

## De l'électronique à l'Arduino

Quelques notions d'électronique

FabLab Marseille  
Le 4 février 2016

<http://wiki.centrale-marseille.fr/fablab>

# Formation ElectroLab

Une formation proposée par :

Sylvain NATOLI,

Élève-Ingénieur de première année à l'ECM

Co-Responsable Électronique du FabLab 2016

Chargé des formations Electrolab

[snatoli@centrale-marseille.fr](mailto:snatoli@centrale-marseille.fr)

Justin CANO,

Elève-Ingénieur de deuxième année à l'ECM

Président du Club de Robotique de l'ECM

Vice-Président 2015 du FabLab Marseille

Responsable Electronique 2015

[jcano@centrale-marseille.fr](mailto:jcano@centrale-marseille.fr)

# Plan

## 1) Composants Élémentaires

*loi d'Ohm, résistances, ponts de résistances, condensateurs et bobines*

## 2) Quelques Montage Linéaires

*Montage RC, approche fréquentielle, filtrage Passe-Bas, montages à AOP*

## 3) Non-Linéarité ou « tout ou rien »

*LEDs, autres Diodes, transistors, relais de puissance*

## 4) Rappels sur l'Arduino (support : WIKI)

*Cette partie se fera au tableau !*

## 5) Construisez vos montages !

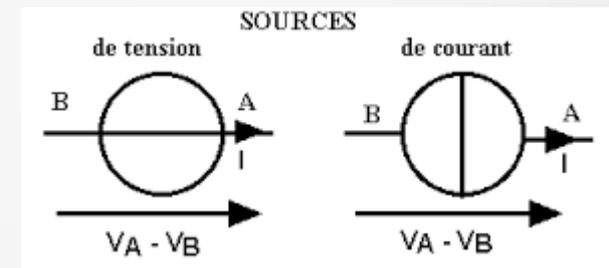
Et là, c'est à vous de bosser !

# Partie 1

## Composants élémentaires

# Notions fondamentales

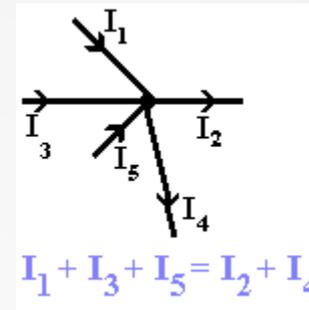
- Tension  $U$  (V)  
assimilable à une pression  
Mesure entre V et com en série
- Intensité  $I$  (A)  
assimilable à un débit  
Mesure entre I et com en parralèle
- Puissance  $P$  (W)  
$$P = UI$$



# Lois des noeuds et des mailles

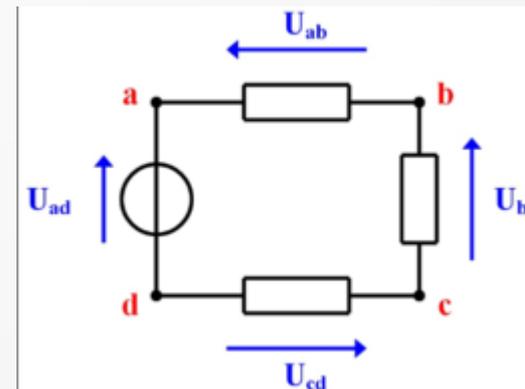
- Lois des nœuds :

« Les intensités qui rentrent dans un noeud sont égales à celles qui sortent »



- Lois des mailles

« La somme des tensions autour d'une maille prise dans le même sens est toujours nulle »



$$U_{ad} = U_{ab} + U_{bc} + U_{cd}$$

# Loi d'ohm

- Pour tout résistor de résistance pure R,

$$U = RI \quad \text{où } R \text{ est exprimée en Ohms } (\Omega)$$

- Conséquence 1 :

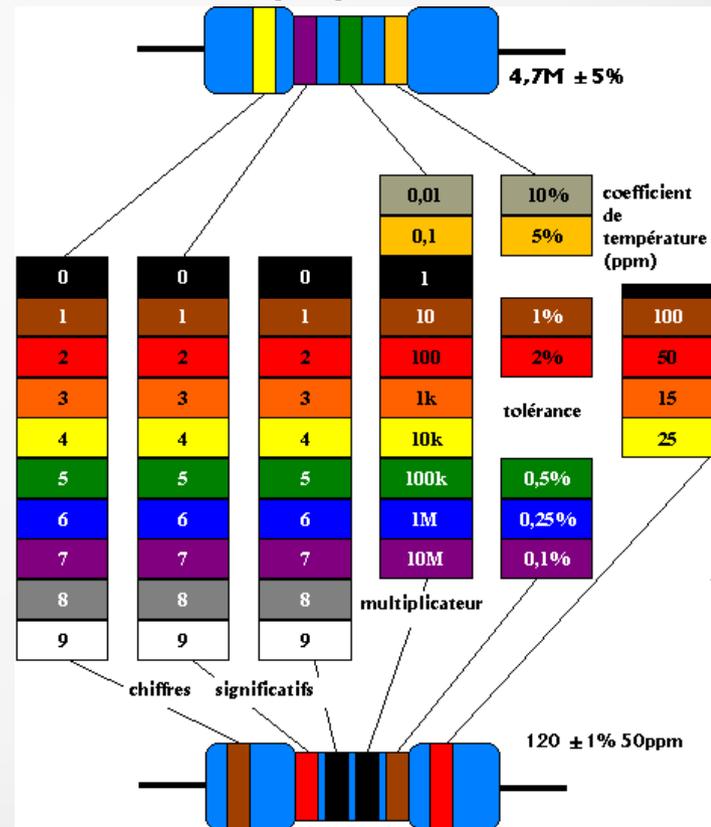
$$P = UI \text{ et } U = RI$$

donnent

$$P = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R}$$

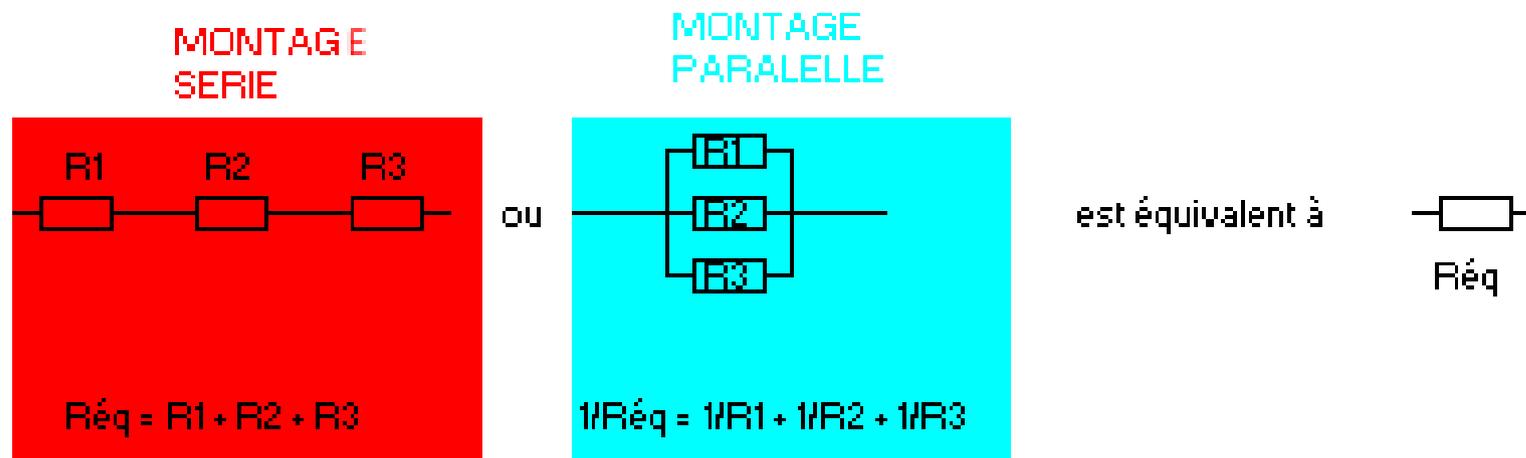
Puissance dissipée par  
Effet Joule

**Ne pas dépasser la puissance indiquée  
sur une résistance**



# Loi d'ohm

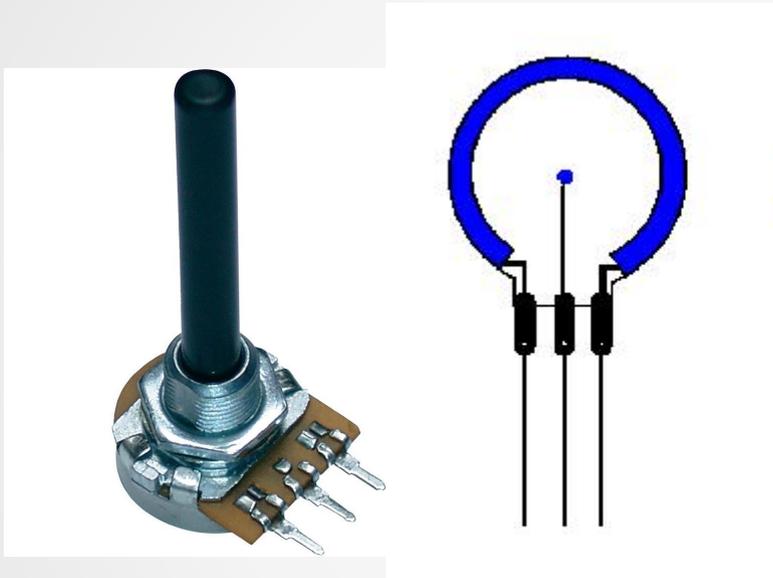
## \* Conséquence 2 :



**Remarque :** les formules suivantes peuvent se généraliser à autant de résistances que l'on veut.

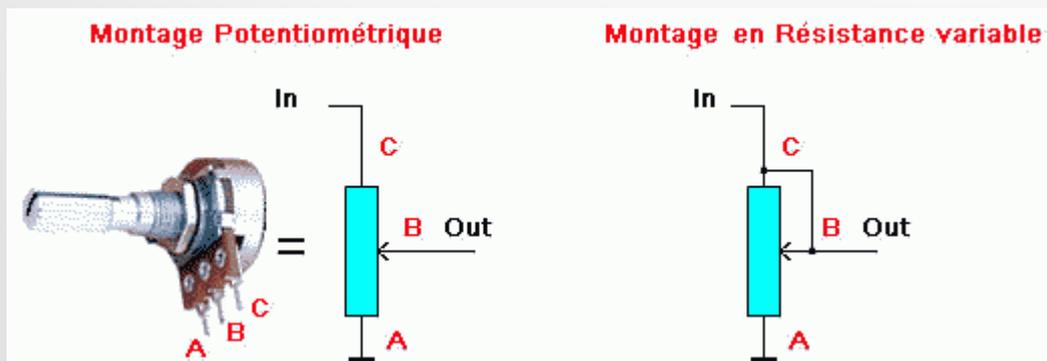
# Différents types de résistances

- Potentiomètres ou résistances ajustables



- Il existe plusieurs lois de comportements : Linéaire, logarithmique, log-inverse....
- Pour des applications Arduino, on utilise souvent ce composant en montage potentiométrique en loi linéaire.
- Il existe des potentiomètre multi-tours

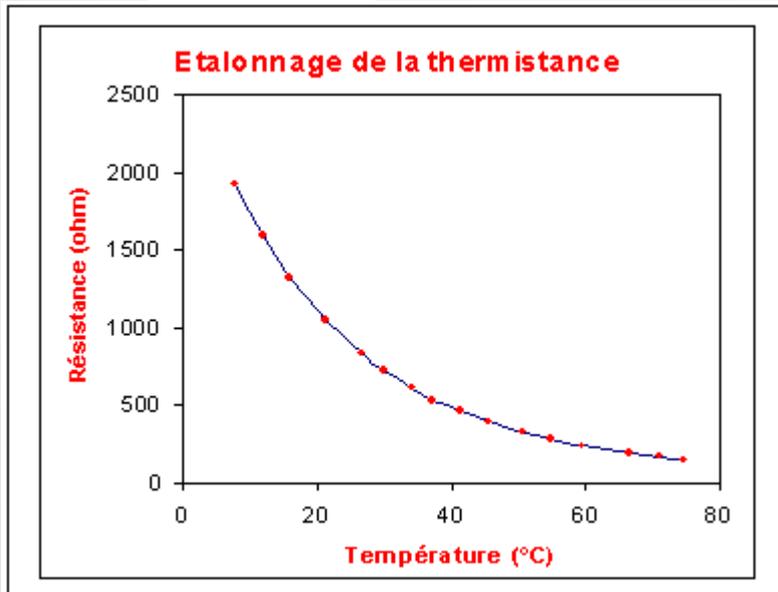
## Applications :



# Différents types de résistances

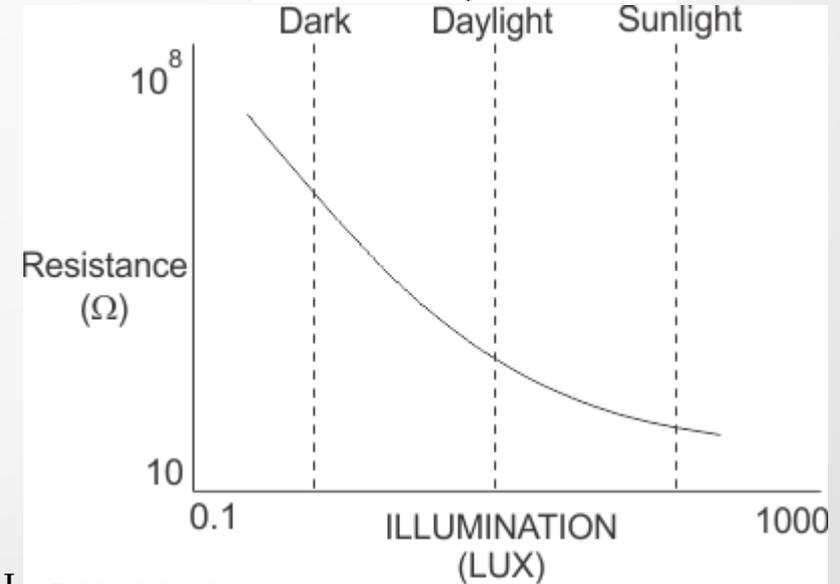
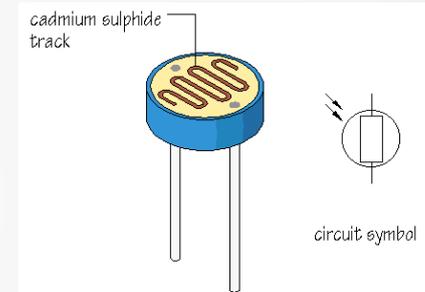
- CTN

(Résistance à Coefficient de Température Négatif)



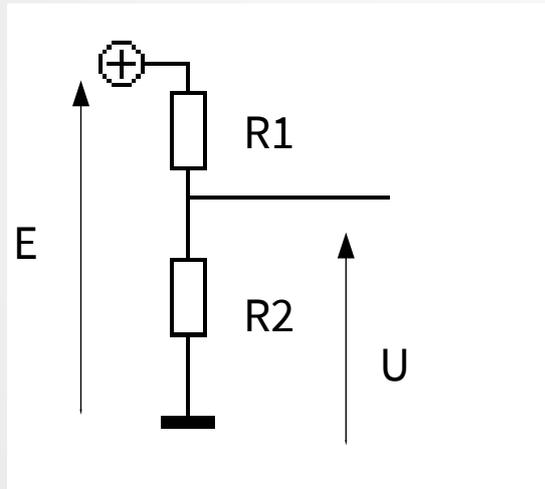
- LDR

(Light Dependant Resistor)



# Pont diviseur de tension

- Il s'agit d'un montage très fréquemment utilisé en électronique



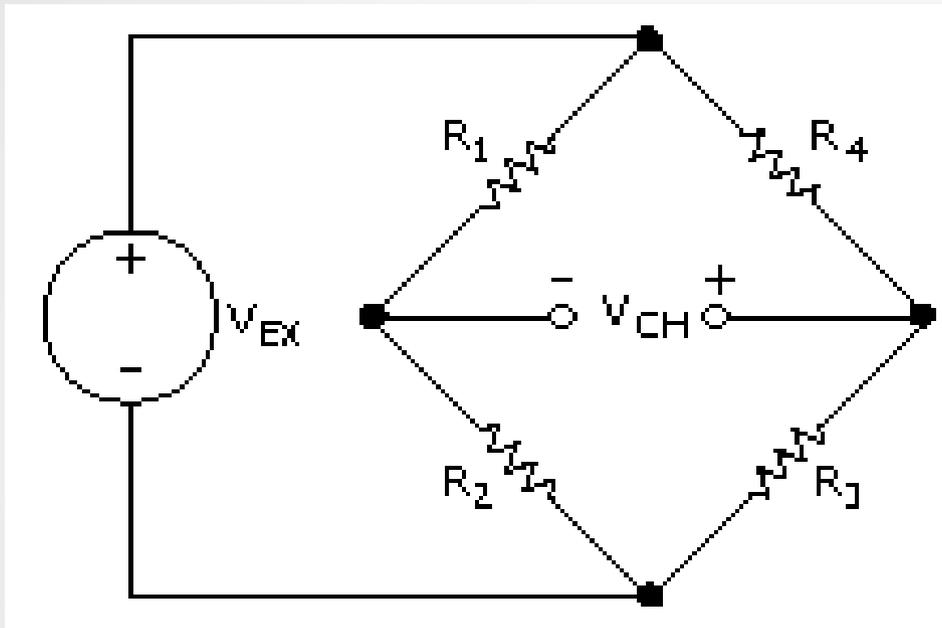
$$U = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E$$

Application: On met en pont diviseur une résistance fixe ainsi qu'une CTN et on obtient... un thermomètre !

De même pour une LDR → Luxmètre

**Rq :** Le montage est aussi appelé **montage potentiométrique**

# Pont de Wheatstone



Source inépuisable d'exercices d'électronique !

On peut s'en servir pour instrumenter des capteurs en substituant une ou plusieurs résistances par ces derniers

Pas trop utilisable en Arduino du fait que  $V_{CH}$  peut devenir négative.

# Condensateur

- Il s'agit de deux plaques qui sont positionnée en regard, c'est un « garage à électrons »

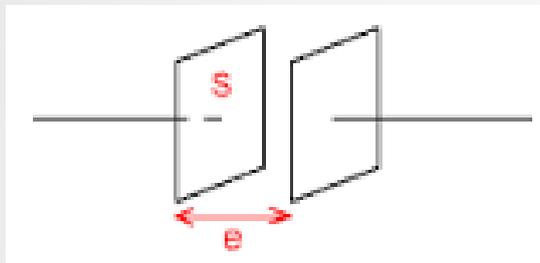
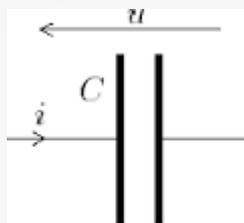


Schéma « physique »



Symbole

$$Q = CU$$

Où :

C = Capacité du condensateur exprimée en Farads (F)

U = Tension aux bornes

Q = Charge présente dans le Condensateur exprimée en Coulombs (C)

**Remarque** : l'intensité est un débit d'électrons par unité de temps

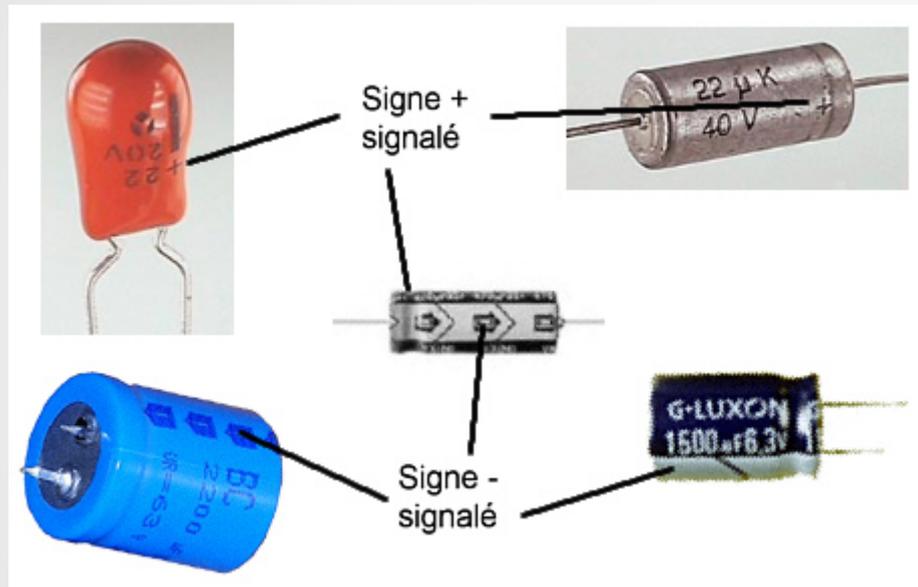
$$I = \frac{dQ}{dt}$$

Donc :

$$I = C \frac{dU}{dt}$$

# Condensateur

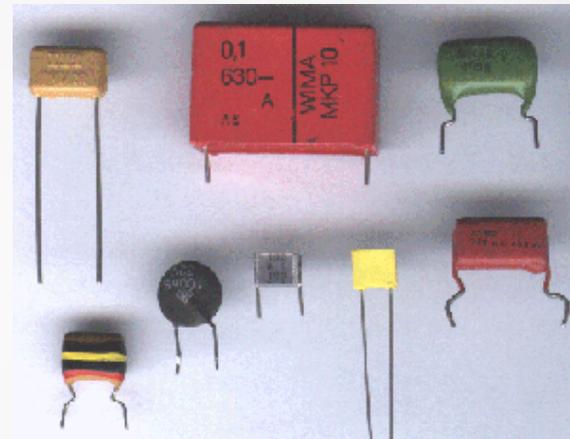
- Condensateurs polarisés



- ✓ Forte capacité
- ✓ Faible tension max
- ✓ Polarisé

**ATTENTION :**  
**Polarité & tension max !**

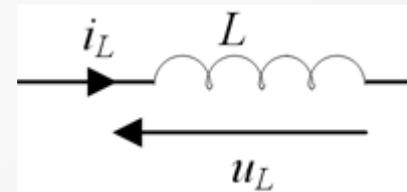
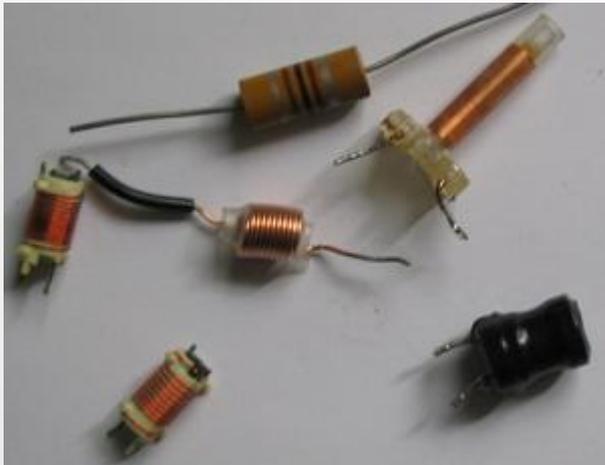
- Condensateurs non-polarisés



- ✓ Faible capacité
- ✓ Forte tension max
- ✓ Non-polarisé

# Bobine

- Une bobine (ou self, ou inductance) est un composant non polarisé.
- Nous allons donner seulement les comportements ici car ce composant reste marginal en Arduino.



$$U_L = L \frac{di_L}{dt}$$

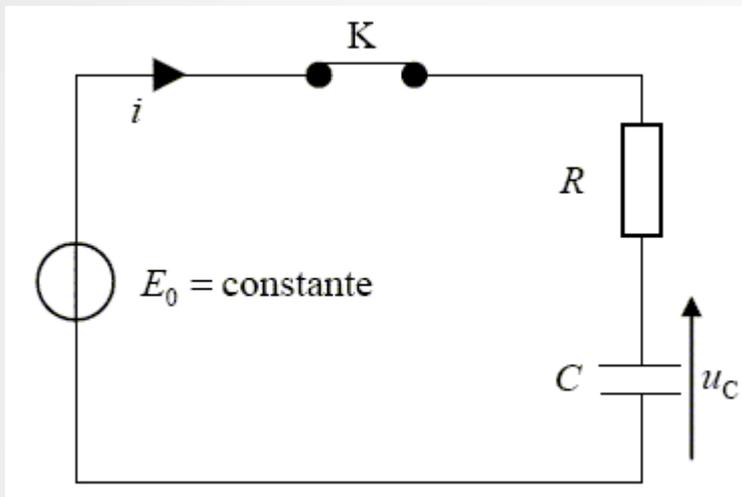
L : Inductance de la bobine exprimée en Henry (H)

## Partie 2

# Quelques montages linéaires

# Montage RC

Charge d'un condensateur :



$$U_R + U_c = E \Rightarrow R * I + U_c = E$$

$$\Rightarrow R * C \frac{dU_c}{dt} + U_c = E$$

Équation différentielle du premier ordre

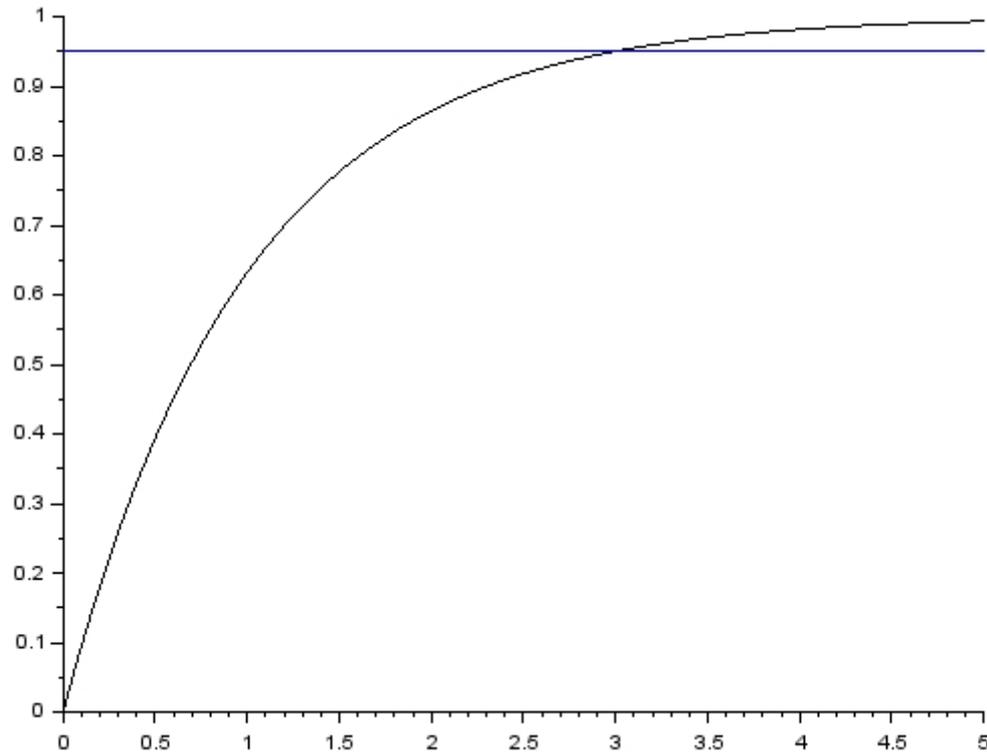
$$U_c(t) = E \left( 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

$$\tau = RC$$

Constante de temps

# Montage RC

Charge d'un condensateur :



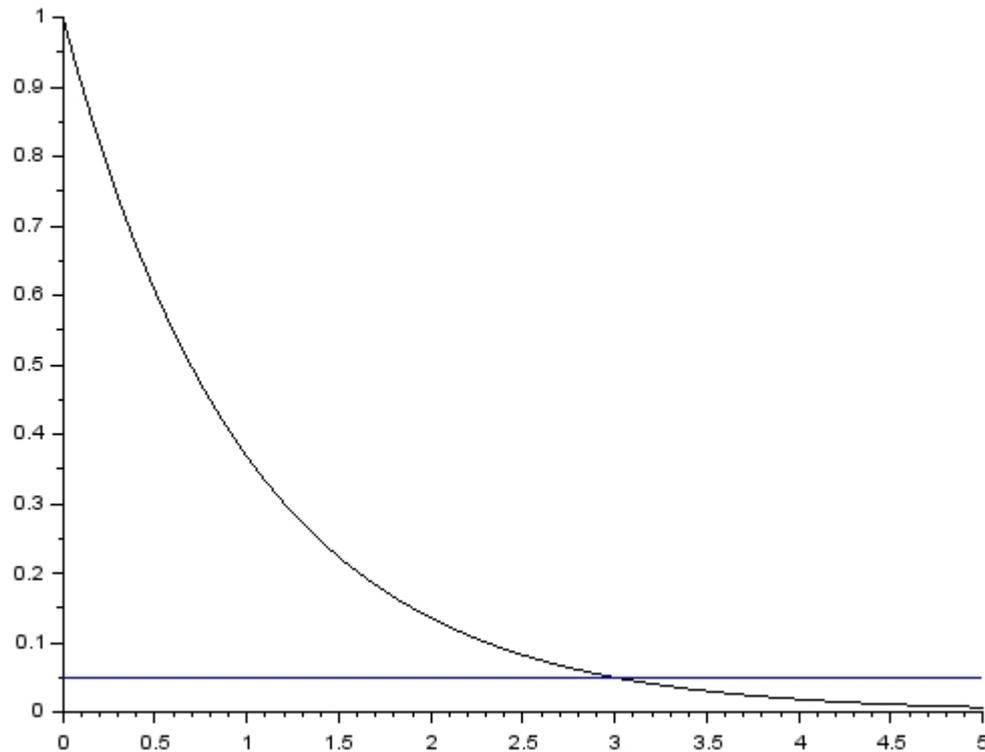
$$U_C(t) = E \left( 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

$$RC = \tau = 1 \text{ s}$$

$$E = 1 \text{ V}$$

# Montage RC

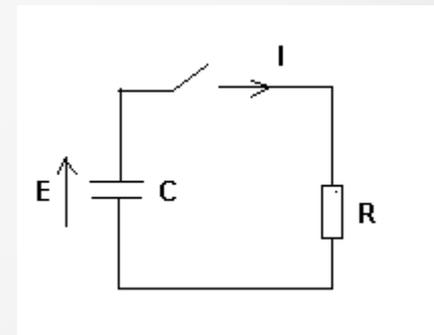
Décharge d'un condensateur :



$$U_C(t) = E e^{\frac{-t}{RC}}$$

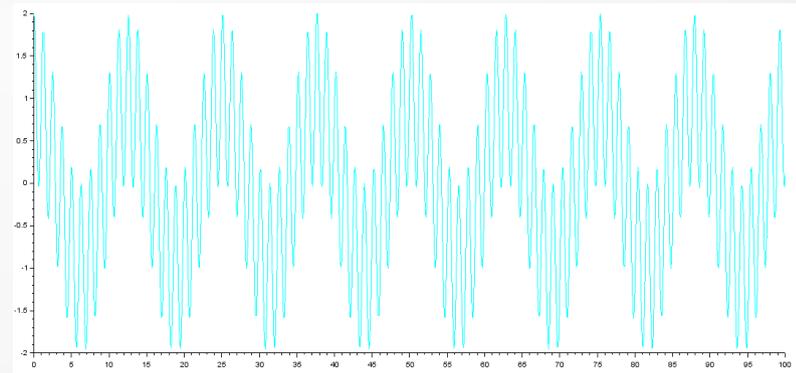
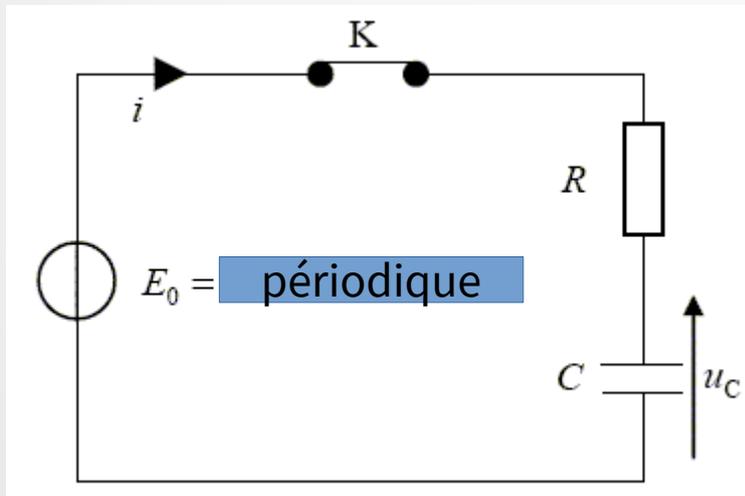
$$RC = \tau = 1 \text{ s}$$

$$E = 1 \text{ V}$$

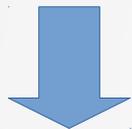
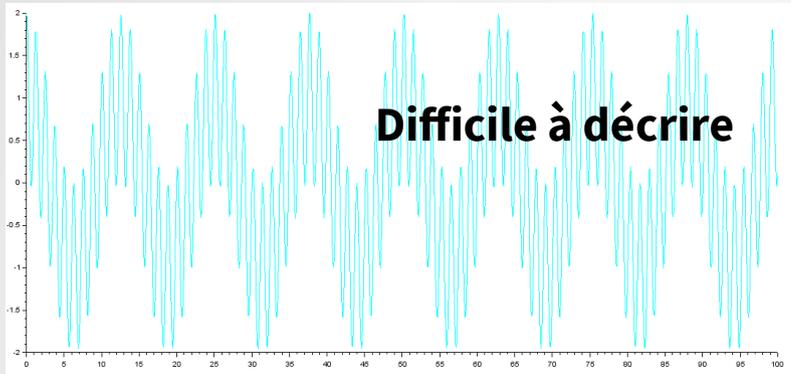


# Représentation fréquentielle

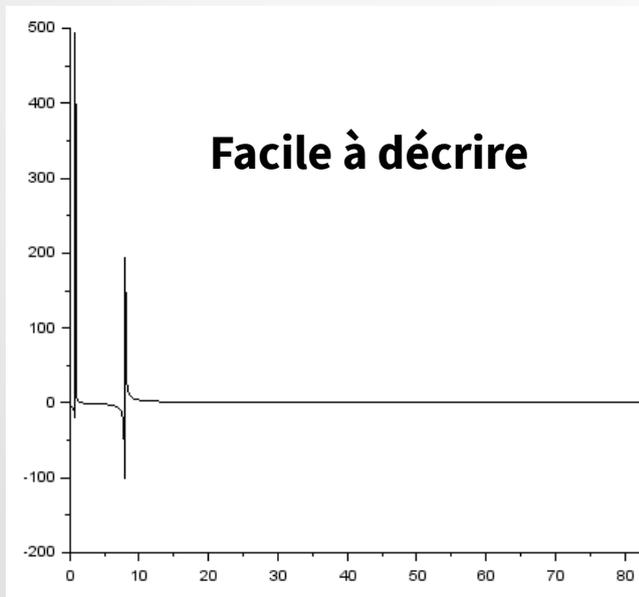
- Souvent des signaux périodiques sont présents en électronique et nous devons nous doter d'outils adéquats pour traiter ces signaux.
- Il est nécessaire de passer dans une représentation fréquentielle :



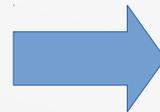
# Représentation fréquentielle, intérêt



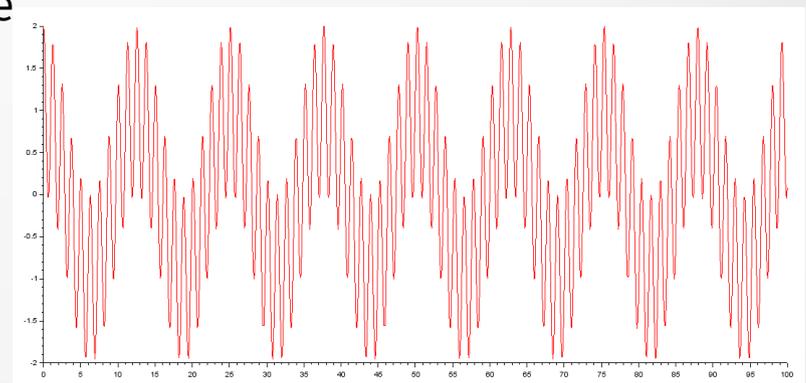
Transformée de Fourier



Transformée de  
Fourier  
inverse

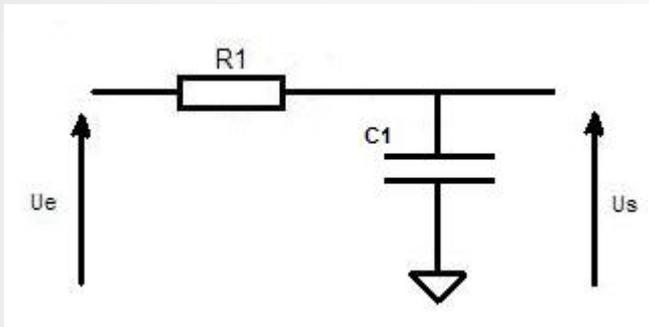


**Signal reconstruit**



# Montage RC, le retour

- On peut démontrer avec des éléments d'analyse fréquentielle que :



si  $U_e = \sqrt{2} E \cos(2\pi ft + \varphi)$  on a :

$$\frac{U_{s,eff}}{U_{e,eff}} = \text{Gain} = G = \frac{E}{\sqrt{1 + (2\pi RCf)^2}}$$

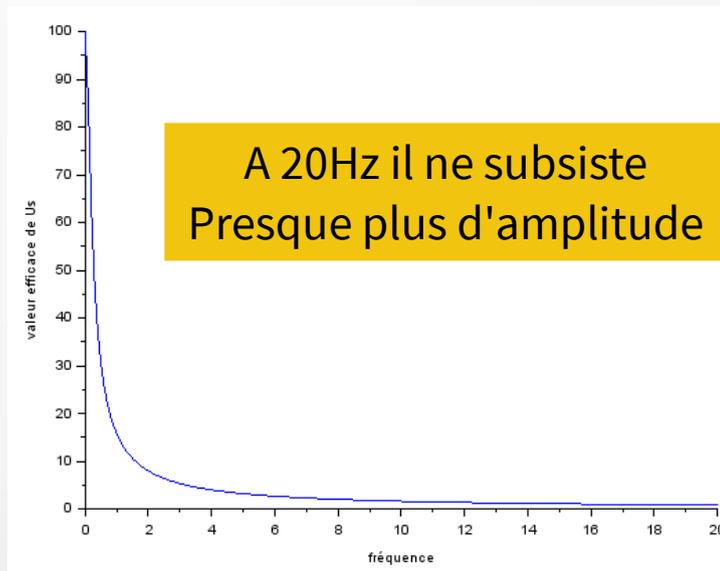
## Exemple :

On a  $E=100V$

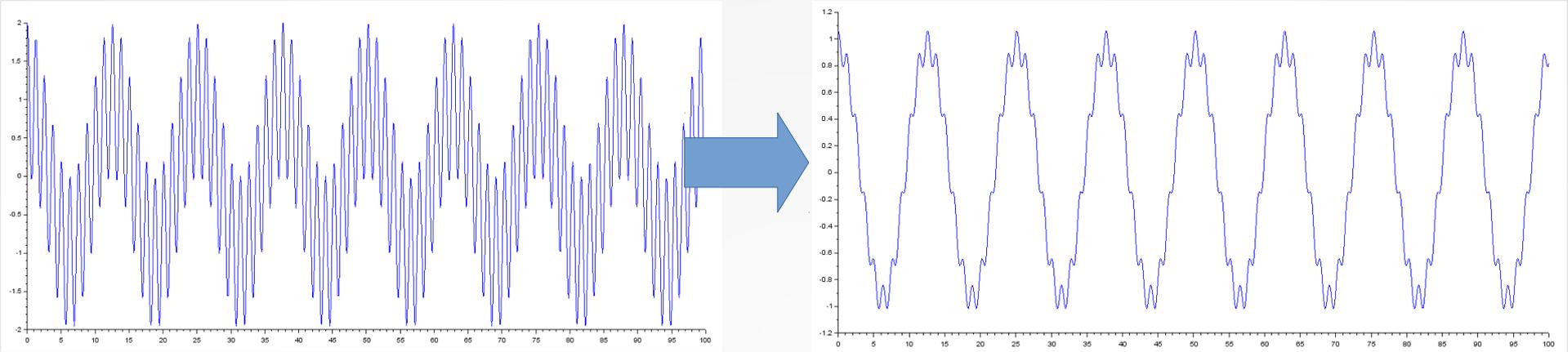
Et la fréquence qui varie

Que vaut la valeur efficace de E

Avec  $RC = 1 \text{ s}$



# Un passe bas ça sert à quoi ?

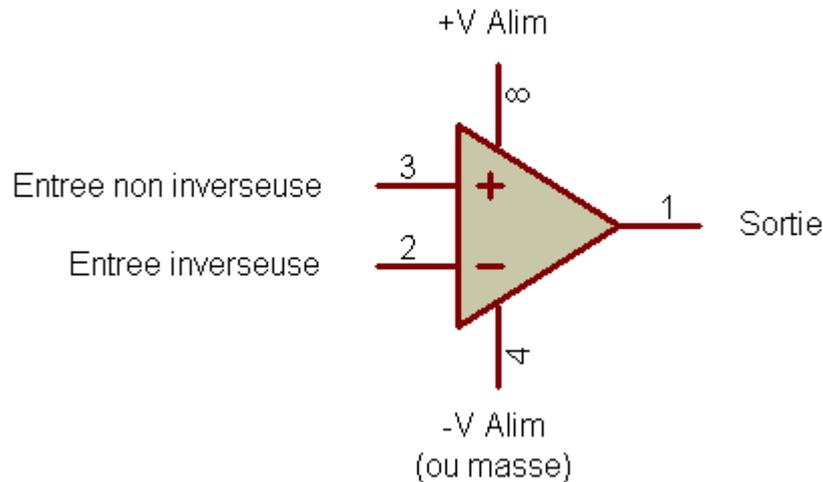


Un passe bas sert à supprimer les composantes à haute fréquence indésirables (bruit)

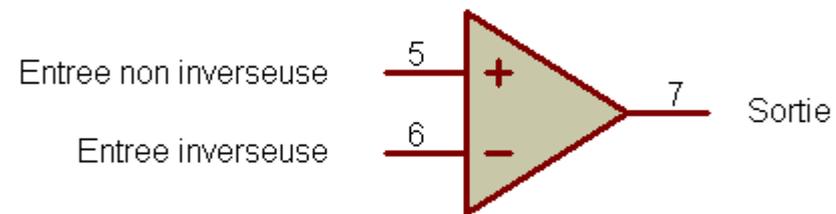
Exemple : commutation intempestive d'un interrupteur sur un BreadBoard

# Amplificateur opérationnel parfait

## Représentation avec les broches d'alimentation :



## Représentation sans les broches d'alimentation :

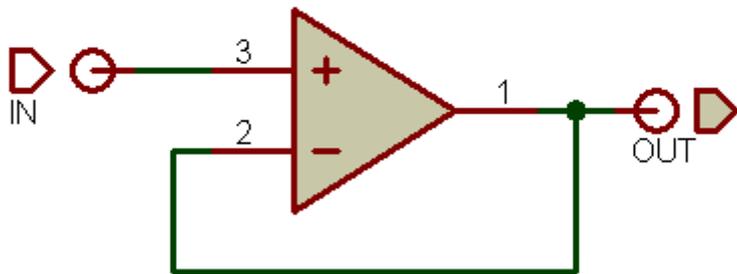


Ce qu'il faut savoir :

- **Si** l'amplificateur est bouclé moins (si il existe un composant entre la Sortie et l'Entrée Inverseuse)
- **Alors** :  $V_+ = V_-$  (Les tensions aux entrées sont nécessairement égales)
- **Mais** : Les tensions ne pourront pas dépasser les tensions d'entrée (**phénomène de saturation**)

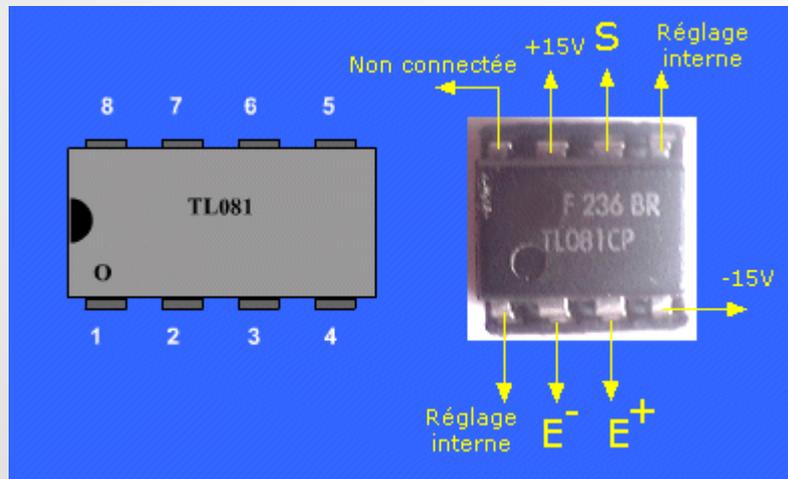
# Montage Ampli Suiveur

## Montage en suiveur de tension :



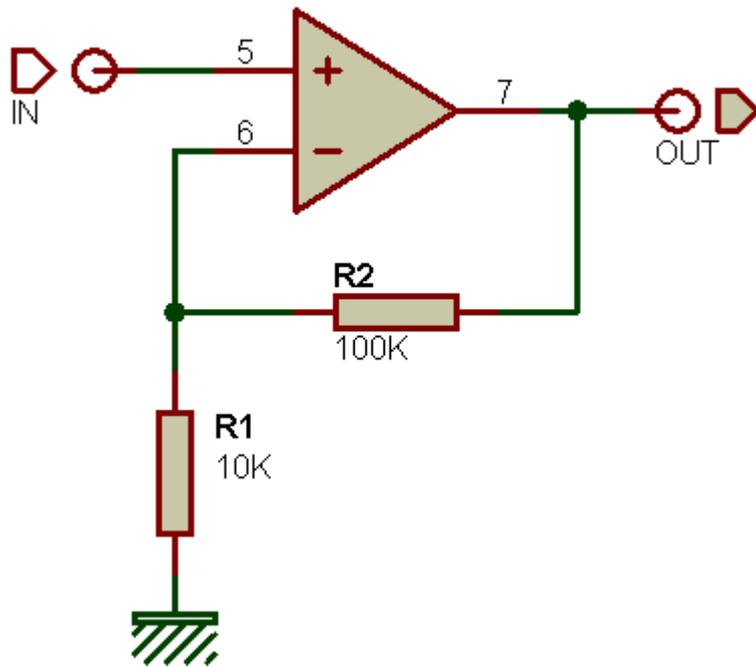
$$U_{OUT} = U_{IN}$$

- On peut remplacer les résistances par un potentiomètre
- Le courant d'entrée est quasi-nul



# Montage Ampli Non-Inverseur

Montage en amplificateur non-inverseur :

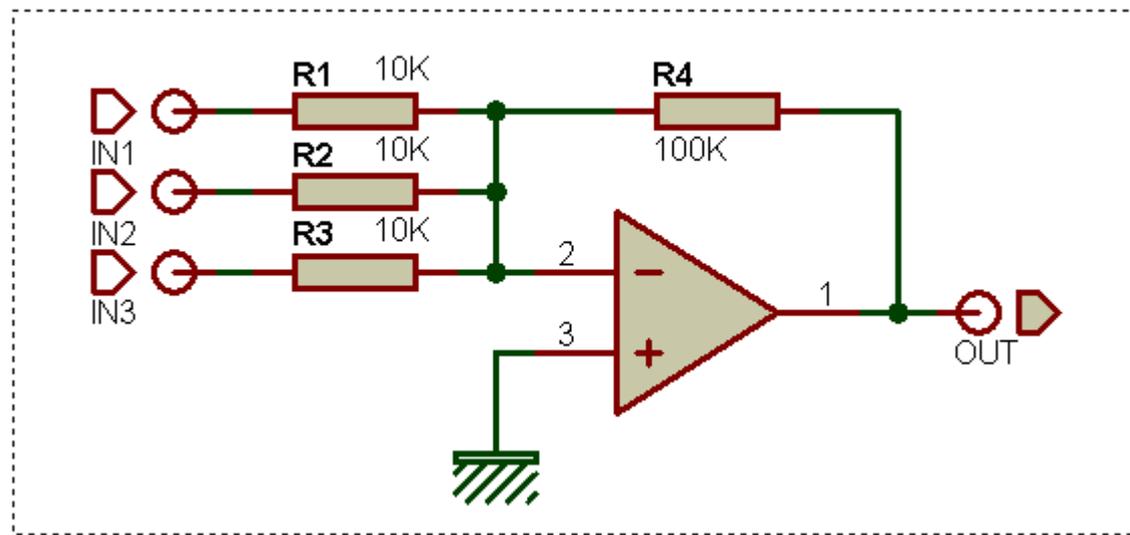


$$U_{OUT} = U_{IN} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

- On peut remplacer les résistances par un potentiomètre
- Le courant d'entrée est quasi-nul

# Montage Ampli Additionneur

Montage en sommateur (additionneur) :



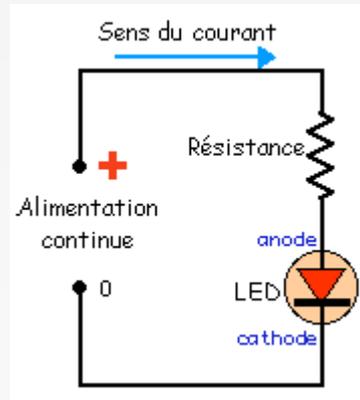
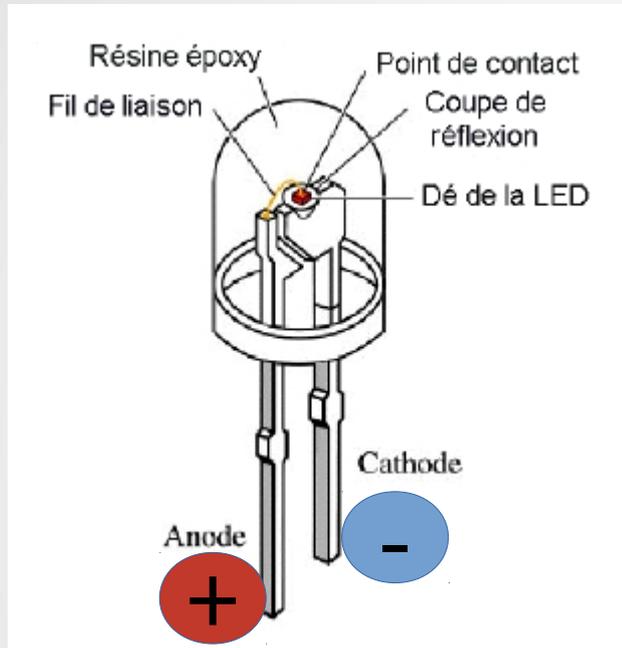
$$U_{OUT} = U_{IN1} + U_{IN2} + U_{IN3}$$

- Relation vraie que si les résistances sont égales (pas comme sur le schéma)  
→ Sinon on a un gain qui vient multiplier les tensions (ici out est égale à 1/10 fois la somme des entrées)

## Partie 3

Quelques composants non  
linéaires astucieux...

# LED



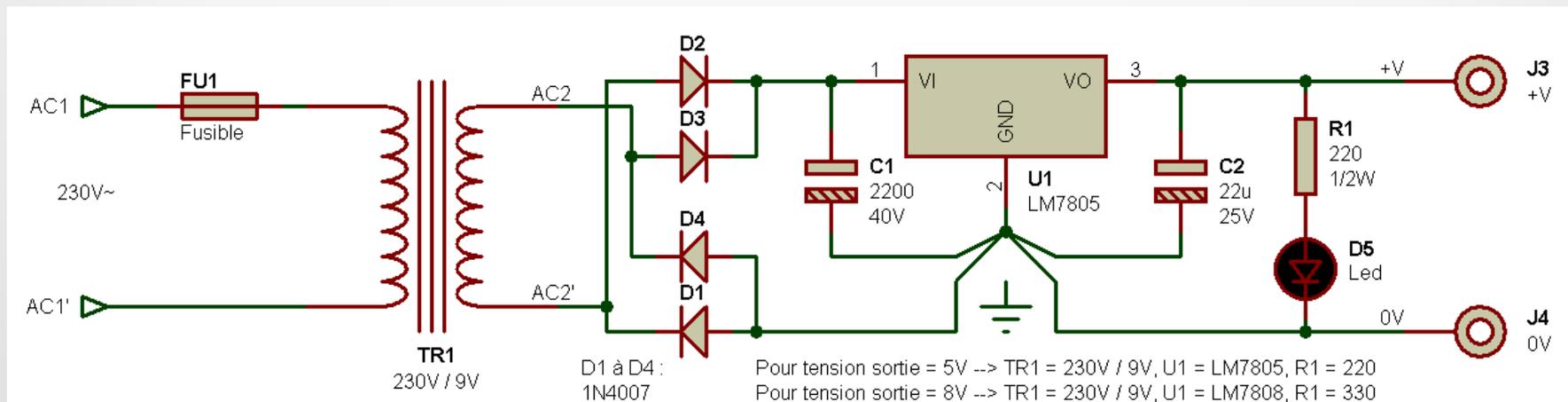
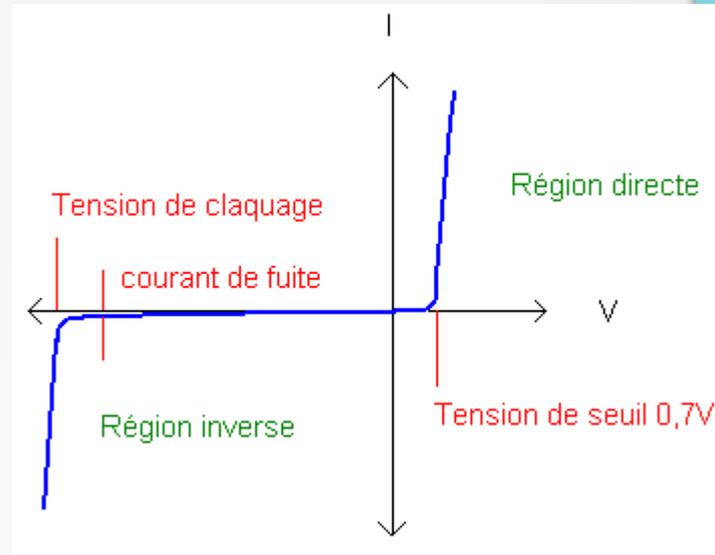
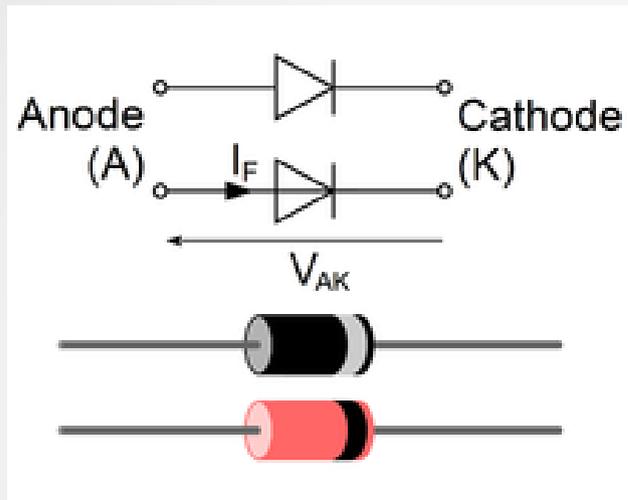
**Toujours mettre une résistance chutrice de Tension !!**

Typiquement, pour une LED rouge :

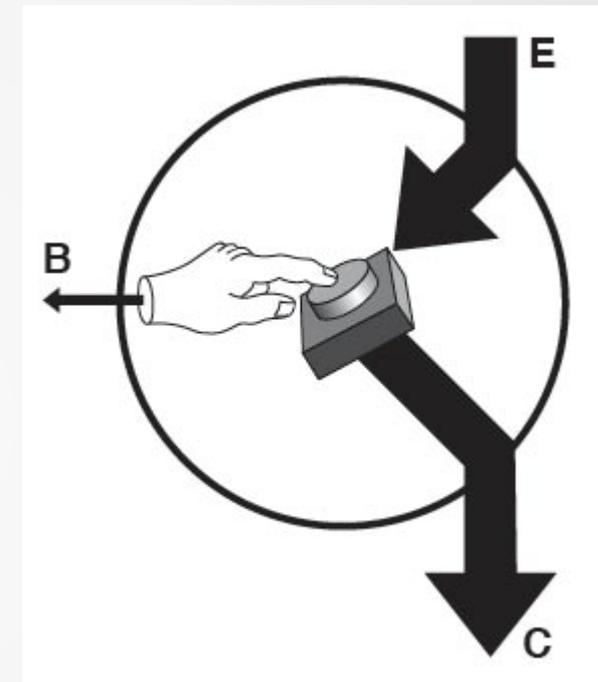
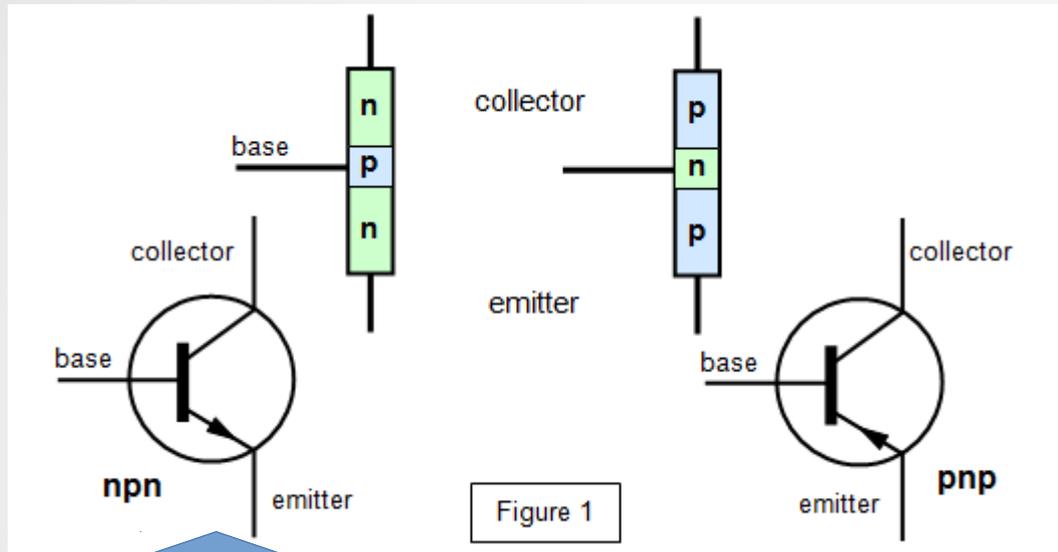
$$R_{chutrice} = \frac{U_{alimentation} - 2}{0.01}$$

$$R_{chutrice} = \frac{U_{alimentation} - U_{nominaleLED}}{I_{nominaleLed}}$$

# Diodes « classiques »



# Transistor NPN, introduction



Un transistor est un **amplificateur de courant** qui sous certaines conditions peut être vu comme un **interrupteur commandé**.

La base (B) Joue le rôle de la commande  
Le collecteur (C) est branché à la source de tension  
L'Émetteur (E) est branché au récepteur

On va s'intéresser au NPN car il s'agit d'un transistor qui se commute avec des courants positifs.

# Transistor NPN, caractéristiques

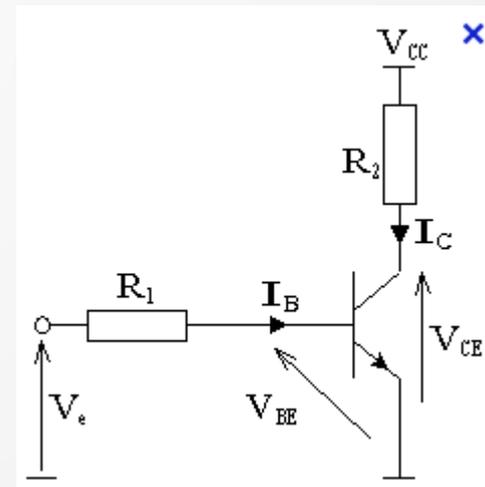
Un transistor est caractérisé (entre autres) par :

- Son gain en courant  $\beta$
- Son intensité maximale émetteur collecteur  $I_{max}$
- Sa tension max
- Sa réponse fréquentielle

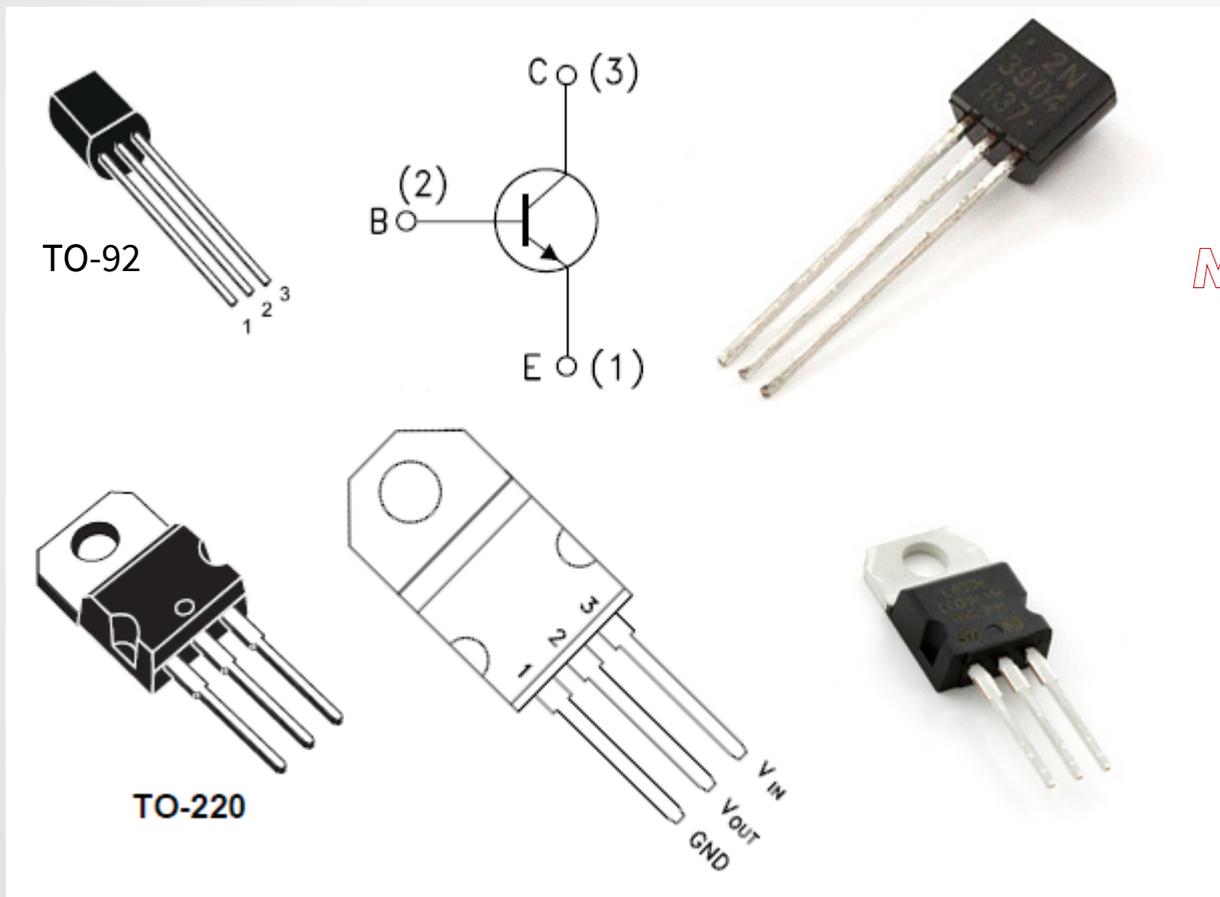
Caractéristiques à vérifier  
pour l'Arduino

On travaille à BT et à BF  
→ Pas pertinent

$$I_C = \beta I_B$$



# Transistor NPN, principales familles



TO-92

Fort Gain  $\sim 100-1000$

Mais faible  $I_{max} \sim 0.1-0.6 A$

TO-220

Fort  $I_{max} \sim 0.5-20 A$

Mais faible Gain  $\sim 10-50$

# Montage Darlington

Combinons les avantages !

T1 : TO-92 (Petit transistor)

$$I_{C1} = \beta_1 I_{B1} \quad I_{max,1}$$

T2 : TO-220 (Grand transistor)

$$I_{C2} = \beta_2 I_{B2} \quad I_{max,2}$$

T : Transistor équivalent (combinaison)

$$I_C = \beta_1 \beta_2 I_B \quad I_{max} = I_{max,2}$$

TO-92

Fort Gain  $\sim 100-1000$

Mais faible  $I_{max} \sim 0.1-0.6 \text{ A}$



TO-220

Fort  $I_{max} \sim 0.5-20 \text{ A}$

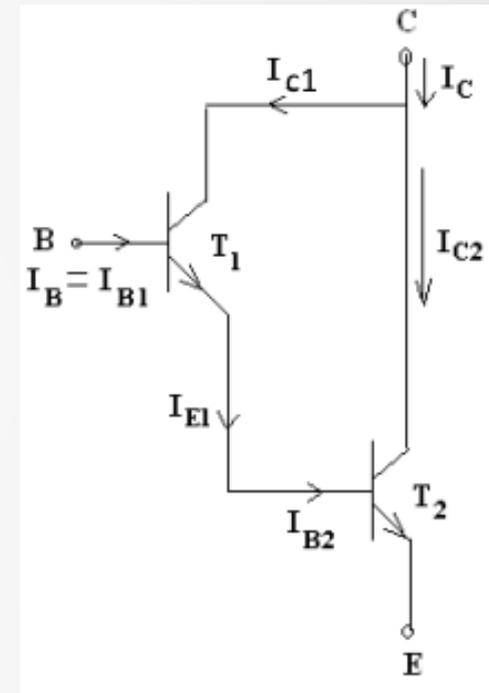
Mais faible Gain  $\sim 10-50$



TO-220 et TO-92

Fort  $I_{max} \sim 0.5-20 \text{ A}$

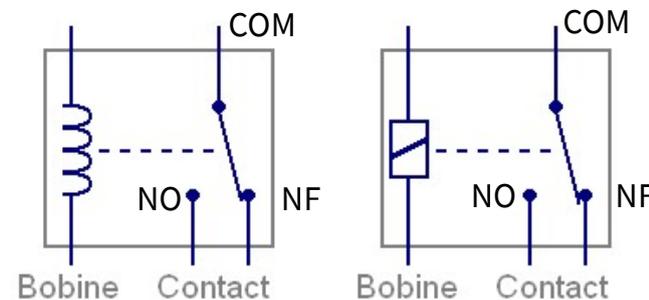
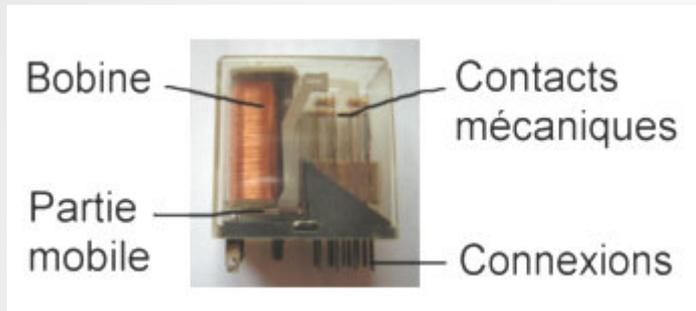
Fort Gain  $\sim 1000-5000$



On multiplie les gains  
Et  $I_{max} =$  la plus grande

# Relais, application

- C'est un **interrupteur magnétique**

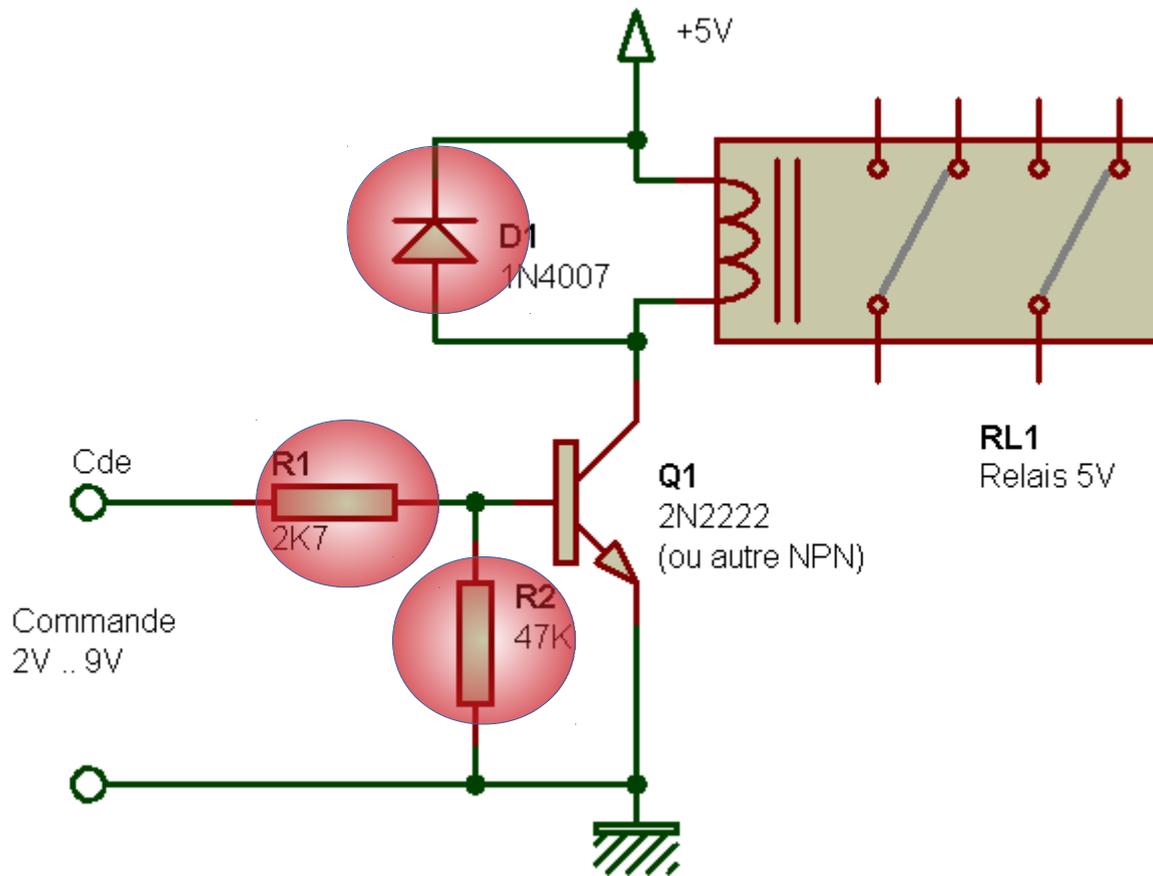


## Symboles du relais

- Il existe cinq pins sur le relais
  - Deux entrées pour la bobine (activation de l'électroaimant)  $I_a \sim 50\text{mA}$  courant nécessaire
  - Une entrée commune (COM, reliée à la source de courant)
  - Une sortie NO (Normalement ouverte)
  - Une sortie NF/NC (normalement fermée)

**Ne pas dépasser la puissance max  
Indiquée sur le relais entre COM et NO/NF**

# Application du relais



NE PAS OUBLIER  
LA DIODE DE  
RETOUR !

NI LES  
RÉSISTANCES  
PROTECTRICES

# Relais vs Transistor

- Transistor

- Faire attention à  $I_{max}$  et à  $\beta$  (qu'il soit suffisant pour commuter)
- Permet de commuter sur les hautes fréquences
- Permet de faire du linéaire (hacheur ou PWM)

- Relais

- Faire attention à  $P_{max} = U \cdot I_{max}$  mais généralement, c'est suffisamment élevé
- Ne permet pas de commutation à haute fréquence (1 commutation par seconde max, risque d'usure)
- Tout ou rien (interrupteur)

# Partie 4

## Rappels sur l'Arduino

# L'Arduino dans le circuit

- Allons sur le Wiki

→ <http://wiki.centrale-marseille.fr/fablab>

# Partie 5

Concevez **vos** montages !

# Méthodes

- Concevoir un circuit électronique
  - 1) Se donner un cahier des charges (identifier le besoin)
  - 2) Identifier les sorties/entrées
  - 3) Faire un logigramme (physique et code)
  - 4) Faire un premier schéma : bien vérifier que tout va bien au niveau puissance → recommencer sinon
  - 5) Faire sur breadboard le montage
  - 6) Coder **en testant**
  - 7) Frimer (accessoirement)

# Maintenant, à vous de jouer

- **Cahier des charges 1 :**
- Concevoir un lampadaire intelligent qui s'allume en fonction de la luminosité
- Les lampes de la mairie sont de l'ordre de 500W et surtout il ne faut pas les allumer et les éteindre plus d'une fois toutes les dix secondes.

# Maintenant, à vous de jouer

- **Cahier des charges 2 :**
- Concevoir un dé électronique à LED, activation par bouton-poussoir.

# Maintenant, à vous de jouer

- **Cahier des charges 2.5 :**
- Concevoir un dé électronique à LED, activation par variation de lumière.

# Maintenant, à vous de jouer

- **Cahier des charges 3 :**
- Un shield de capteur de pression donne des tensions entre 0 et 10V, visualiser la pression sur ordinateur.
- La pression est donné par

$$P = 0.3 * u^2 - 0.03 \quad \text{\textbackslash\textbackslash avec } u \text{ en mV}$$

# Maintenant, à vous de jouer

- **Cahier des charges 3.5 :**
- Un shield de capteur de pression donne des tensions entre -10V et 10V, visualiser la pression sur ordinateur.
- La pression est donné par

$$P = 0.3 * u^2 - 0.03 \quad \text{\textbackslash\textbackslash avec } u \text{ en mV}$$

# Sources

- Sonelec Musique
- Wikipedia
- AOP free.fr
- Nitraced
- Ptitrain
- School Physics
- Learn Sparkfun
- Astucespratiques.fr
- Samomoi
- Divers...