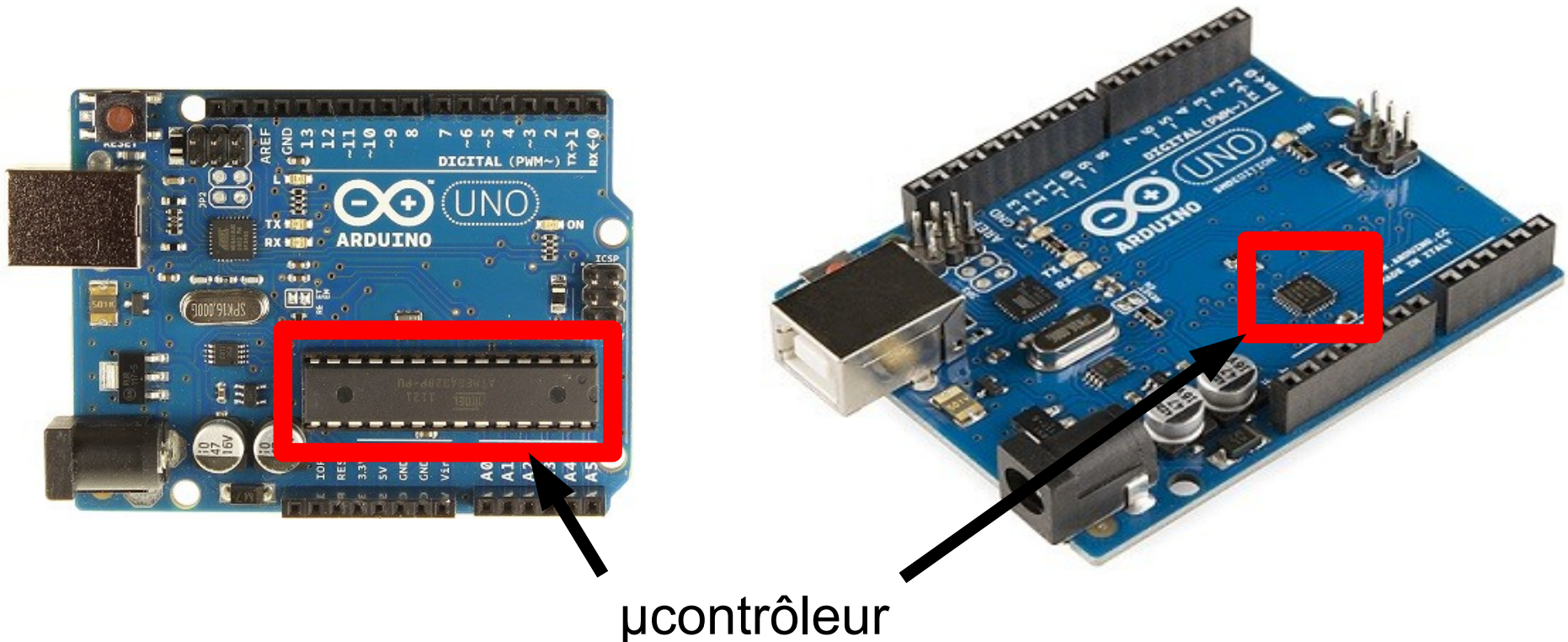
Informatique embarquée

Arduino et AVR

1. Généralités
2. La connectique
3. Les bases de l'électronique
4. Les composants
5. Quelques circuits de base
6. Capteur, actionneur et microcontrôleur
7. L'Environnement de Développement Intégré (EDI)
8. Tutoriaux

Généralités

Arduino est un **circuit imprimé** sur lequel se trouve un **microcontrôleur**



Arduino existe en plusieurs versions :

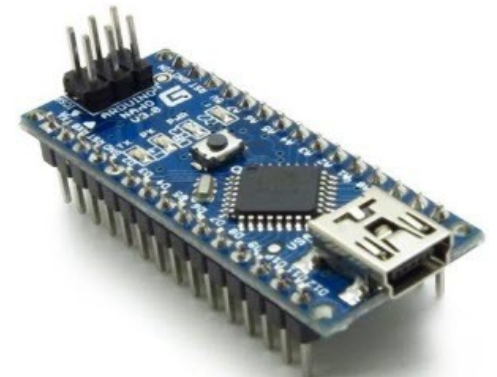
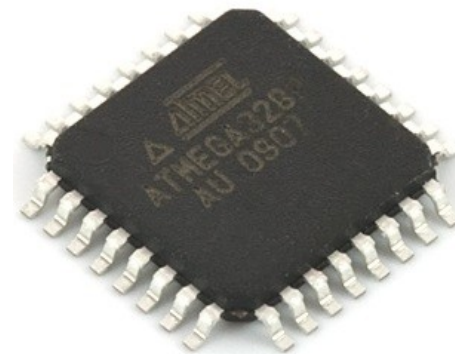
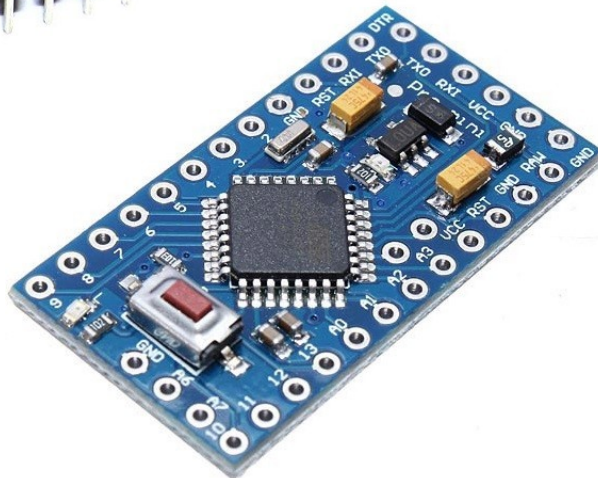
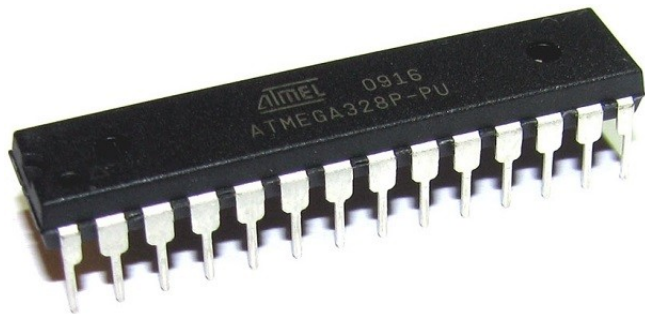


La version *UNO* est la moins chère et suffit largement à une utilisation "classique";

Sur cette version le microcontrôleur est un ATmega 328P-PU

C'est un microcontrôleur développé par la société *ATMEL*

Il existe sous plusieurs formes:



La série ATmega 328p-pu comprend plusieurs microcontrôleurs :

- ATmega 48 ;
- ATmega 88 ;
- ATmega 168 ;
- ATmega 328 ;

Ces microcontrôleurs ont les caractéristiques suivantes:

| Microcontrôleur | Flash | EEPROM | RAM |
|-----------------|-------|------------|------------|
| ATmega 48 | 4Ko | 256 octets | 512 octets |
| ATmega 88 | 8Ko | 512 octets | 1Ko |
| ATmega 168 | 16Ko | 512 octets | 1Ko |
| ATmega 328 | 32Ko | 1Ko | 2Ko |

Avantages :

L'intérêt est de pouvoir faire des montages électroniques pilotés par un langage de programmation;

L'électronique programmée permet de simplifier les schémas électroniques et donc de baisser les coûts de réalisation et de conception.

Difficultés :

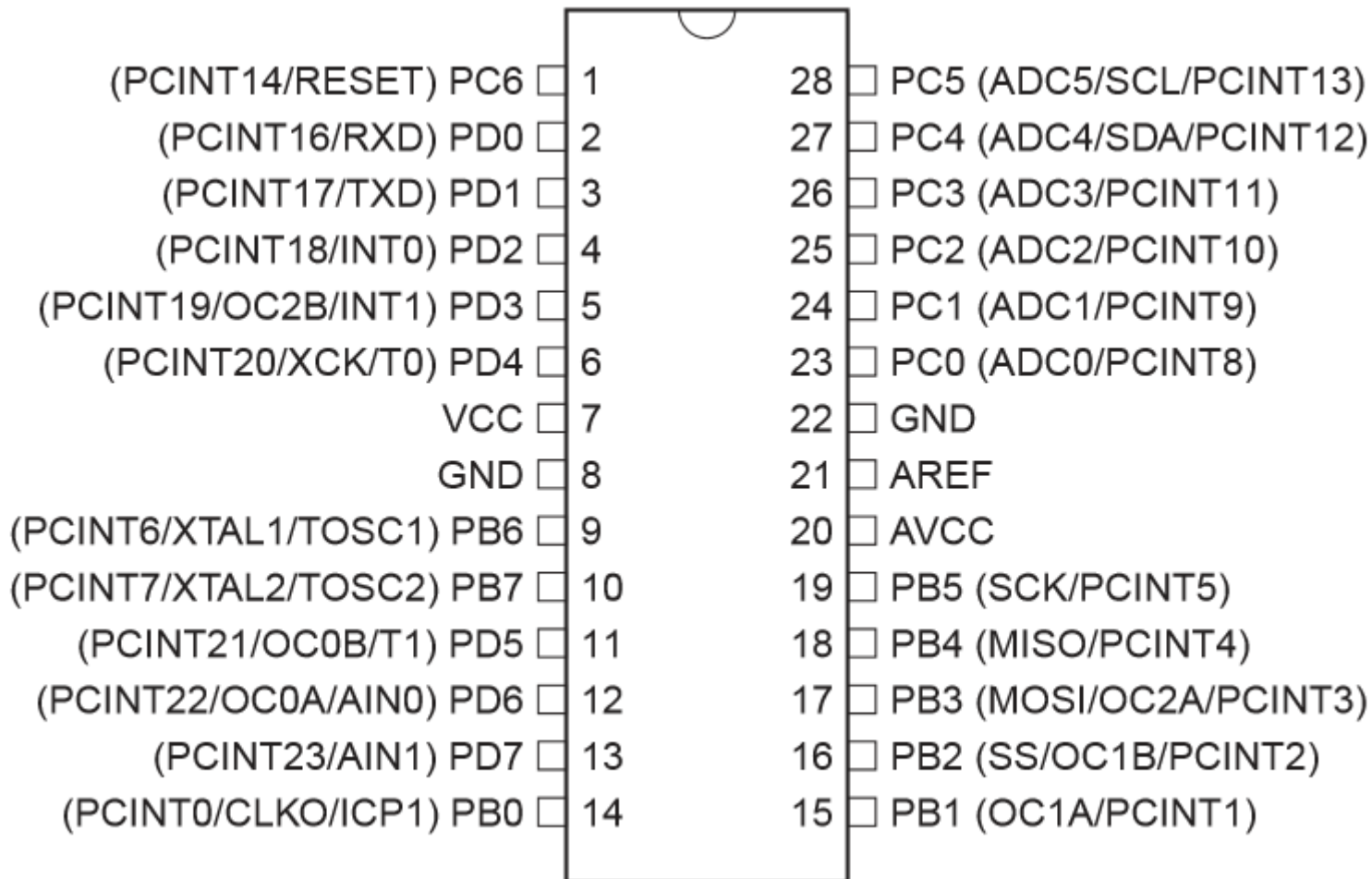
L'utilité est mal perçue lorsque l'on débute;

Cela demande de maîtriser la programmation ainsi que l'électronique;

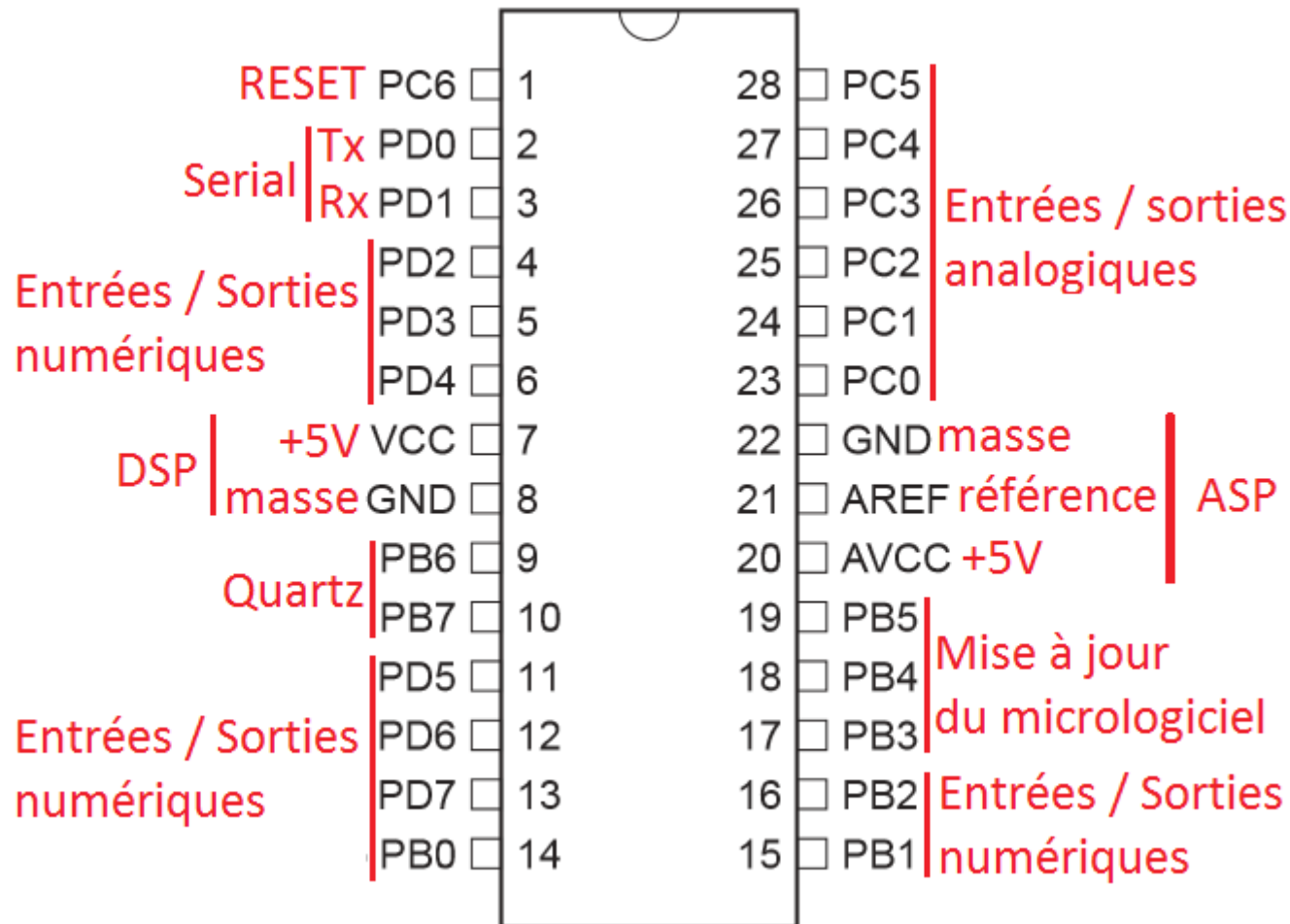
La programmation embarquée est plus complexe car les ressources sont limitées...

La connectique

Intéressons-nous de plus près à l'ATmega 328P-PU :



Après analyse et simplification, cela donne :



Pour résumer :

- 1 alimentation pour le codec numérique;
- 9 entrées / sorties numériques;
- 1 alimentation + référence pour le codec analogique;
- 6 entrées / sorties analogiques;
- 1 entrée + 1 sortie oscillateur (20 Mhz);
- 1 "port" série (Universal Asynchronous Receiver Transmitter);
- 3 lignes pour mettre à jour le micrologiciel (BIOS);
- 1 ligne pour le RESET.

Les bases de l'électronique

Pour comprendre les éléments de mesure de base de l'électricité, il est intéressant de faire l'analogie avec le système hydraulique suivant :

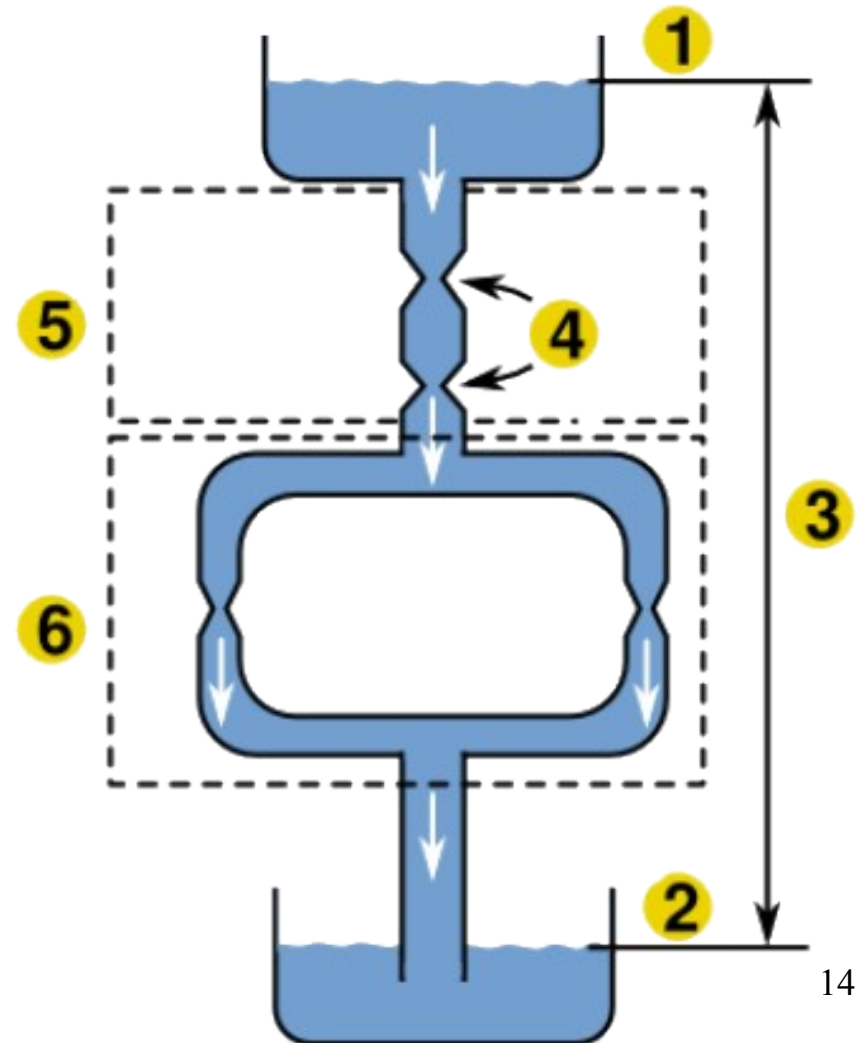
1 et 2 → ce système est composé de deux bassins reliés par des tubes ;

4 → ces tubes possèdent des composants réducteurs qui modifient le débit de l'eau ;

5 → les composants réducteurs sont placés en série ;

6 → les composants réducteurs sont placés en dérivation ;

3 → la différence de potentiel entraîne l'eau vers le bas.



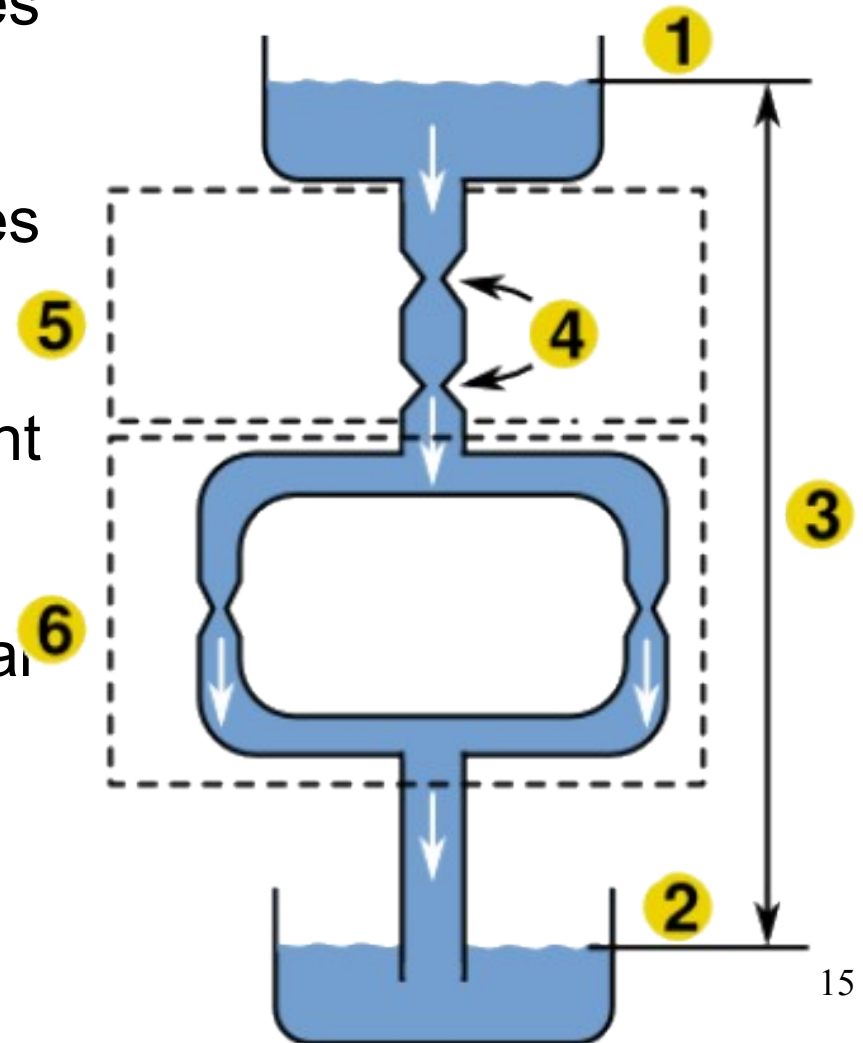
Tension, potentiel et volts :

Nos deux bassins sont à des altitudes différentes : **le potentiel électrique**

La différence entre les deux altitudes (dénivelé) est appelée **tension**

La **tension** et le **potentiel** sont exprimé en **volts (V)**

On mesure toujours une altitude par rapport à une référence : **la masse**

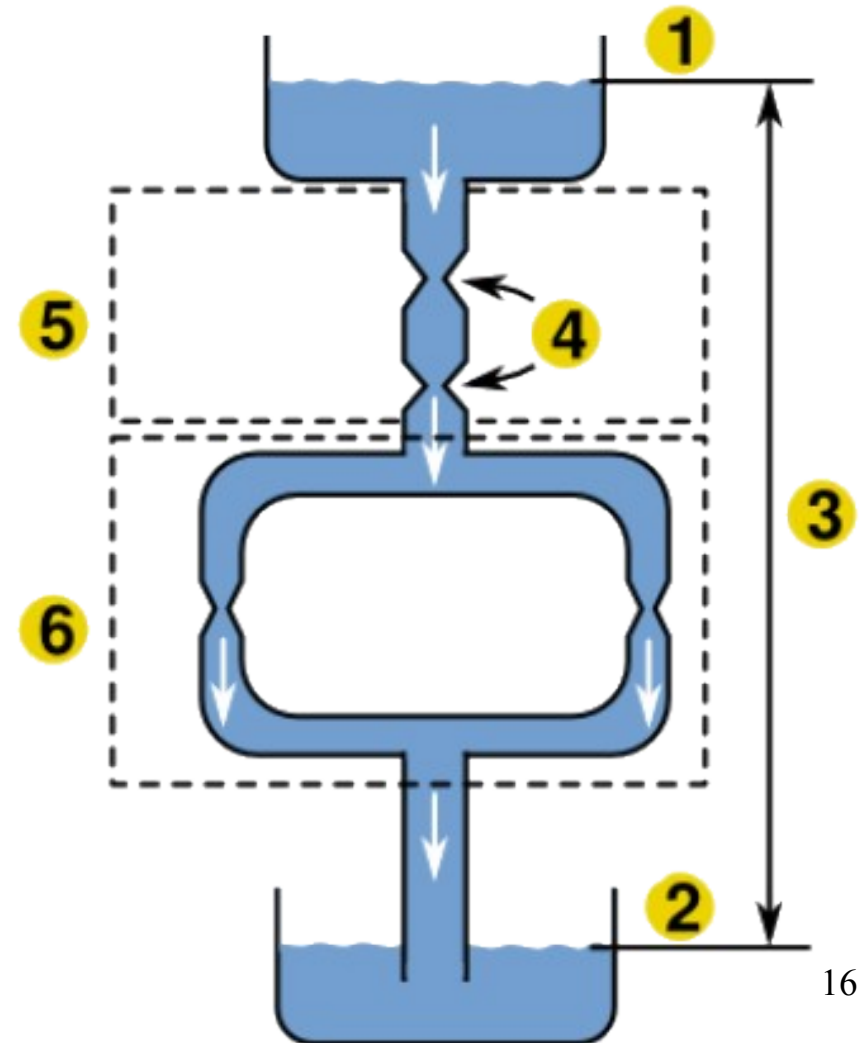


Intensité et ampérage :

La pression générée par le dénivelé provoque un déplacement d'eau.

Le débit correspond au **courant**

Le courant est exprimé en **ampères (A)**



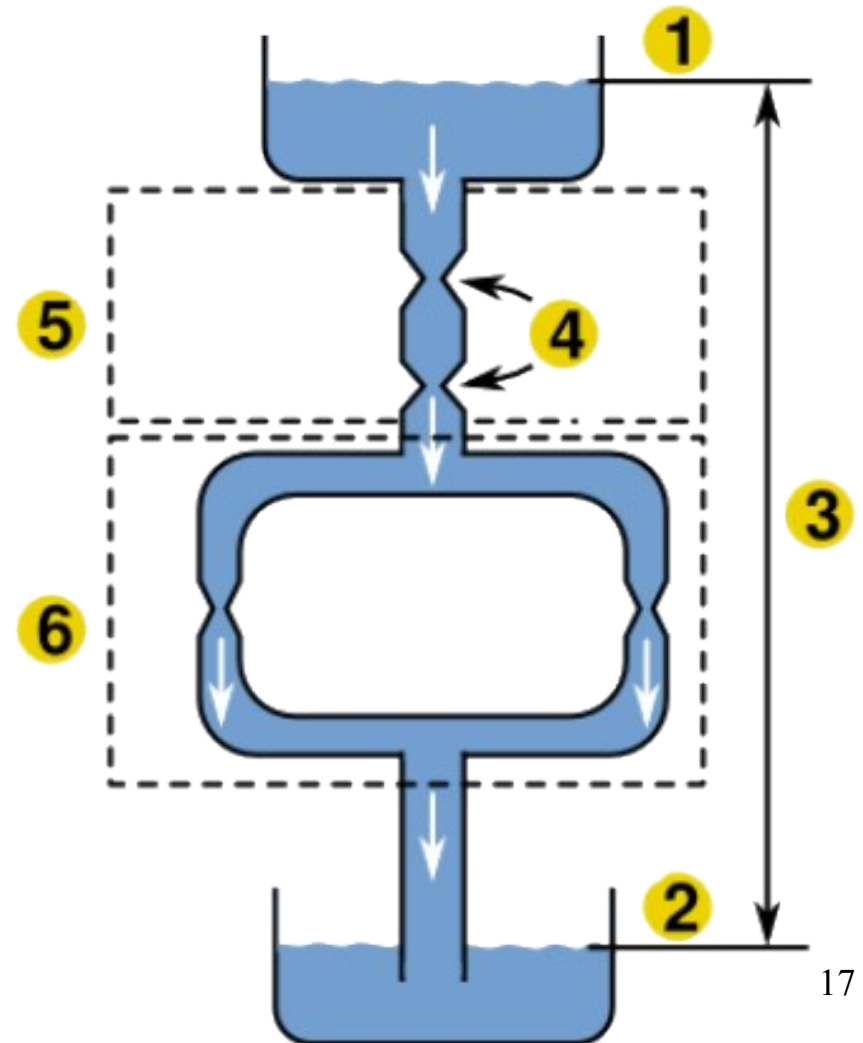
Résistance :

Lorsque l'eau passe dans un composant réducteur, une quantité moindre circule

Ce rétrécissement crée une **résistance**

La pression n'a pas changé, c'est le débit qui est modifié

La résistance est exprimé en **Ohms** (Ω)



Tension, résistance et intensité :

Ces trois grandeurs sont liées par la relation suivante :

$$\mathbf{U = R \cdot I}$$

Soit le voltage (U) est égal à la résistance (R) multipliée par le courant (I)

Circuit en parallèle et circuit en série :

On dit qu'un circuit est fermé lorsqu'il a continuité entre les connexions qui lient les composants entre eux.

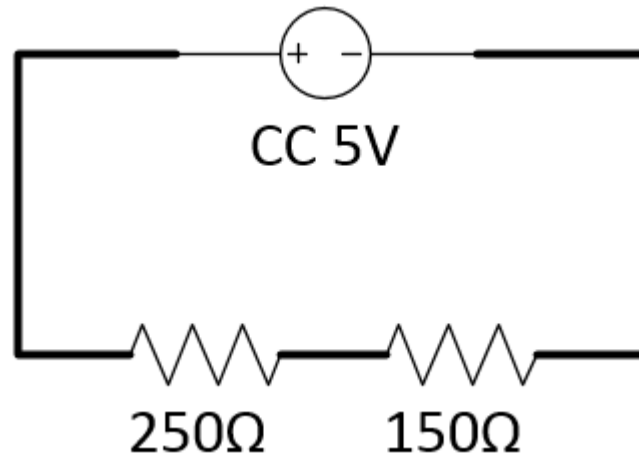
Il est ouvert lorsqu'à un ou plusieurs endroits il y a discontinuité.

Un circuit est en série lorsque les composants qui le composent sont les uns à la suite des autres.

Un circuit est en parallèle lorsque les composants qui le composent se trouvent sur des branches séparées

Circuit en série :

Prenons l'exemple suivant :

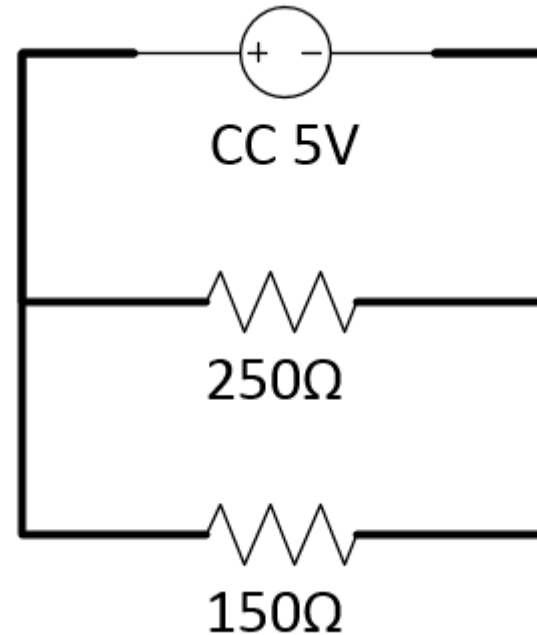


Dans ce circuit, les résistances s'additionnent, ce qui donne 400Ω

L'intensité est de : $I = \frac{U}{R} = \frac{5}{400} = 12,5 \text{ mA}$

Circuit en parallèle :

Prenons l'exemple suivant :



Dans ce circuit, le courant se partage, ce qui donne :

$$I_1 = \frac{U}{R} = \frac{5}{250} = 20 \text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{U}{R} = \frac{5}{150} = 33 \text{ mA}$$

$$I = I_1 + I_2 = 53 \text{ mA}$$

Les différents types de courants :

- AC → « Alternative Current » / « courant alternatif »
- DC → « Direct Current » / « courant continu »

Courant alternatif :

Le courant alternatif change de direction de manière périodique.
Sa fréquence sur le réseau EDF est de 50Hz (50 changements par secondes).

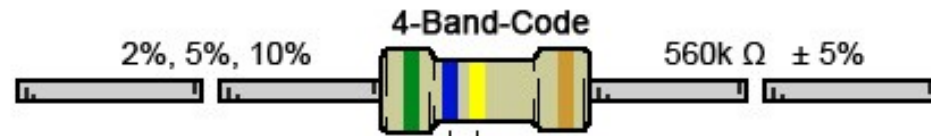
Courant continu :

C'est un courant qui ne varie pas.
Il peut venir d'une pile ou d'un circuit de redressement quand la source est un courant alternatif.

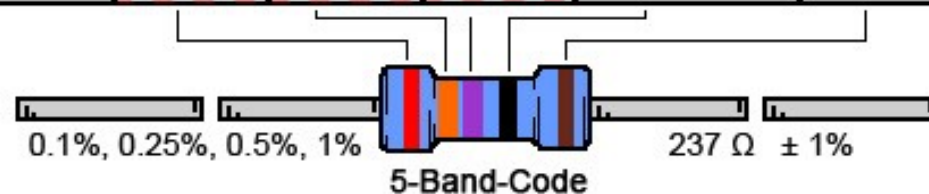
Les composants

La résistance :

Son rôle est de provoquer un courant, réduire une tension ou créer des circuits plus complexes (filtres).



| COLOR | 1 ST BAND | 2 ND BAND | 3 RD BAND | MULTIPLIER | TOLERANCE |
|--------|----------------------|----------------------|----------------------|------------|-------------|
| Black | 0 | 0 | 0 | 1Ω | |
| Brown | 1 | 1 | 1 | 10Ω | ± 1% (F) |
| Red | 2 | 2 | 2 | 100Ω | ± 2% (G) |
| Orange | 3 | 3 | 3 | 1KΩ | |
| Yellow | 4 | 4 | 4 | 10KΩ | |
| Green | 5 | 5 | 5 | 100KΩ | ± 0.5% (D) |
| Blue | 6 | 6 | 6 | 1MΩ | ± 0.25% (C) |
| Violet | 7 | 7 | 7 | 10MΩ | ± 0.10% (B) |
| Grey | 8 | 8 | 8 | | ± 0.05% |
| White | 9 | 9 | 9 | | |
| Gold | | | | 0.1Ω | ± 5% (J) |
| Silver | | | | 0.01Ω | ± 10% (K) |

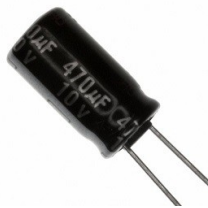


Le condensateur :

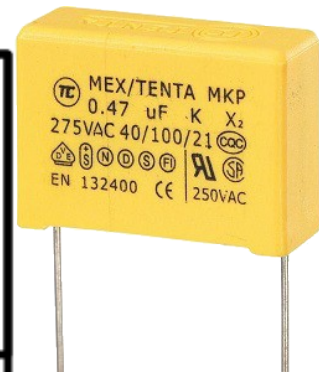
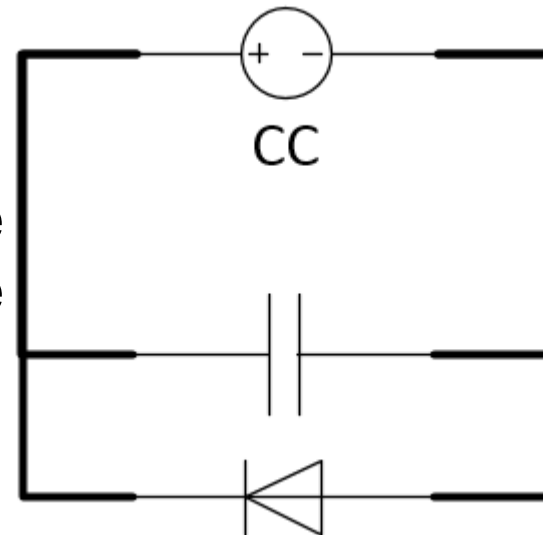
Son rôle est d'emmagasiner une tension comme un réservoir et de la restituer.

Il peut être utilisé pour lisser une tension, comme un amortisseur, lors de la mise sous tension ou l'extinction d'un circuit.

Les condensateurs ont différentes capacités **C**, exprimées en **Farad (F)**.



Il convient de lui adjoindre une diode dite de roue libre, qui permettra lors de l'extinction du circuit, de le vider.

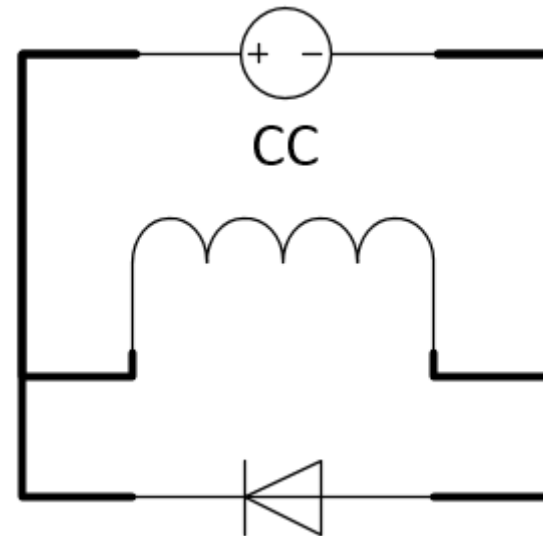


La bobine :

C'est un enroulement de fil conducteur qui a pour but de filtrer un courant, générer un champ magnétique (électroaimant) ou amplifier un signal radio.

Sa valeur caractéristique est l'inductance **L**, exprimée en **Henry**.

Comme pour le condensateur, il convient de lui adjoindre une diode de roue libre qui évacuera la surtension.



La diode :

Composée de deux couches de semi-conducteurs, elle ne laisse passer le courant que dans un sens : de l'anode vers la cathode.

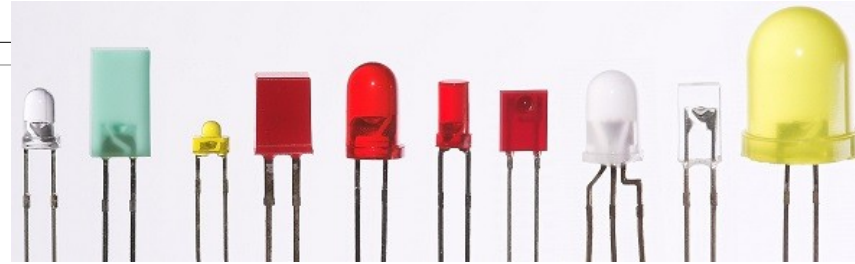
L'anode est la borne + et la cathode est la borne - (représentée par un trait).

On peut aussi l'utiliser pour éliminer la surtension (roue libre).

La cathode est plus courte que l'anode.



La LED :



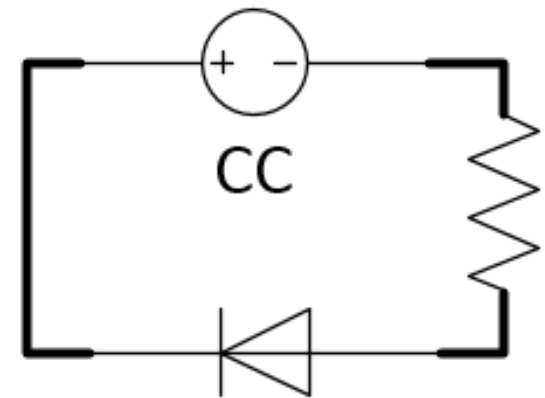
C'est une diode électroluminescente qui s'allume quand elle est traversée par un courant.

Elle permet de visualiser l'état de certains circuits sans consommer beaucoup de courant (entre 6 et 20 mA).

La cathode est plus courte que l'anode.

La LED est caractérisée par sa tension de seuil.

| | Std Rouge | Std Vert | Std Jaune | Std Bleu |
|-----------------|-----------|----------|-----------|----------|
| I led nom. (mA) | 20 | 20 | 20 | 20 |
| V led nom. (V) | 1,6 | 2,1 | 2,1 | 3,6 |
| V alim: 3V | 70 | 45 | 45 | / |
| 5V | 170 | 145 | 145 | 70 |
| 9V | 270 | 245 | 245 | 370 |
| 12V | 510 | 510 | 510 | 430 |



$$R = \frac{(U_{circuit} - U_{led})}{courant}$$

Résistance en fonction
du type de LED

L'interrupteur :

Il ouvre ou ferme un circuit et peut être :

- monostable, c'est à dire qu'il revient à sa position initiale quand on le lâche ;
- bistable, il garde sa dernière position

Il peut être NO (Naturally Open) ou NC (Naturally Close)



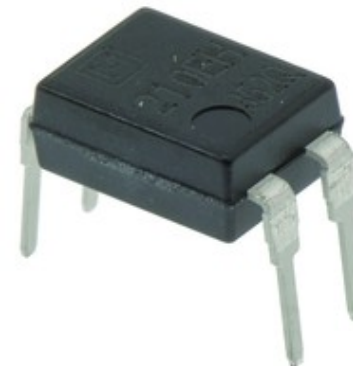
Le relais :

C'est un interrupteur électromécanique qui change de position en fonction d'un électroaimant.

Il est commandé par un signal électrique dans un circuit.

Il est généralement utilisé pour faire le lien entre un circuit de commande et un circuit de puissance.

Comme il contient une bobine, il est nécessaire d'utiliser une diode de roue libre.

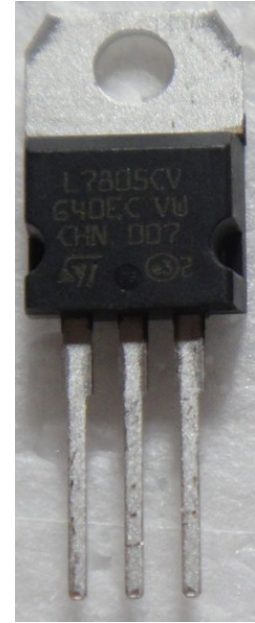


Le régulateur de tension :

C'est un composant électronique qui maintient une tension de sortie constante indépendamment de la tension d'entrée.

Ce composant possède une plage de fonctionnement qui peut être assez large. Si on prend l'exemple du LM7805, la tension d'entrée doit être comprise entre 8 et 20 volts pour que la tension de sortie soit 5 volts.

Le seul problème du régulateur de tension est qu'il restitue une partie de cette énergie sous forme de chaleur, pensez à le refroidir !



Quelques circuits de base

En électronique il existe deux circuits fondamentaux :

- les circuits de commandes ;
- les circuits de puissance.

Le circuit de commande rassemble tous les boutons, microcontrôleurs, capteurs, etc.

Il est généralement alimenté par du 12V voire du 5V avec l'Arduino.

Le circuit de puissance alimente les composants nécessitant beaucoup d'énergie. Prenez les précautions nécessaires quand vous utilisez un circuit de puissance car à partir de 50V, la tension peut être mortelle.

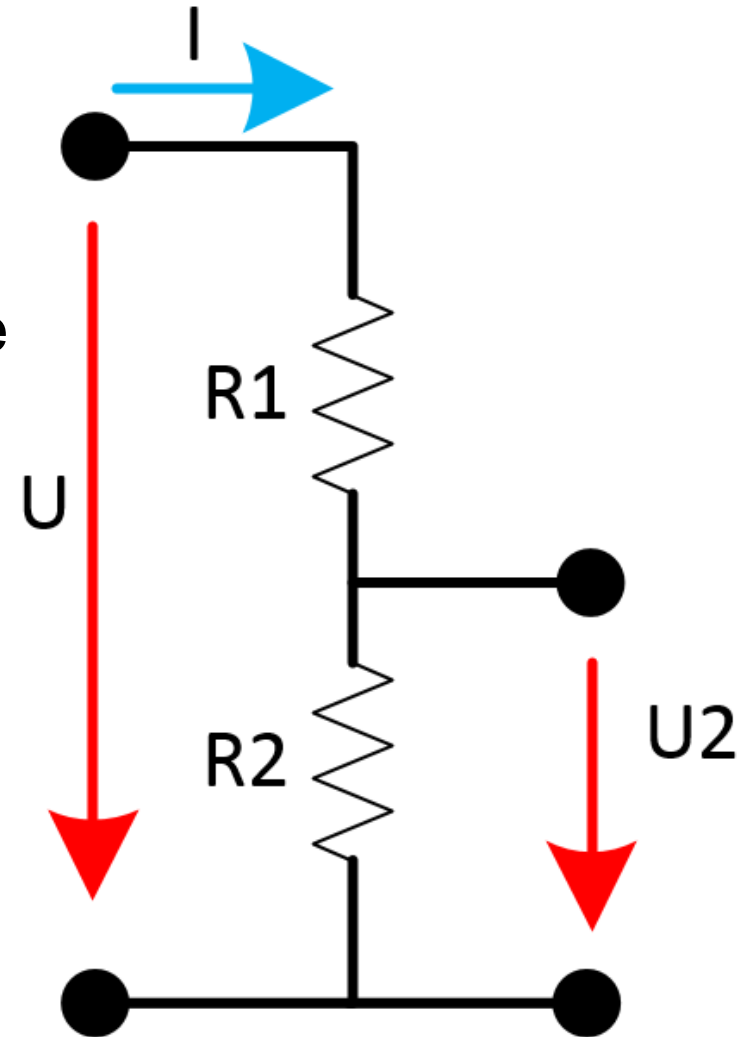
Ces deux circuits sont montés de manière indépendante, seulement il faut que leurs masses soit reliées pour que le potentiel de référence soit le même.

Le pont diviseur de tension :

Circuit très utile pour réduire une tension.

La tension aux bornes de R2 suit la règle suivante :

$$U_2 = U \times \left(\frac{R_2}{R_2 + R_1} \right)$$



Le pont diviseur de tension :

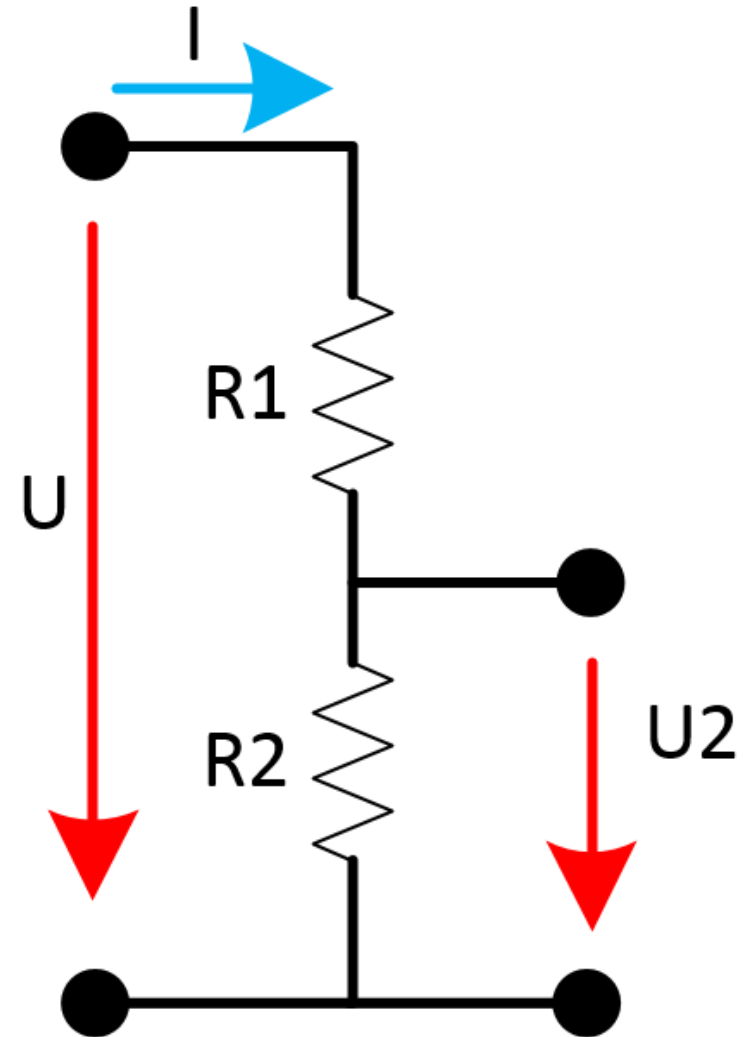
Si l'on veut passer d'un adaptateur 12v à une tension de 5v pour alimenter notre ATmega, prenons le rapport qu'il y a entre 12 et 5 : 2,4.

Alors : $12 = 2,4 \times 5$

Donc : $5 = \frac{1}{2,4} \times 12$

Il suffit de trouver des résistances qui apporteront le même rapport, par exemple 1400Ω pour R1 et 1000Ω pour R2 :

$$U_2 = 12 \times \left(\frac{1000}{(1000 + 1400)} \right) = 12 \times 0,416 = 5$$

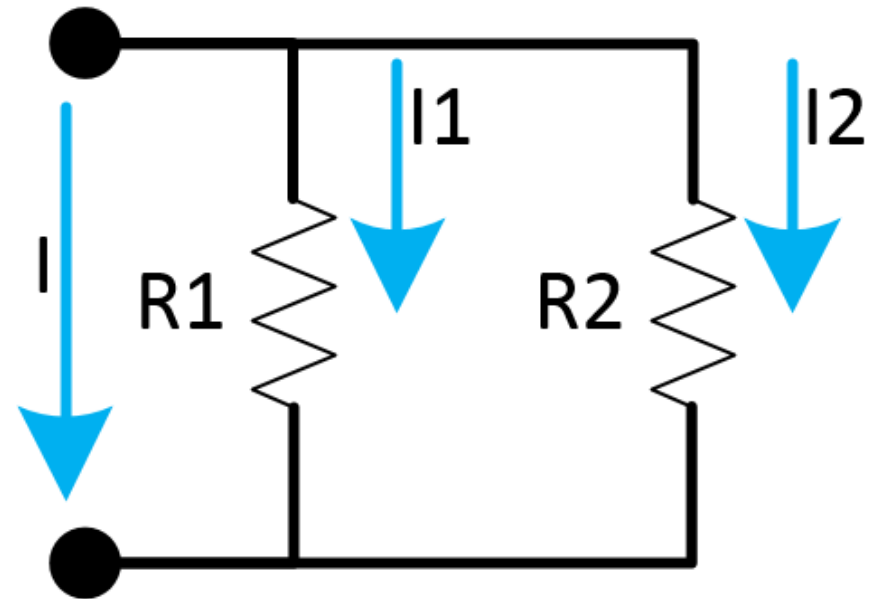


Le pont diviseur de courant :

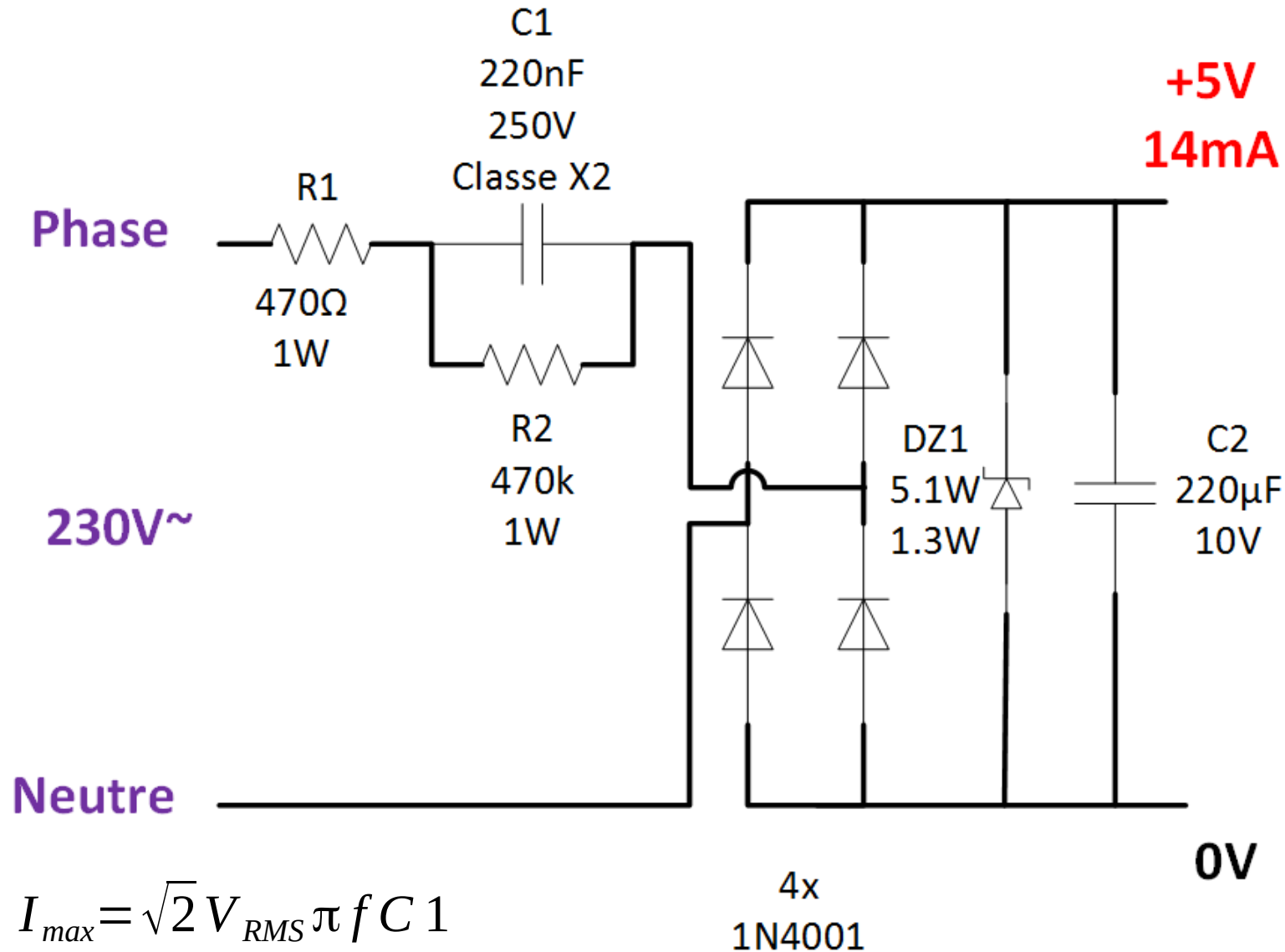
Même principe que pour la tension mais cette fois-ci avec le courant.

On branche deux résistances en parallèle pour que le courant se partage dans chacune des branches proportionnellement à la valeur des résistances :

$$I_1 = I \times \left(\frac{R_2}{R_2 + R_1} \right)$$



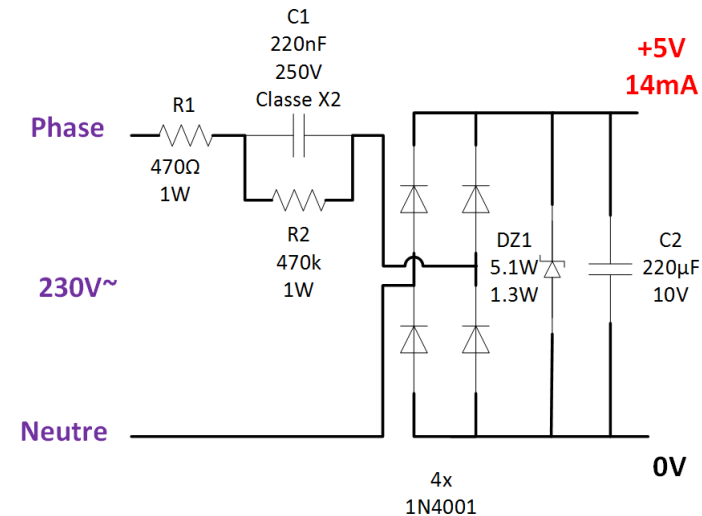
L'alimentation capacitive :



L'alimentation capacitive :

Avantages :

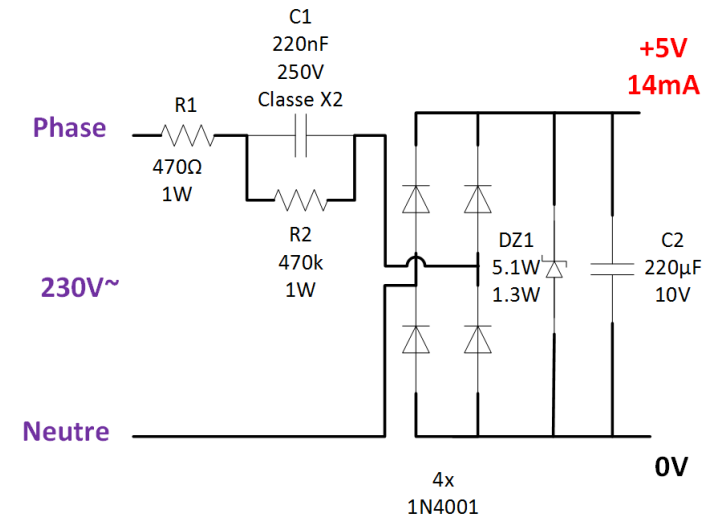
- Plus économique ;
- Plus petite qu'une alimentation à transformateur ;
- Pas de dissipation de chaleur dans la capacité chutrice C1 ;
- Aucun danger en cas de court-circuit de la sortie ;
- +40% de courant et -50% d'ondulation avec pont de diodes.



L'alimentation capacitive :

Inconvénients :

- courant de sortie limité à 50mA.
- pas d'isolation électrique entre secteur et sortie ;



Capteur, actionneur et microcontrôleur

Les capteurs :

Une fois connectés à l'Arduino, les capteurs peuvent fournir des informations sur le monde extérieur en saisissant des grandeurs physiques.

Ces informations sont traduites au format numérique et on peut ainsi capter des phénomènes physiques tel que la lumière, le vent, la température, la pression, la distance, ...

Les capteurs sont répartis en deux familles, les capteurs logiques et les capteurs analogiques.

Le capteur logique renvoie deux états 0 ou 1 (eg. un clavier est une matrice de capteur logique) alors que le capteur analogique renvoie une valeur proportionnelle à la grandeur mesurée.

Les actionneurs :

Ce sont des composants matériels qui permettent d'agir sur le monde extérieur.

Ils permettent de convertir une valeur numérique en phénomène physique.

Les moteurs, lumières, électroaimants, LEDs, thermistances, etc... sont autant d'exemples d'actionneurs.

Le microcontrôleur :

Regardons de plus près notre platine Arduino.

- Interface USB/série : permet d'établir la communication entre le microcontrôleur et l'ordinateur. Cette interface est utilisée pour "pousser" un programme ou échanger des informations avec un programme exécuté par l'ATmega.
- Alimentation : on peut alimenter le montage avec le port USB (5v) ou en branchant un chargeur ou une pile pour faire fonctionner le montage de manière autonome.



Le microcontrôleur :

- Les entrées / sorties analogiques :

Elles permettent de mesurer une tension variable (entre 0 V et 5 V) qui peut provenir de capteurs.

- Les entrées / sorties numériques :

Elles permettent de recevoir des '0' et des '1' traduits par des niveaux logiques (0 V ou 5 V).



Le microcontrôleur :

- Les entrées / sorties numériques :

Il est important de s'assurer que le potentiel de l'entrée "au repos" est bien 0 ou 5 V.

Si on laisse l'entrée "libre", son potentiel sera **flottant** en fonction de l'électricité statique ou des perturbations électromagnétiques.

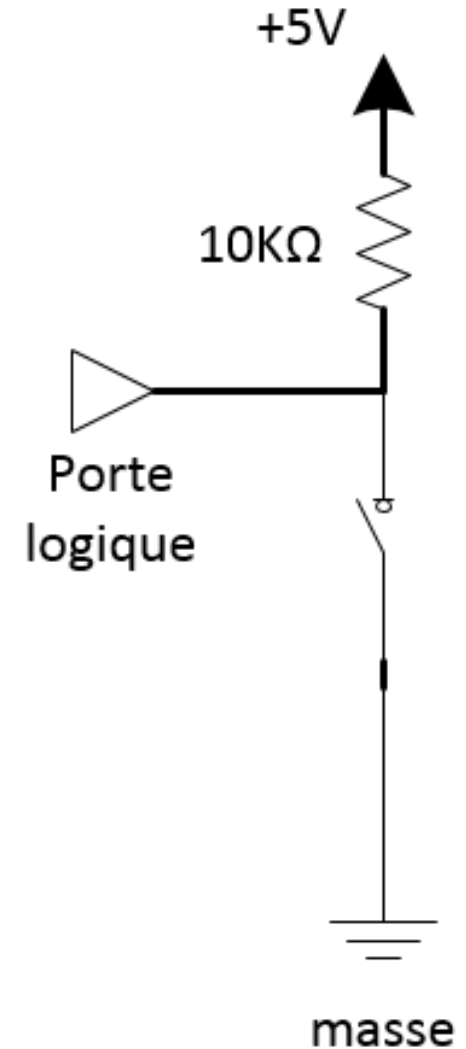
Pour palier à cela, on utilise une résistance qui va soit "tirer" le potentiel vers le haut (5V) soit vers le bas (0V).

On utilise habituellement une résistance de 10K Ω .

Le microcontrôleur :

- Les entrées / sorties numériques :

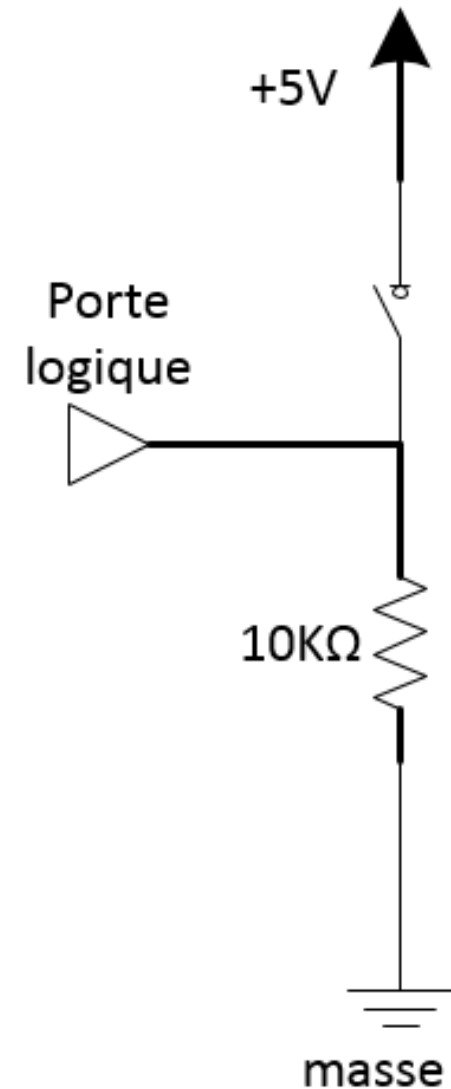
Dans un montage "tiré vers le haut" ou "pull-up", le potentiel de l'entrée au repos est 5 V.



Le microcontrôleur :

- Les entrées / sorties numériques :

Dans un montage "tiré vers le bas" ou "pull-down", le potentiel de l'entrée au repos est 0 V.



Le microcontrôleur :

- In-circuit Serial Programming (ISP) :

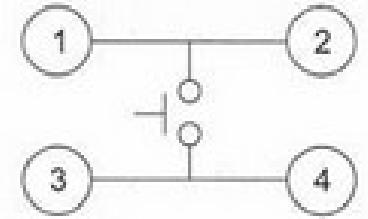
Dans le cas où l'ATmega serait défectueux, il est possible de remplacer la puce par une autre.

Seulement, il faut charger un micrologiciel sur l'ATmega pour le rendre compatible avec l'Arduino.

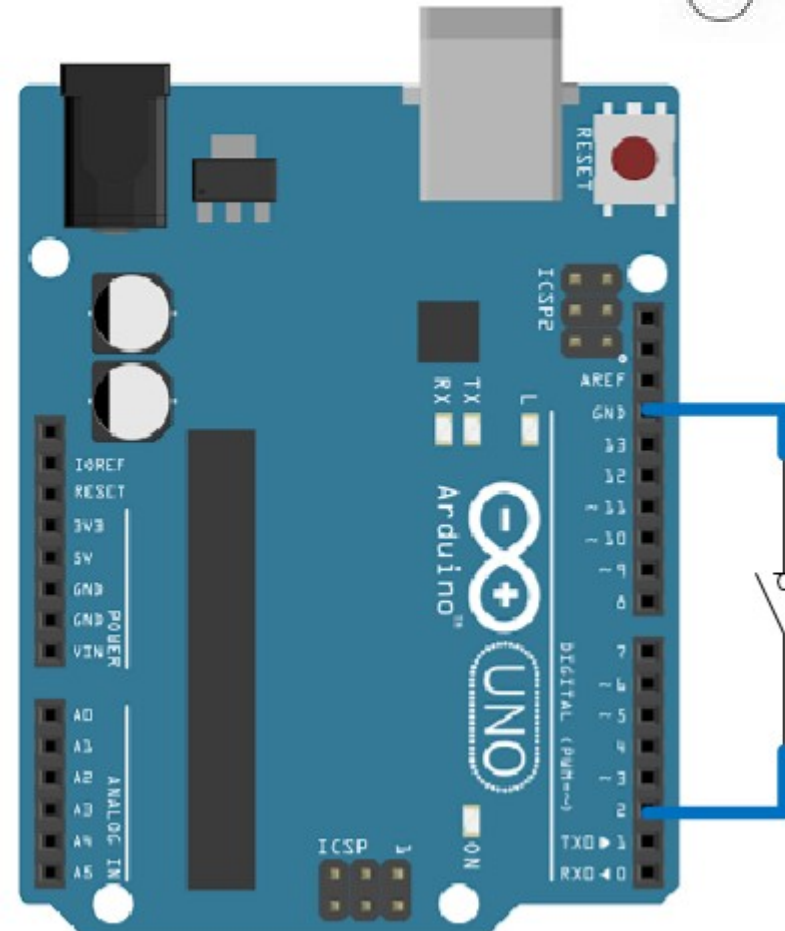
Pour accomplir cela, il faut soit un programmeur ISP soit utiliser une carte Arduino comme programmeur ISP.

L'interrupteur monostable :

Voici le schéma électrique de l'interrupteur monostable :

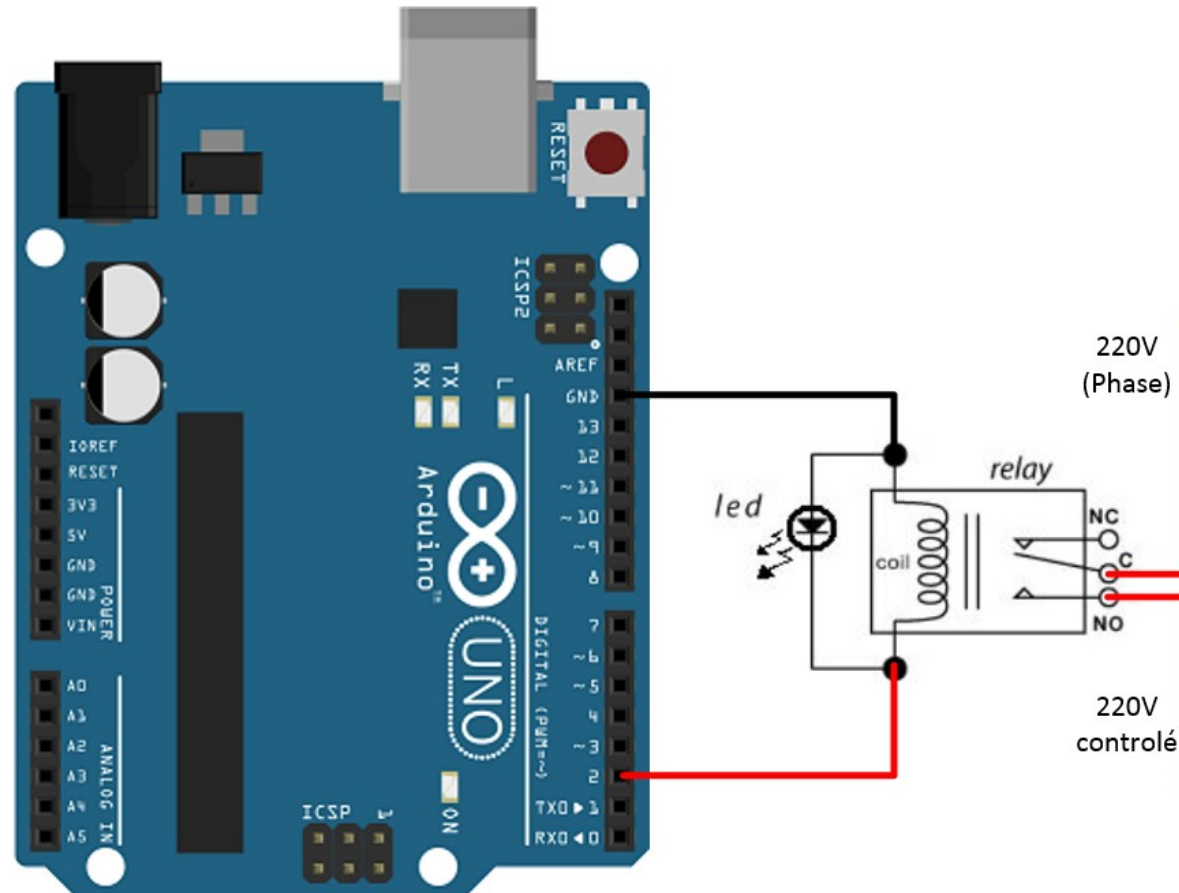


Si on utilise la résistance de pull-up on se retrouve avec le schéma suivant :



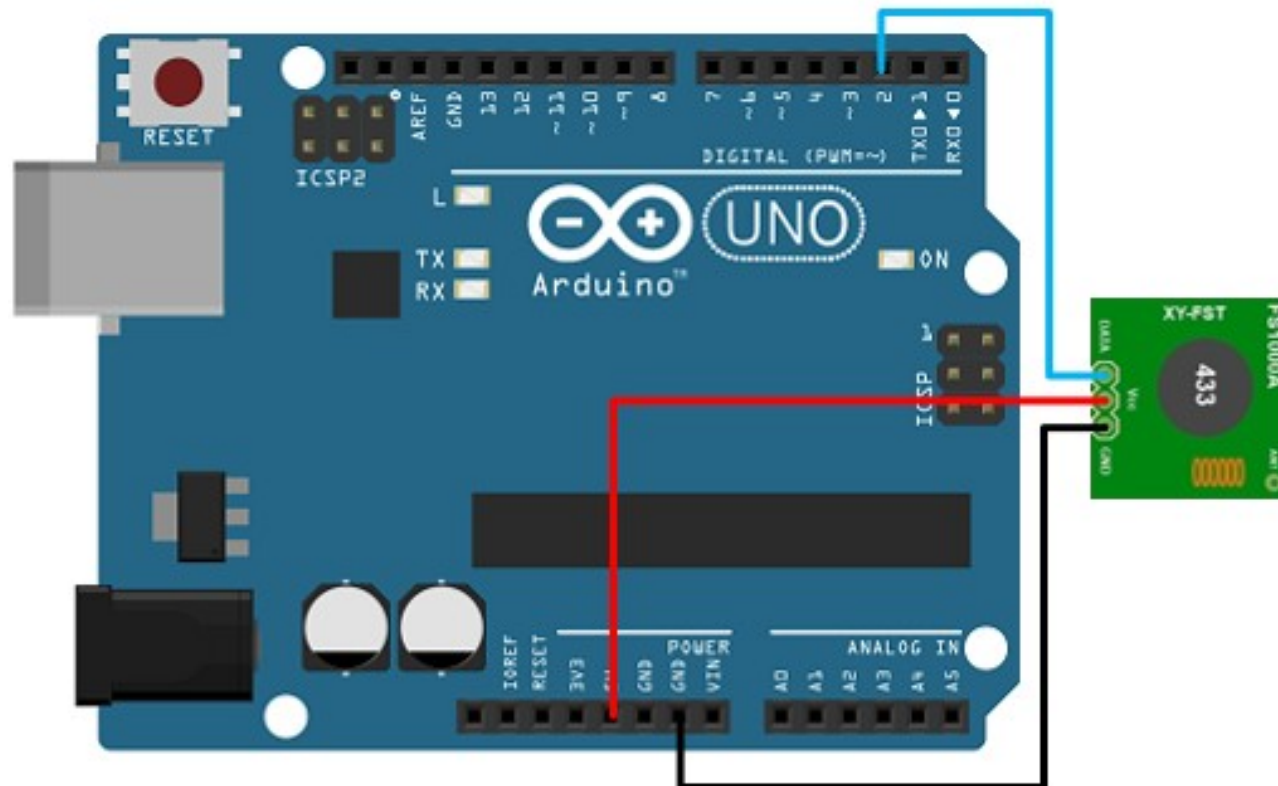
Le relais :

Le relais fait le lien entre le circuit de commande et celui de puissance, n'oubliez pas de mettre une LED de roue libre pour décharger la bobine contenue dans le relais :



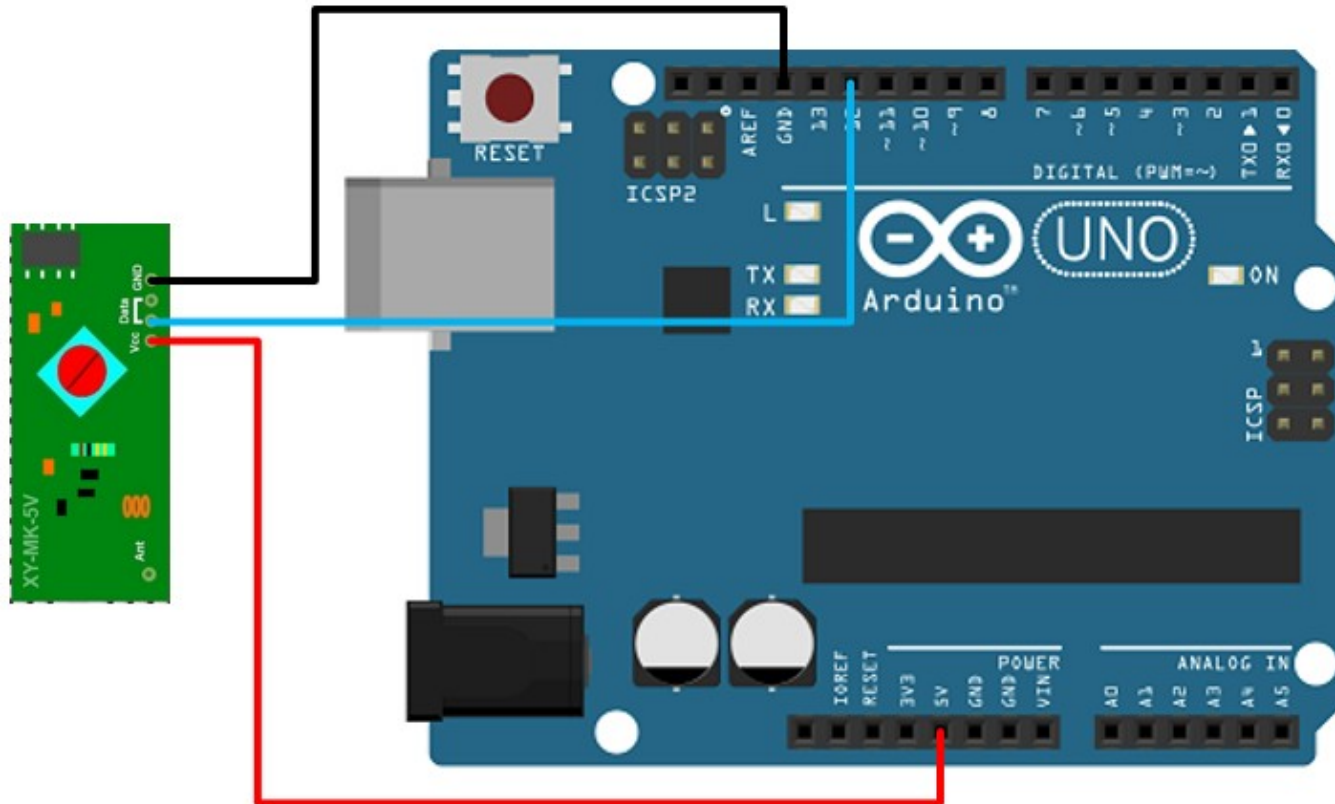
L'émetteur RF433 :

L'émetteur a uniquement besoin du 5V pour pouvoir mélanger les données qui arrivent du port numérique avec la porteuse à 433MHz.



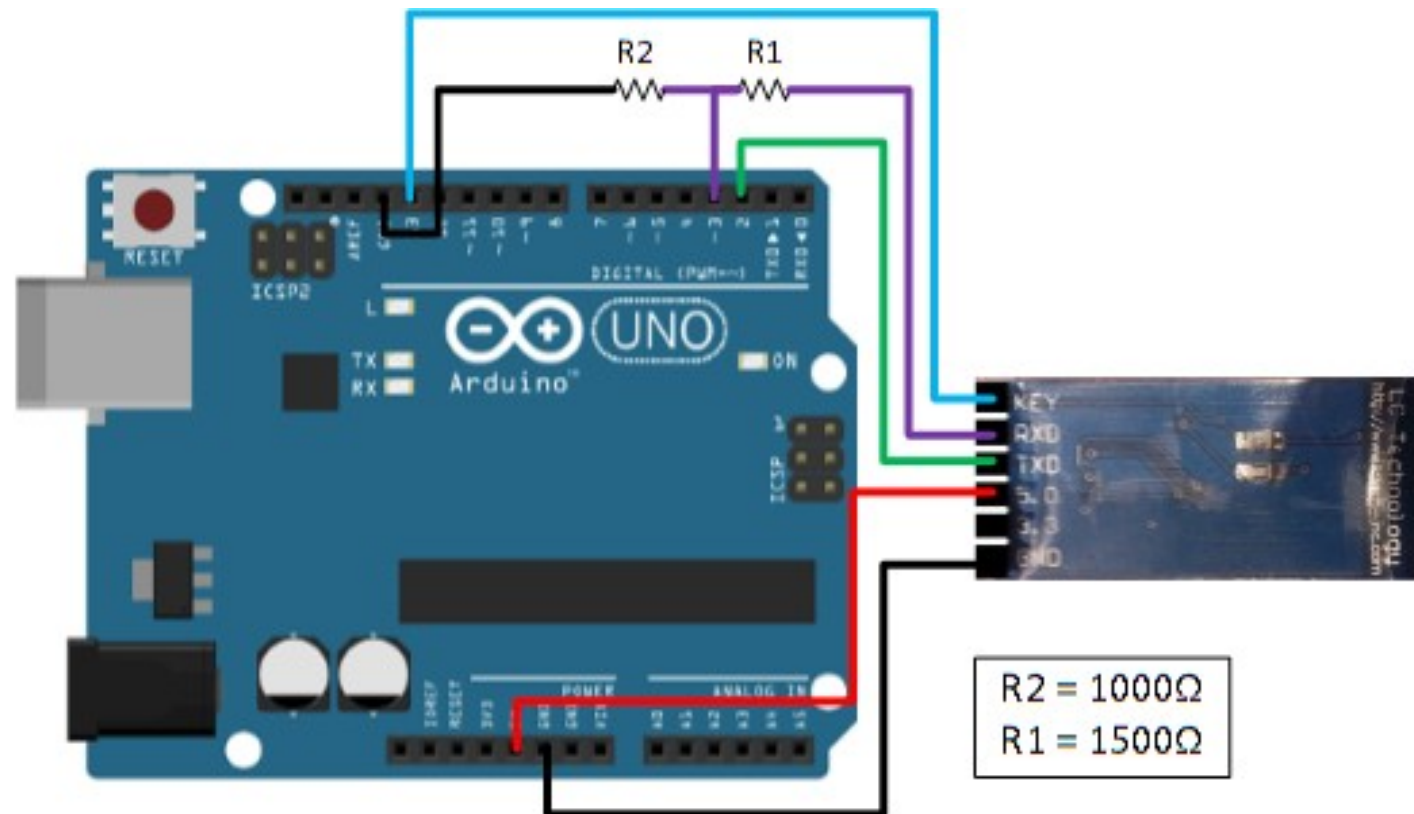
Le récepteur RF433 :

Le récepteur à uniquement besoin du 5V pour pouvoir séparer les données qui arrivent de la porteuse à 433MHz. L'émetteur possède deux ports "DATA" pour pouvoir y ajouter une LED qui clignotera lorsque le module reçoit des données.



Le module Bluetooth :

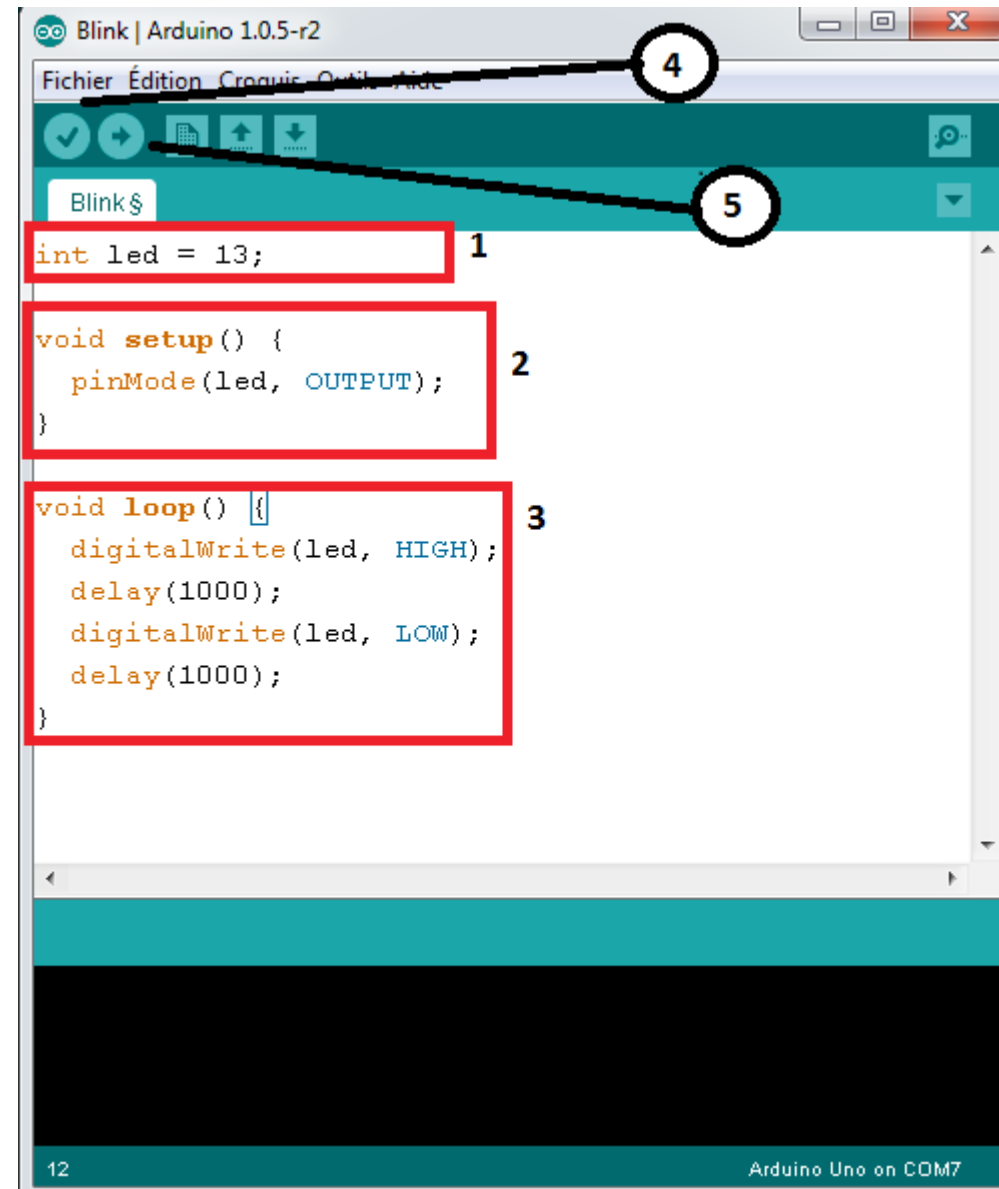
Le module Bluetooth fonctionne en 5V et possède deux broches pour la réception et l'envoi de données que nous allons brancher aux ports 2 et 3 (Rx/Tx sont utilisés pour la connexion avec l'ordinateur). Il reste la broche "KEY" à raccorder à une sortie numérique (pour les commandes).



L'Environnement de Développement Intégré (EDI)

L'IDE :

- 1) déclaration des variables
- 2) initialisation du programme
- 3) partie principale du programme qui tourne en boucle (loop)
- 4) validation syntaxique
- 5) téléversement du programme sur l'ATmega



L'IDE :

Choix du type de carte

The screenshot shows the Arduino IDE interface with the 'Outils' menu open. The 'Type de carte' option is selected, displaying a list of available boards. Arrows point from the list items to corresponding images of the boards:

- Arduino Uno
- Arduino Duemilanove w/ ATmega328
- Arduino Diecimila or Duemilanove w/ ATmega168
- Arduino Nano w/ ATmega328
- Arduino Nano w/ ATmega168
- Arduino Mega 2560 or Mega ADK
- Arduino Mega (ATmega1280)
- Arduino Leonardo
- Arduino Esplora
- Arduino Micro
- Arduino Mini w/ ATmega328
- Arduino Mini w/ ATmega168
- Arduino Ethernet
- Arduino Fio
- Arduino BT w/ ATmega328
- Arduino BT w/ ATmega168
- LilyPad Arduino USB
- LilyPad Arduino w/ ATmega328
- LilyPad Arduino w/ ATmega168
- Arduino Pro or Pro Mini (5V, 16 MHz) w/ ATmega328
- Arduino Pro or Pro Mini (5V, 16 MHz) w/ ATmega168
- Arduino Pro or Pro Mini (3.3V, 8 MHz) w/ ATmega328
- Arduino Pro or Pro Mini (3.3V, 8 MHz) w/ ATmega168
- Arduino NG or older w/ ATmega168
- Arduino NG or older w/ ATmega8
- Arduino Robot Control
- Arduino Robot Motor

Tutoriaux

**https://www.tala-informatique.fr/wiki/index.php/The_Linux_Craftsman
section "informatique embarquée"**