

# Systèmes Embarqués Examen 2019

Grégoire Roumache

Avril 2020

## Part I

## Théorie & Exercices

### 1 Rappel théorique

#### 1.1 Rappel général

- TIC = Tension inverse maximale = tension maximale que la diode peut prendre en sens inverse avant de claquer.
- Caractéristiques du réseau électrique en Belgique:
  - $f = 50 [Hz]$
  - $U_{max} = 230 [V]$
- coefficient d'ondulation =  $\frac{\text{tension efficace}}{\text{tension moyenne}}$
- Tableau récapitulatif:

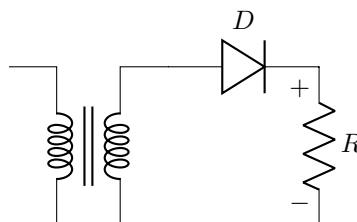
	$f$	$U_{\text{crête}}$	$U_{\text{eff}}$	$U_{\text{moy}}$
AC	$f$	$U_{\text{crête}}$	$\frac{U_{\text{crête}}}{\sqrt{2}}$	0
simple alternance	$f$	$U_{\text{crête}} - 0,7 [V]$	$\frac{U_{\text{crête}}}{2}$	$\frac{U_{\text{crête}}}{\pi}$
double alternance	$2 \times f$	$U_{\text{crête}} - 1.4 [V]$	$\frac{U_{\text{crête}}}{\sqrt{2}}$	$\frac{2 \times U_{\text{crête}}}{\pi}$

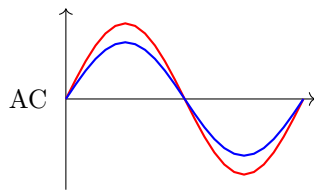
- Pour retenir de quel côté est l'anode:

Don't **PANIC**, **P**ositive is **A**node, **N**egative is **C**athode.

#### 1.2 Redressement simple alternance

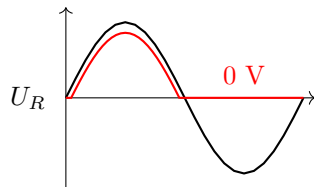
Voici un circuit de redressement simple alternance (tension en rouge, courant en bleu):



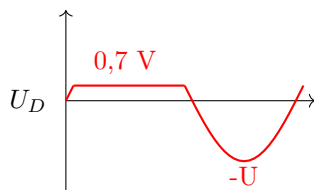


La tension et le courant tels qu'ils seraient si il n'y avait pas de diode. Le courant est plus faible (si:  $R > 1 [\Omega]$ ) car il est donné par:

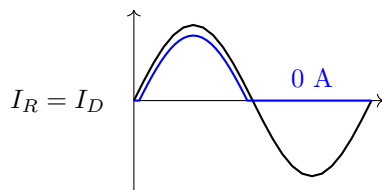
$$I = \frac{U}{R}$$



La diode ne bloque pas le courant quand il est positif (sens horlogique), cependant, elle le décale de:  $0,7 [V]$  vers le bas.



Quand la diode laisse passer le courant, elle absorbe  $0,7 [V]$ , quand elle ne le laisse pas passer (sens anti-horlogique), la différence de tension est la même que pour le circuit AC.



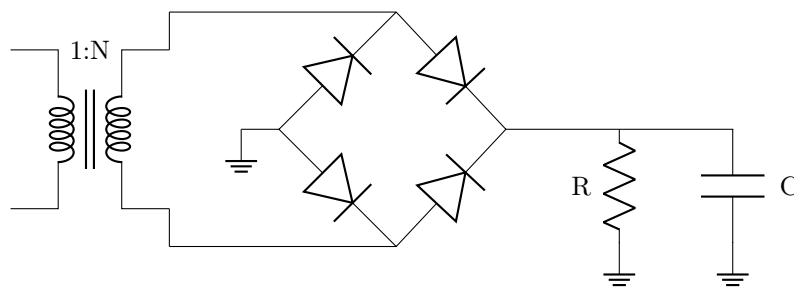
Le courant qui passe dans le circuit est donné par:

$$I_R = I_D = \frac{U_R}{R}$$

Remarque: la somme de  $U_R$  et  $U_D$  donne le même graphe que AC.

### 1.3 Redressement double alternance avec condensateur

Circuit complet:



Formules:

- tension d'ondulation:

$$V_{o, \text{càc}} = V_{\text{max}} - V_{\text{min}} = \frac{V_{\text{ch, max}}}{fRC}$$

- tension moyenne:

$$V_{\text{moy}} = V_{\text{ch, max}} \times \left(1 - \frac{1}{2fRC}\right)$$

- coefficient d'ondulation:

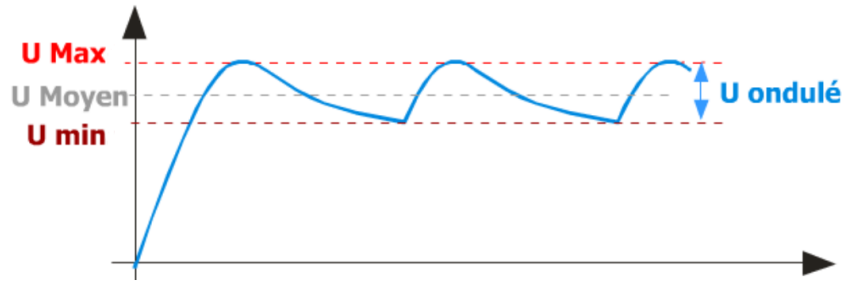
$$r = \frac{V_{o, \text{càc}}}{V_{moy}} = \frac{U_{max} - U_{min}}{V_{moy}}$$

$$= \frac{2}{2fRC - 1}$$

- condensateur:

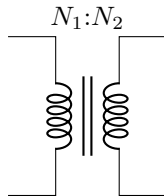
$$C = \frac{2 + r}{2fRr}$$

**Remarque:** sans condensateur, on a bien:  $V_{moy} = 2 \times \frac{V_{max}}{\pi}$ .

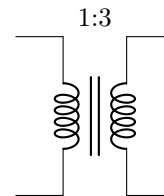


## 1.4 Transformateur électrique

Théorie:  
rapport de transformation =  $\frac{N_2}{N_1}$

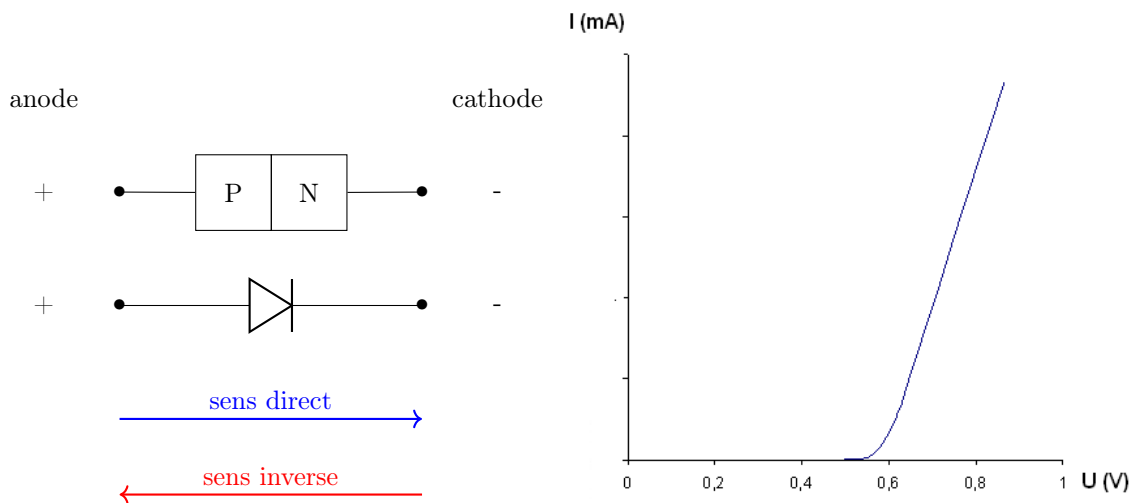


Exemple:  
rapport de transformation = 3



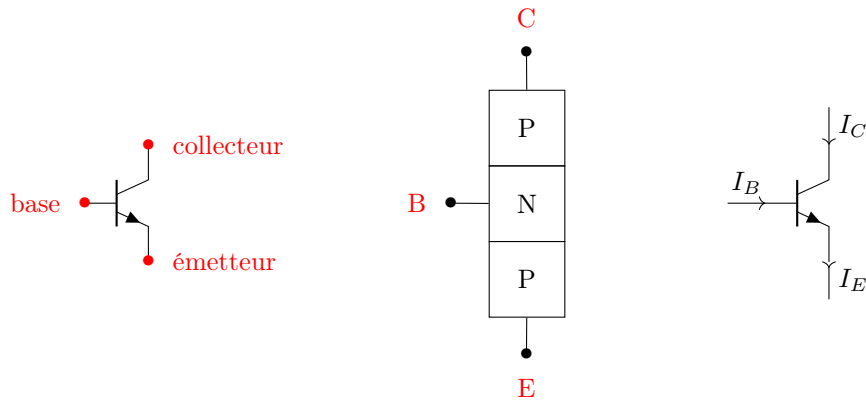
La tension qu'on obtient (à droite sur le schéma) est multipliée par le rapport de transformation.

## 1.5 Diode



La diode est une jonction PN qui ne conduit le courant que lorsqu'elle est en polarisation directe et si la tension est plus élevée que la tension de seuil (0,7 V pour les diodes au silicium et 0,3 V pour les diodes au germanium).

## 1.6 Transistor

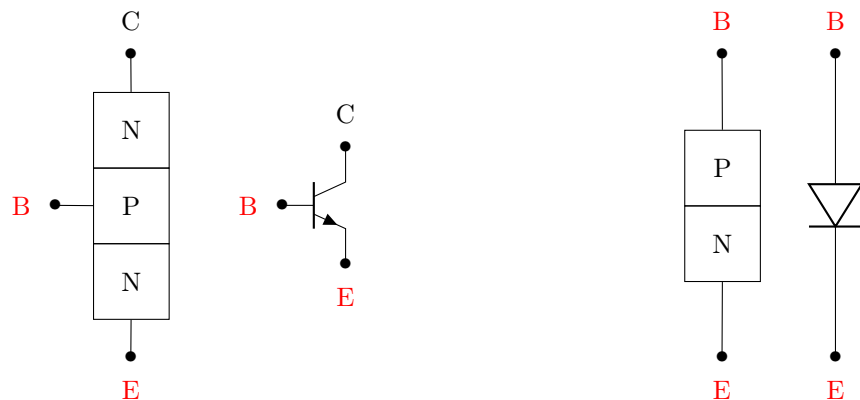


$$I_E = I_B + I_C$$

Le transistor a 3 états:

- bloqué ( $I_b < I_c$  &  $I_b \approx 0$ ),
- saturé ( $I_b > I_c$  &  $I_c \approx 0$ ),
- linéaire.

Quand l'état est linéaire, le circuit est fermé et le courant passe normalement.



**Remarque:** le courant qui passe de la base à l'émetteur (de B à E) traverse une jonction P puis une jonction N, comme si il passait à travers une diode. La tension entre B et E est donc de 0,7 V, comme pour une diode.

**Que représentent  $\alpha_{cc}$  et  $\beta_{cc}$  ? Comment les calculer ?**

Il y a 2 coefficients importants qui caractérisent les transistors:

- $\alpha_{cc}$  est le ratio entre le courant qui entre dans le transistor ( $I_C$ ) et le courant qui en sort ( $I_E$ ).
- $\beta_{cc}$  représente un gain de courant, c'est le ratio du courant commandé ( $I_C$ ) par le courant qui commande la fermeture du transistor ( $I_B$ ).

$$\alpha_{cc} = \frac{I_C}{I_E} \quad \beta_{cc} = \frac{I_C}{I_B}$$

Rapports entre  $\alpha_{cc}$  et  $\beta_{cc}$ :

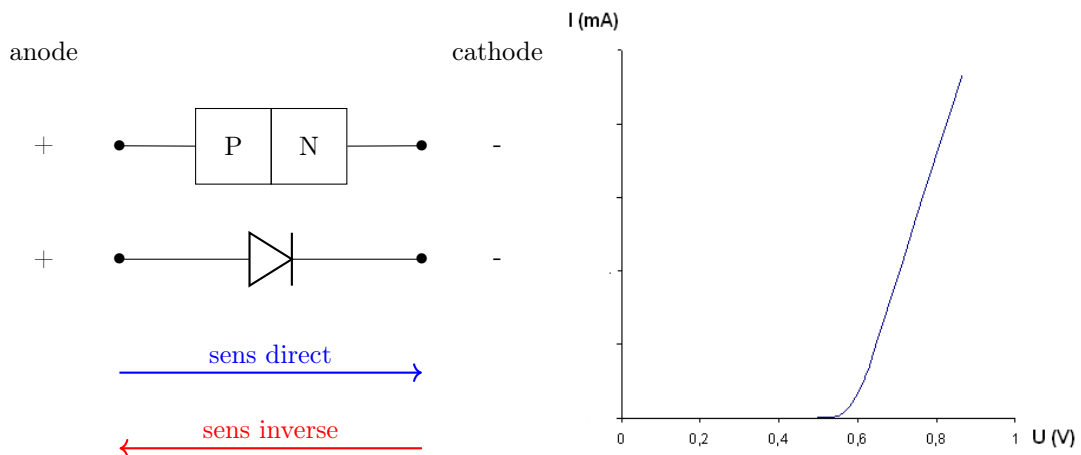
$$\alpha_{cc} = \frac{\beta_{cc}}{\beta_{cc} + 1} \quad \beta_{cc} = \frac{\alpha_{cc}}{1 - \alpha_{cc}}$$

## 2 Examen 2019

1. Lorsqu'elle est en polarisation directe, une diode:

- (a) bloque le courant,
- (b) conduit le courant,
- (c) offre une forte résistance,
- (d) absorbe une forte tension.

(b)

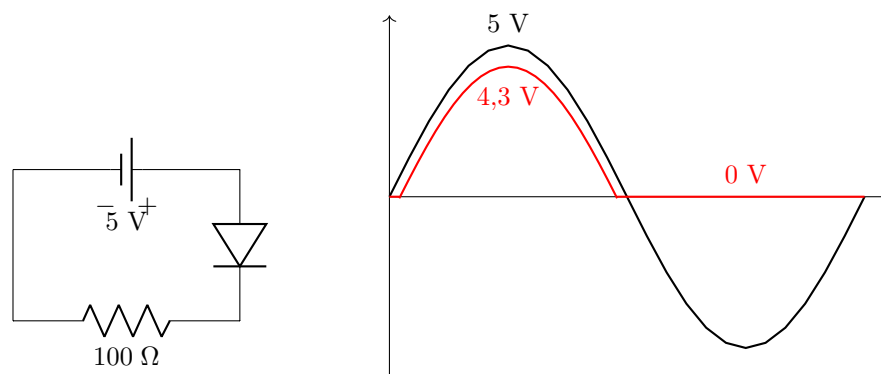


Lorsqu'elle est en polarisation directe, la diode conduit le courant à partir de la tension de seuil (0,7 V pour le silicium).

2. Une diode au silicium est en série avec une source de tension de 5 V et une résistance de 100  $\Omega$ . Si l'anode est branchée à la borne positive, la tension entre la cathode et la borne négative de la source sera de:

- (a) 0,7 V
- (b) 0,3 V
- (c) 5,7 V
- (d) 4,3 V

(d)



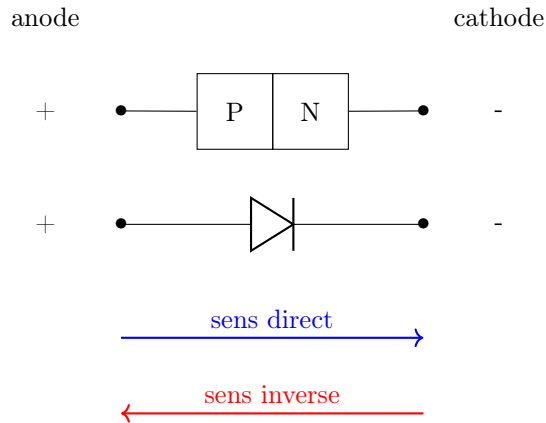
La diode en silicium a une tension de seuil de 0,7 V. La tension mesurée entre la cathode et la borne

négative de la source sera donc de 4,3 V (= 5 - 0,7).

3. La polarisation inverse d'une jonction PN est obtenue en:

- (a) appliquant une tension externe positive à l'anode et négative à la cathode,
- (b) appliquant une tension externe positive à la cathode et négative à l'anode,
- (c) appliquant une tension externe positive à la région P et négative à la région N,
- (d) les réponses 3a et 3c.

(b)



4. La valeur moyenne d'une tension redressée simple alternance d'une valeur de crête de 200 V est:

- (a) 63,7 V
- (b) 127,3 V
- (c) 141 V
- (d) 0 V

(a)

$$U_{moy} = \frac{U_{crête}}{\pi} = \frac{200}{\pi} = 63,66 \approx 63,7$$

5. La valeur moyenne d'une tension redressée double alternance d'une valeur de crête de 100 V est:

- (a) 63,7 V
- (b) 127,3 V
- (c) 141 V
- (d) 0 V

(a)

$$U_{moy} = \frac{2 \times U_{crête}}{\pi} = \frac{2 \times 100}{\pi} = 63,66 \approx 63,7$$

6. La valeur de crête à l'entrée d'un redresseur une alternance est de 10 V. La valeur de crête à la sortie est de:

- (a) 10 V
- (b) 10,7 V
- (c) 9,3 V
- (d) 3,18 V

(c)  $10 - 0,7 = 9,3$  V, car la tension de seuil d'une diode en silicium est de 0,7 V.

7. Dans un transistor, le courant  $I_C$  est le plus important, vrai ou faux ?

**Faux.**

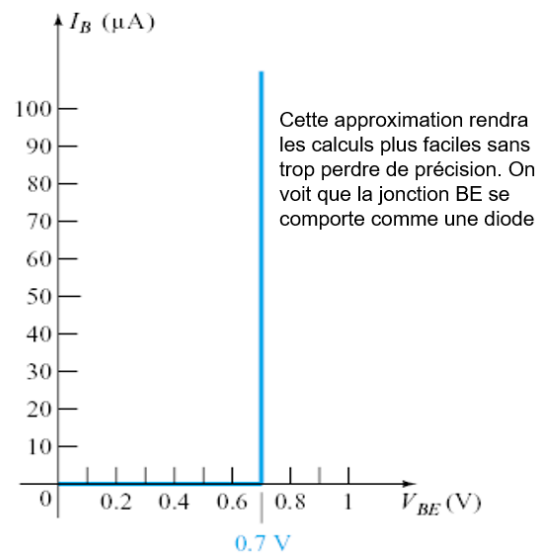
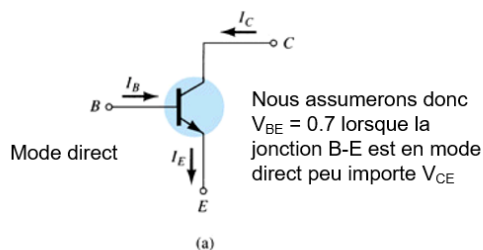
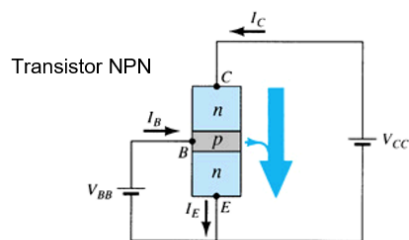


$$I_E = I_B + I_C \implies I_E > I_C$$

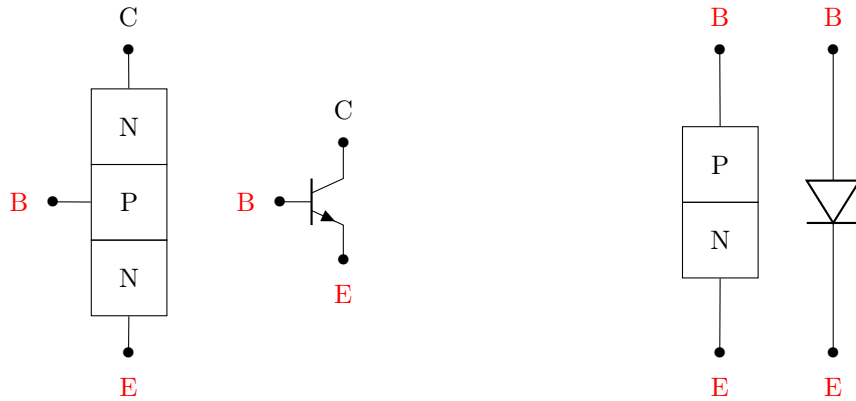
8. La chute de tension entre la base et le collecteur d'un transistor est toujours égale à 0,7 V quand le transistor est passant, vrai ou faux ?

**Vrai.**

## Montage en émetteur commun



**Remarque:** le courant qui passe de la base à l'émetteur (de B à E) traverse une jonction P puis une jonction N, comme si il passait à travers une diode. La tension entre B et E est donc de 0,7 V, comme pour une diode.



9. Le rapport de  $I_E$  sur  $I_B$  est égal à  $\beta_{cc}$ , vrai ou faux ?

**Faux.**

$$\beta_{cc} = \frac{I_C}{I_B} \quad \alpha_{cc} = \frac{I_C}{I_E}$$

10. Si  $I_C$  est 50 fois plus élevé que  $I_B$ , la valeur de  $\beta_{cc}$  vaut 50, vrai ou faux ?

**Vrai.**

$$I_C = 50 \times I_B \implies \beta_{cc} = \frac{I_C}{I_B} = \frac{50 \times I_B}{I_B} = 50$$

11. Si la valeur de  $\beta_{cc}$  est de 100, la valeur de  $\alpha_{cc}$  est de 0,01, vrai ou faux ?

**Faux.**

$$\alpha_{cc} = \frac{I_C}{I_E} = \frac{\beta_{cc}}{\beta_{cc} + 1} = \frac{100}{101} \approx 0.99 \neq 0.01$$

12. Dans un transistor, le courant de base est égal à 2 % du courant de l'émetteur qui est de 30 mA. Déterminer le courant de collecteur.

$$I_B = 0,02 \times I_E ; \quad I_E = 30 [mA] ; \quad I_E = I_C + I_B \\ \implies I_C = I_E - I_B = 30 - 0,02 \times 30 = 29,4 [mA]$$

$$\boxed{I_C = 29,4 [mA]}$$

13. Quelle sera la valeur de  $\beta_{cc}$  lorsque  $I_E = 25$  mA et  $I_B = 200$  mA ?

$$\beta_{cc} = \frac{I_C}{I_B} ; \quad I_E = I_C + I_B \implies \beta_{cc} = \frac{I_E - I_B}{I_B} = \frac{25 - 200}{200} = -0,875 [mA]$$

$$\boxed{\beta_{cc} = -0,875 [mA]}$$

**Remarque:** il y a un problème avec la question. Normalement, vu que:  $I_E = I_B + I_C$ , on a:  $I_E > I_B$ , ce qui n'est pas le cas ici.

14. Si un transistor possède une valeur de  $\alpha_{cc} = 0,96$ ; déterminer  $I_C$  lorsque  $I_E = 9,35$  mA.

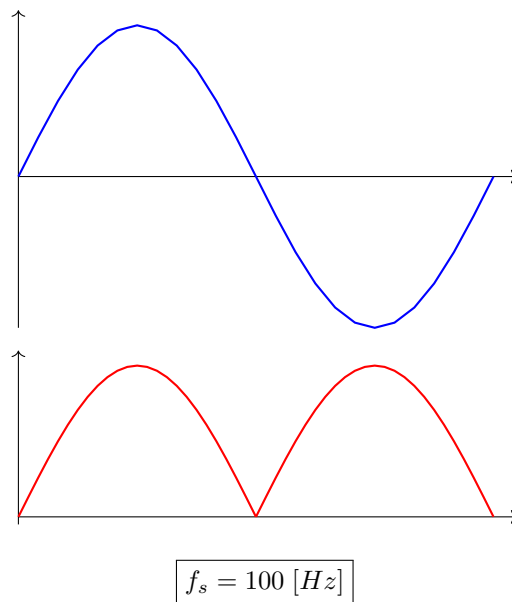
$$I_E = 9,35 [mA] \quad \alpha_{cc} = \frac{I_C}{I_E} = 0,96 \implies I_C = \alpha_{cc} \times I_E = 0,96 \times 9,35 = 8,98 [mA]$$

$$\boxed{I_C = 8,98 [mA]}$$

15. Pour un pont redresseur connecté au réseau, quelle sera la fréquence de sortie ?

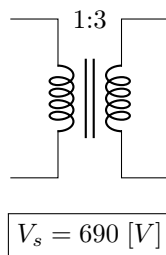


La fréquence du réseau est de 50 Hz. Le pont redresseur va doubler la fréquence, donc 100 Hz.



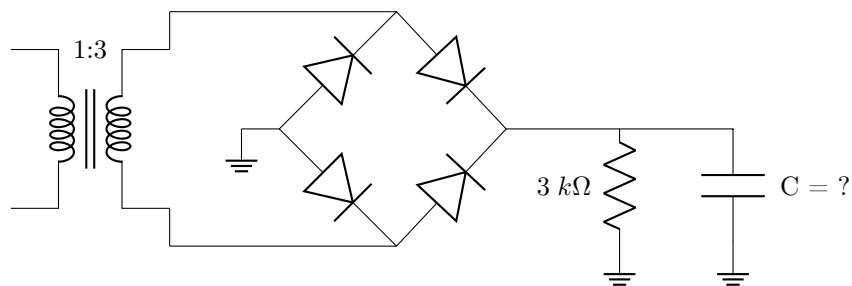
16. Pour ce même pont redresseur (Q 15), quelle sera le tension de crête au secondaire sachant que le rapport de transformation vaut 3 ?

La tension du réseau vaut 230 V. La tension de sortie sera donc:  $230 \times 3 = 690 \text{ V}$ .

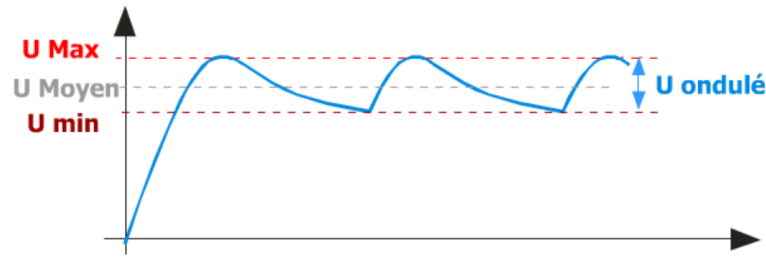


17. Pour ce même pont redresseur (Q 15 et 16), quelle valeur doit avoir le condensateur pour avoir un  $r = 2\%$ , si  $R = 3 \text{ k}\Omega$  ?

Circuit complet:



Tension:



Calcul:

$$C = \frac{2 + r}{2fRr} = \frac{2 + 0,02}{2 \times 100 [Hz] \times 3000 [\Omega] \times 0,02} = 0,0001683333333 [F]$$

$$C = 168 [\mu F]$$

18. Quelle est la puissance dissipée dans une diode parcourue par un courant de 100 mA ?

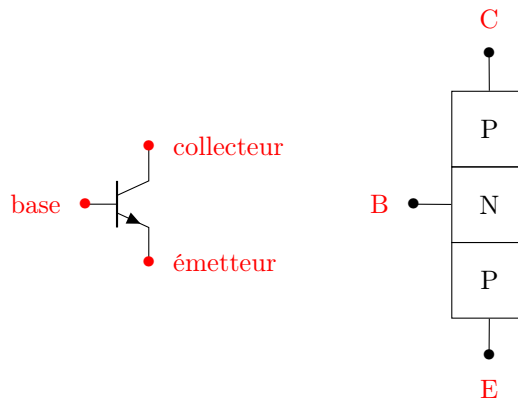
$$U_{diode} = 0,7 [V] ; \quad I = 100 [mA] = 0,1 [A] ; \quad P = U \times I = 0,07 [W]$$

$$P = 0,07 [W]$$

19. Les régions de type P d'un transistor PNP sont:

- (a) base émetteur,
- (b) base collecteur,
- (c) émetteur collecteur.

(c)



20. Que vaut  $I_C$  quand le transistor est saturé ?

Le transistor a 2 états:

- bloqué,
- saturé.

Quand l'état est bloqué, le courant ne passe pas et  $I_C = 0$ . Quand l'état est saturé, le courant passe et  $I_C = I_E - I_B$ .

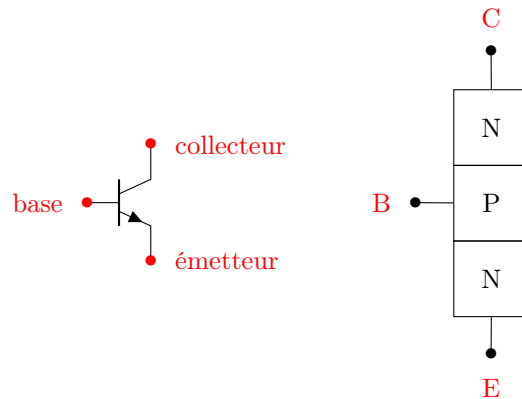
$$I_C = I_E - I_B$$

### 3 Interro

1. Les régions de type N d'un transistor NPN sont:

- (a) base émetteur
- (b) base collecteur
- (c) émetteur collecteur

(c)

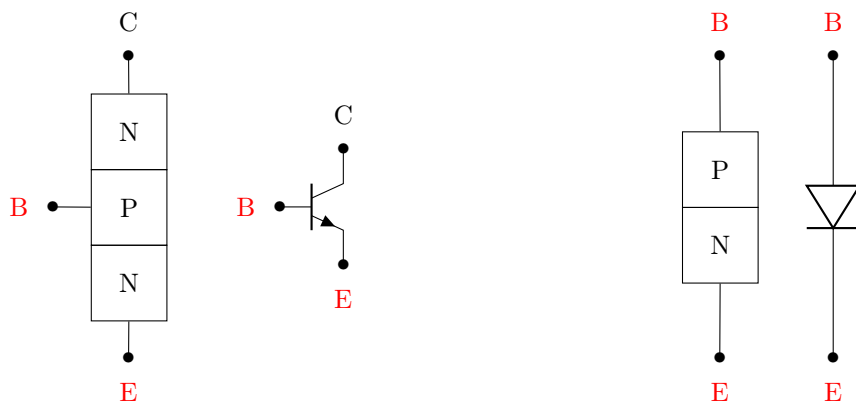


2. La tension aux bornes d'une jonction BE d'un transistor au silicium en fonctionnement normal est d'environ:

- (a) 0 V
- (b) 0,7 V
- (c) 0,3 V
- (d) indéterminée

(b)

Le courant qui passe de la base à l'émetteur (de B à E) traverse une jonction P puis une jonction N, comme si il passait à travers une diode. La tension entre B et E est donc de 0,7 V, comme pour une diode.

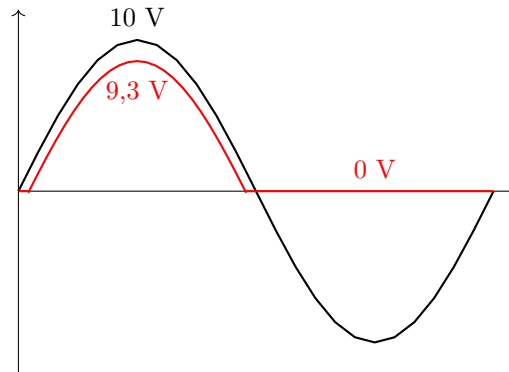


3. La valeur de crête à l'entrée d'un redresseur simple alternance est de 10 V. La valeur de crête approximative à la sortie est de:

- (a) 10 V

- (b) 3,18 V
- (c) 10,7 V
- (d) 9,3 V

(d)

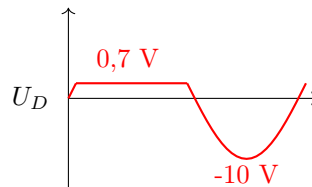


La diode en silicium a une tension de seuil de 0,7 V. La tension mesurée entre la cathode et la borne négative de la source sera donc de 9,3 V (= 10 - 0,7).

4. Pour le circuit de la question 3, la diode devra pouvoir supporter une tension inverse de:

- (a) 10 V
- (b) 5 V
- (c) 20 V
- (d) 3,18 V

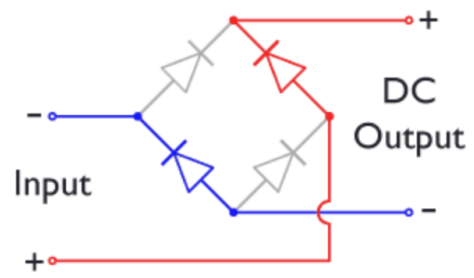
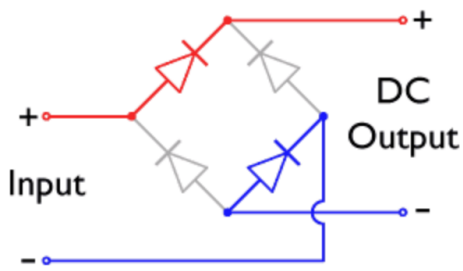
(a)



5. Lorsque la tension de crête de sortie d'un redresseur en pont est de 20 V, la TIC aux bornes de chaque diode est de:

- (a) 20 V
- (b) 21,4 V
- (c) 20,7 V
- (d) 19,3 V

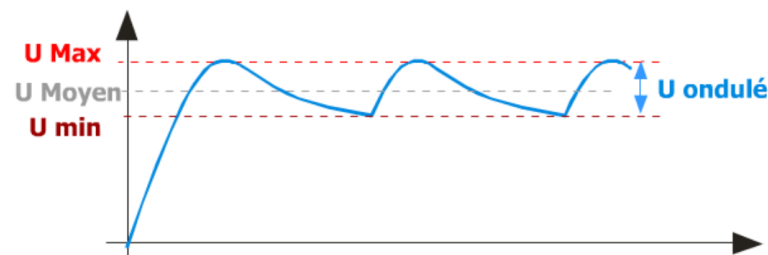
(b)



À cause des deux diodes, la tension de crête perd 1,4 V. Il faut les rajouter pour trouver la TIC.

6. Une tension de crête redressée double alternance de 60 V est appliquée à l'entrée d'un filtre à condensateur. Si la fréquence de sortie est de 120 Hz, la charge de 10 k $\Omega$  et  $C = 10$  mF, la tension d'ondulation est:
- (a) 0,6 V
  - (b) 6 mV
  - (c) 5 mV
  - (d) 2,88 V

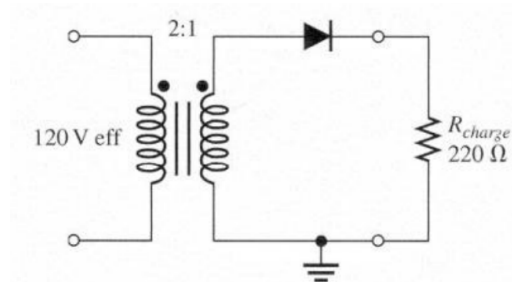
(c)



$$V_{o, \text{càc}} = V_{ch, \text{max}} \times \frac{1}{fRC} = 60 \text{ [V]} \times \frac{1}{120 \text{ [Hz]} \times 10000 \text{ [\Omega]} \times 0.010 \text{ [F]}} = 0,005 \text{ [V]}$$

$$V_{o, \text{càc}} = 5 \text{ [mV]}$$

7. La puissance moyenne fournie à la charge en négligeant la chute de potentiel dans la diode pour le circuit suivant vaut:
- (a) 13,36 W
  - (b) 8,18 W
  - (c) 3,32 W
  - (d) 6,64 W



(c)

On a:

- la tension  $= U_{moy} = \frac{120 \times \sqrt{2}}{2 \times \pi} \approx 27 [V]$ ,
- la résistance  $= R = 220 [\Omega]$ ,
- la relation:  $U = R \times I$ .

$$\Rightarrow P = U \times I = \frac{U^2}{R} \approx 3.31 [W]$$

8. La tension de crête de sortie d'un redresseur en pont est de 28,3 V. Quelle est la TIC aux bornes des diodes ?

- (a) 28,3 V
- (b) 29 V
- (c) 29,7 V
- (d) 27,6 V

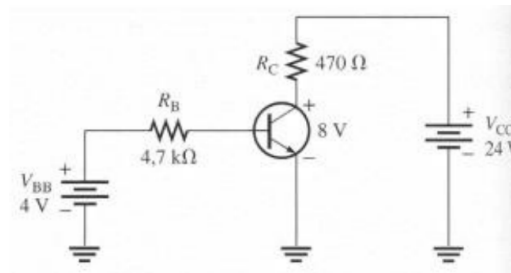
(c)

Rappel: TIC = tension inverse maximale = tension maximale que la diode peut prendre en sens inverse avant de claquer.

Avec un pont redresseur, on enlève 1,4 V à  $U_{crête}$ . Il faut donc ajouter 1,4 V à  $U_{crête}$  pour connaître la TIC.

9. Les valeurs des courants IB et IC pour le montage suivant sont:

- (a) IC = 51 mA, IB = 0,7 mA
- (b) IC = 51 mA, IB = 0,51 mA
- (c) IC = 34 mA, IB = 0,34 mA
- (d) IC = 34 mA, IB = 0,7 mA



(d)

Loi des mailles (maille de gauche):

$$V_{bb} - I_b \times R_b - 0,7 [V] = 0 \quad \Rightarrow \quad I_b = \frac{V_{bb} - 0,7 [V]}{R_b}$$

$$\Rightarrow I_b \approx 0.702 [mA]$$

Loi des mailles (maille de droite):

$$V_{cc} - R_c \times I_c - V_{ce} = 0 \quad \Rightarrow \quad I_c = \frac{V_{cc} - 8 [V]}{R_c}$$

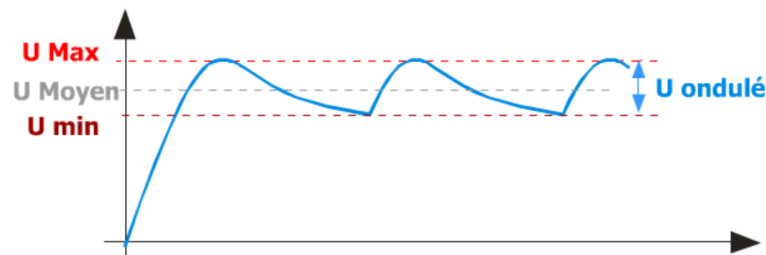
$$\Rightarrow I_c \approx 34 [mA]$$

10. Quelle est la valeur du condensateur à utiliser pour produire un coefficient d'ondulation de 1 % pour un redresseur double alternance qui possède une résistance de charge de  $1,5 \text{ k}\Omega$ . On supposera que le redresseur produit une tension de crête de sortie de 25 V et que la fréquence du signal d'entrée est de 50 Hz.

- (a) 1,005 mF
- (b) 0,67 mF
- (c) 1,34 mF
- (d) 2,68 mF

(c)

Tension:



$$C = \frac{2 + r}{2fRr} = \frac{2 + 0,01}{2 \times 50 [Hz] \times 1500 [\Omega] \times 0,01} = 0.00134 [F]$$

$$C = 1,34 [mF]$$

11. Soit un redresseur en pont avec filtrage qu'on alimente avec une tension alternative sinusoïdale de valeur crête 55 V à une fréquence de 50 Hz. Si la résistance en charge vaut  $10 \text{ k}\Omega$  et que la capacité du condensateur vaut  $2,5 \times 10^{-5} \text{ F}$ , le coefficient d'ondulation vaut:

- (a) 8 %
- (b) 16 %
- (c) 2 %
- (d) 4 %

(a)

$$r = \frac{2}{2fRC - 1} = \frac{2}{2 \times 50 [Hz] \times 10000 [\Omega] \times 2,5 \times 10^{-5} [F] - 1} = 0.0833333333$$

$$r = 8 \%$$

12. Le transistor est en saturation signifie:

- (a) Le transistor va brûler car on se rapproche du claquage.
- (b) Le courant base est trop important, le transistor ne fonctionne plus normalement.
- (c) Le courant collecteur atteint un maximum, le courant base peut encore augmenter.
- (d) Les courants collecteur et base atteignent un maximum au-delà duquel le transistor claque.

(b) Quand le transistor est saturé,  $I_b$  est grand et  $I_c$  est petit ce qui n'est pas "normal" pour le transistor.

13. Quelle sera la valeur de  $\beta_{cc}$  si  $I_E = 5,34 \text{ mA}$  et  $I_B = 0,0475 \text{ mA}$  ?

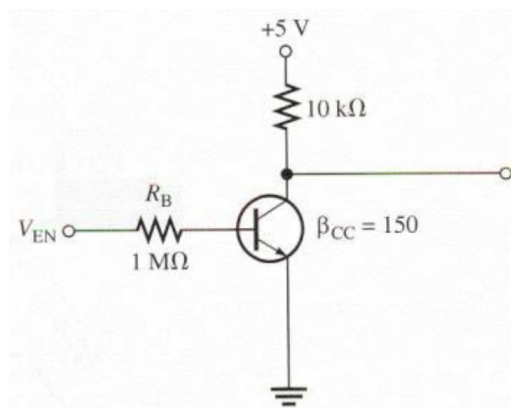
- (a) 11,1
- (b) 112
- (c) 111
- (d) 11,2

(c)

$$I_C = I_E - I_B \quad \Rightarrow \quad \beta_{cc} = \frac{I_C}{I_B} = \frac{I_E - I_B}{I_B} \approx 111$$

14. En supposant que  $V_{CE}(\text{sat}) = 0 \text{ V}$ , déterminer la valeur du courant  $I_C(\text{sat})$  pour le schéma suivant.

- (a) 0,43 mA
- (b) 4,3 mA
- (c) 0,5 mA
- (d) 5 mA



(c)

Loi des mailles (maille de droite):

$$5 [V] - I_c \times 10 [k\Omega] = 0 \quad \Rightarrow \quad I_c = 0,50 [mA]$$

15. Dans la question 14, quelle valeur de courant  $I_B$  faut-il pour atteindre la saturation ?

- (a) 0,33 mA
- (b) 0,033 mA
- (c) 0,0033 mA
- (d) 0,00033 mA

(c)

$$I_b = \frac{I_c}{\beta_{cc}} = \frac{0,50}{150} [mA] = 0.0033333333 [mA]$$



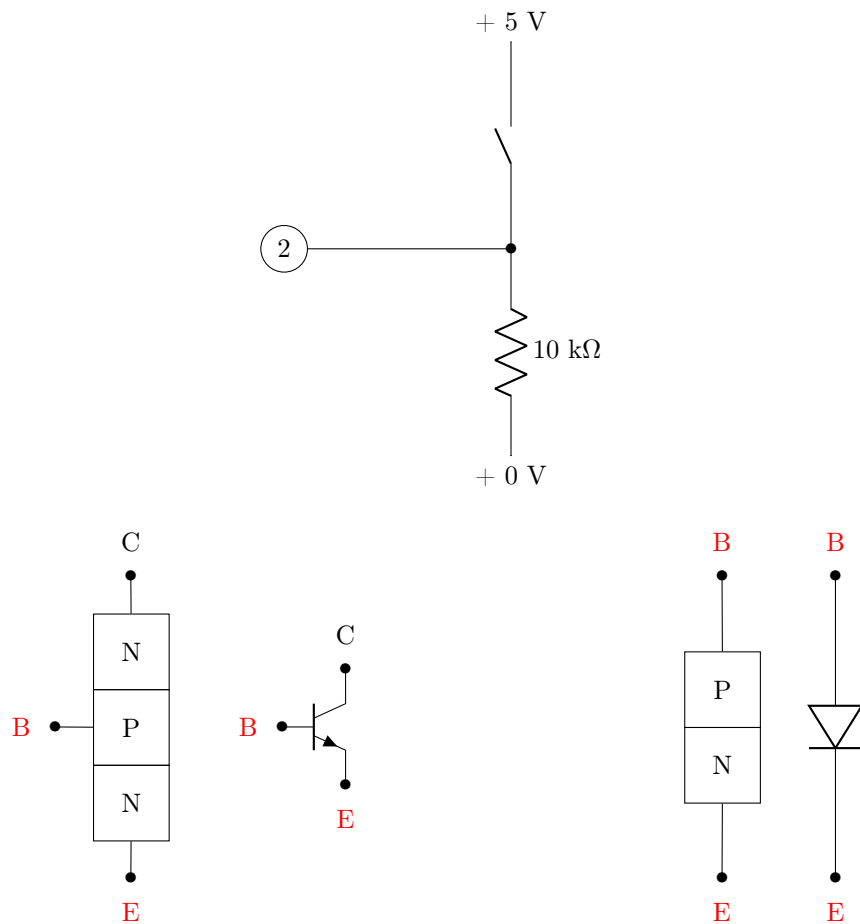
## Part II

# Laboratoires

## 4 Allumer une Led via un bouton poussoir

### 4.1 Explication bouton

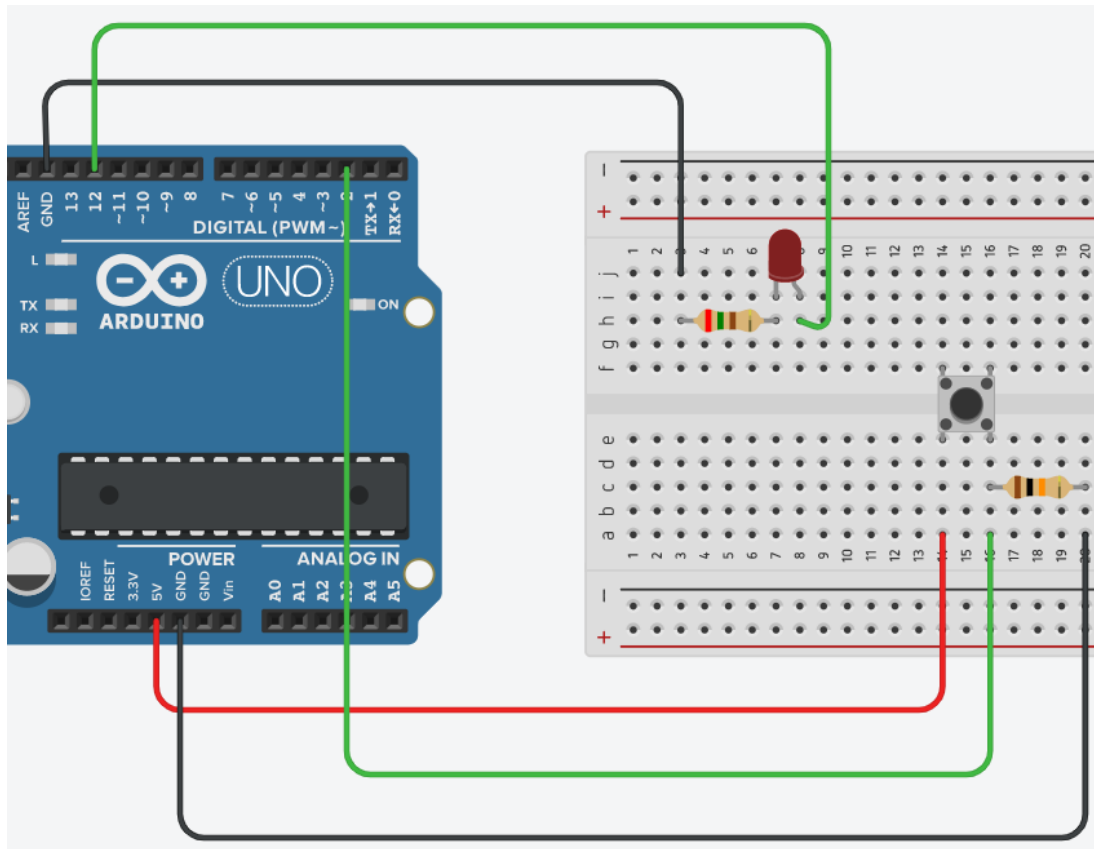
On mesure la tension sur la pin 2. Pour éviter le *flottement*, c-à-d éviter que la valeur lue par la pin change tout le temps, on connecte la pin 2 à la masse avec une grosse résistance. La grosse résistance sert à éviter que tout le courant passe du 5V à la masse directement quand on appuie sur le bouton.



### 4.2 Résolution exercice

```
1  #define LED 12
2  #define PIN 2
3
4  void setup()
5  {
6      pinMode(LED, OUTPUT);
7      pinMode(PIN, INPUT);
8  }
9
10 void loop()
11 {
12     bool mode = digitalRead(PIN);
13     digitalWrite(LED, mode);
14 }
```

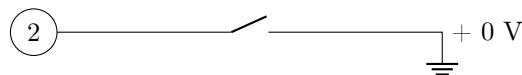
On utilise une résistance de 250  $\Omega$  pour la led et une résistance de 10k  $\Omega$  pour le bouton poussoir.



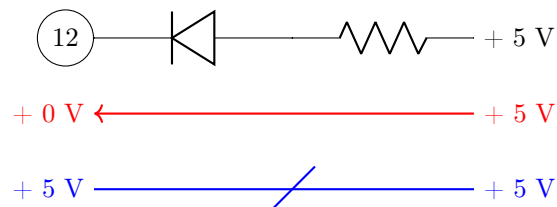
## 5 Allumer une Led via un bouton poussoir (input\_pullup)

### 5.1 Explication input\_pullup

Avec `input_pullup`, on n'a plus besoin d'utiliser une résistance et de connecter la pin 2 à la fois au 5V et au 0V. En fait, la pin 2 est connectée au 5V avec une résistance interne. Il faut donc relier la pin 2 à la masse avec le bouton.



Le problème avec `input_pullup`, c'est que **le signal est inversé**. On pourrait juste inverser le signal dans le code mais ce n'est pas autorisé pour cet exercice.



### 5.2 Résolution de l'exercice

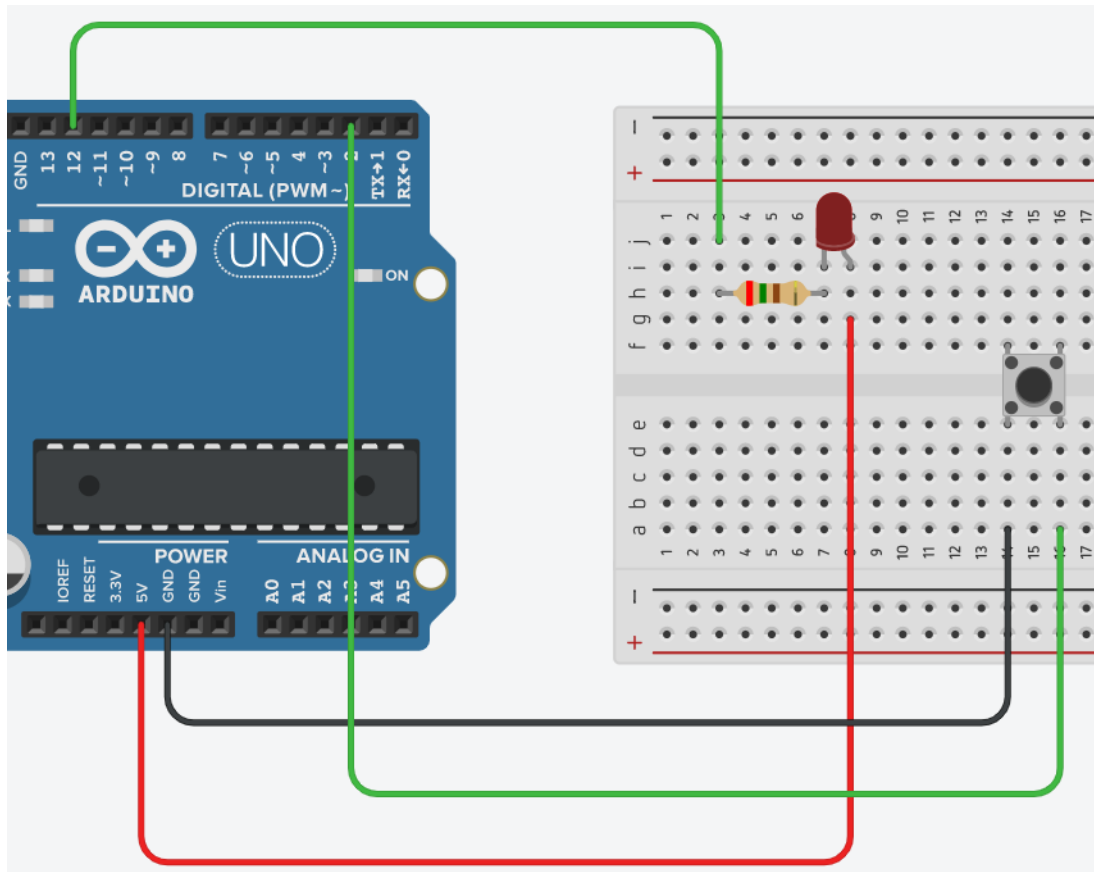
```
1 #define LED 12
2 #define PIN 2
3
```

```

4 void setup()
5 {
6     pinMode(LED, OUTPUT);
7     pinMode(PIN, INPUT_PULLUP);
8 }
9
10 void loop()
11 {
12     bool mode = digitalRead(PIN);
13     digitalWrite(LED, mode);
14 }

```

On utilise une résistance de 250  $\Omega$ .



## 6 Télérupteur

Explication du code:

- On veut changer l'état de la led quand on relache le bouton.
- Quand le bouton est pressé, l'état est *LOW* parce qu'on est connecté à la masse.
- Et quand on relache, l'état est *HIGH* (à cause de input\_pullup).

```

1 #define LED 12
2 #define PIN 2
3
4 void setup()
5 {
6     pinMode(LED, OUTPUT);
7     pinMode(PIN, INPUT_PULLUP);
8 }
9

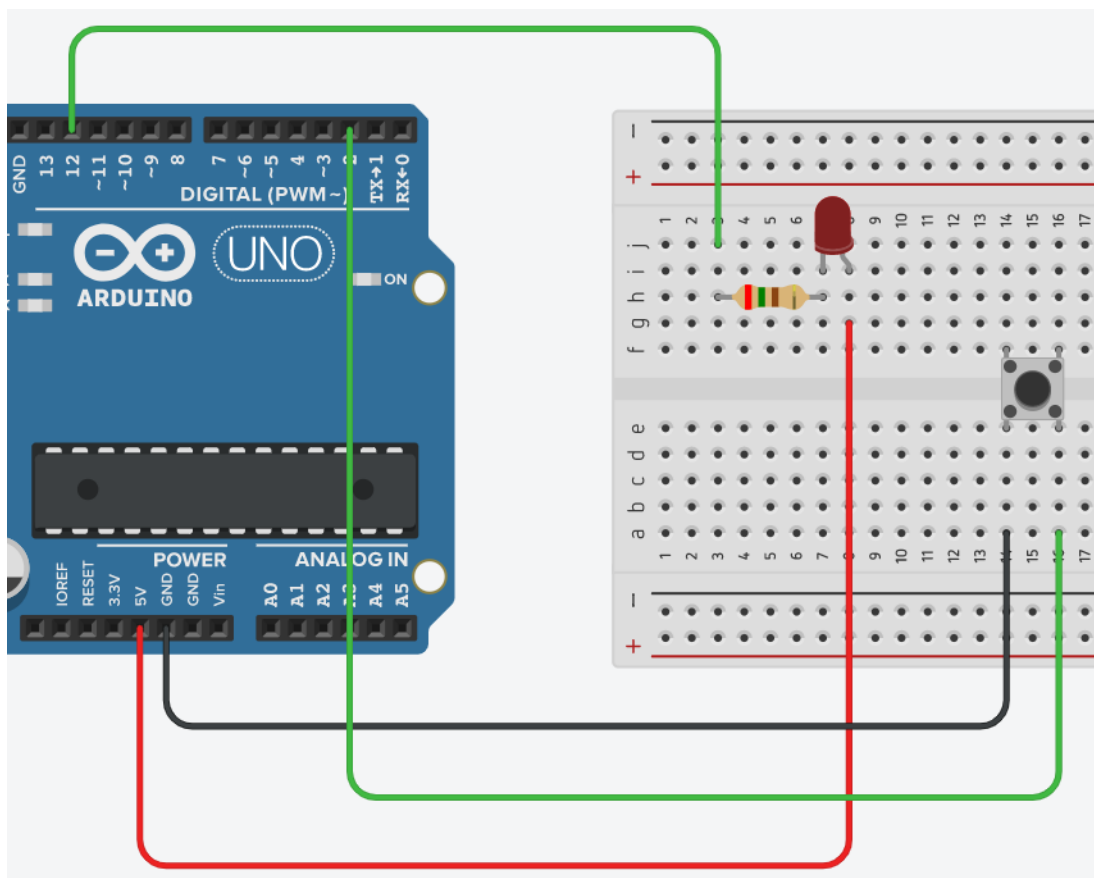
```

```

10 bool etat_precedant = HIGH; // INPUT_PULLUP ==> HIGH
11 bool etat_led = LOW;
12
13 void loop()
14 {
15     bool etat = digitalRead(PIN);
16
17     // si on vient de relacher le bouton
18     if (etat == HIGH && etat_precedant == LOW)
19     {
20         // on inverse l'etat de la led
21         etat_led = !etat_led;
22     }
23
24     digitalWrite(LED, etat_led);
25     etat_precedant = etat;
26 }

```

On utilise une résistance de 250  $\Omega$ .



## 7 Mesure analogique et PWM

Explication du code : il faut mettre le pin 11 pour la led parce que le 12 n'avait pas de  $\sim$  et ne peut donc pas gérer la fonction *analogWrite*.

```

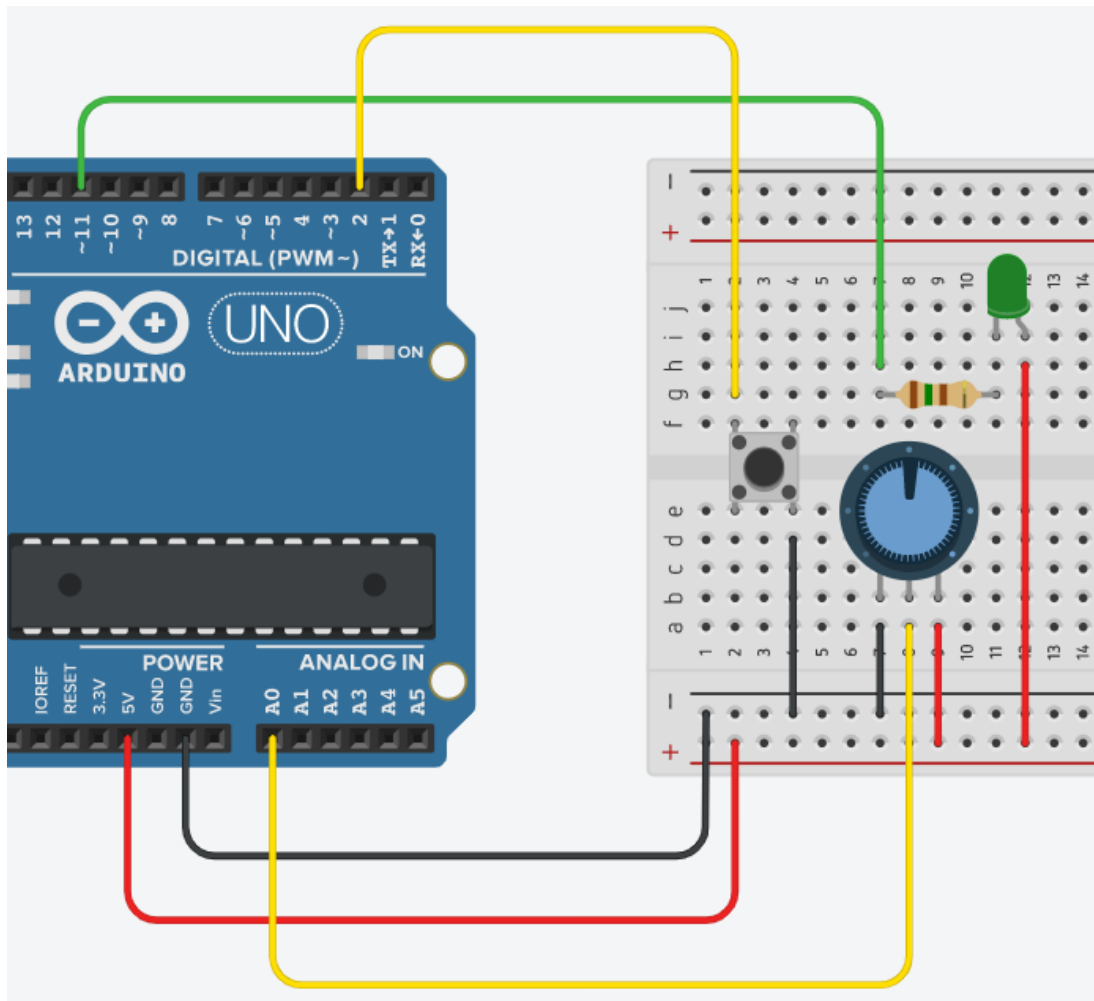
1  #define LED 11
2  #define PIN 2
3  #define POT A0
4
5  void setup()
6  {
7      pinMode(LED, OUTPUT);
8      pinMode(PIN, INPUT_PULLUP);

```

```

9     pinMode(POT, INPUT);
10 }
11
12 bool etat_precedant = HIGH; // INPUT_PULLUP ==> HIGH
13 bool etat_led = HIGH;
14
15 void loop()
16 {
17     bool etat = digitalRead(PIN);
18     int val_pot = analogRead(POT); // 0 a 1023
19     //val_pot = map(val_pot, 0,1023, 0,255); // 0 a 255
20     val_pot = map(val_pot, 0,1023, 255,0); // 255 a 0
21
22     // si on vient de relacher le bouton
23     if (etat == HIGH && etat_precedant == LOW)
24     {
25         // on inverse l'etat de la led
26         etat_led = !etat_led;
27     }
28
29     if (etat_led == HIGH)
30     {
31         analogWrite(LED, val_pot);
32     }
33
34     etat_precedant = etat;
35 }

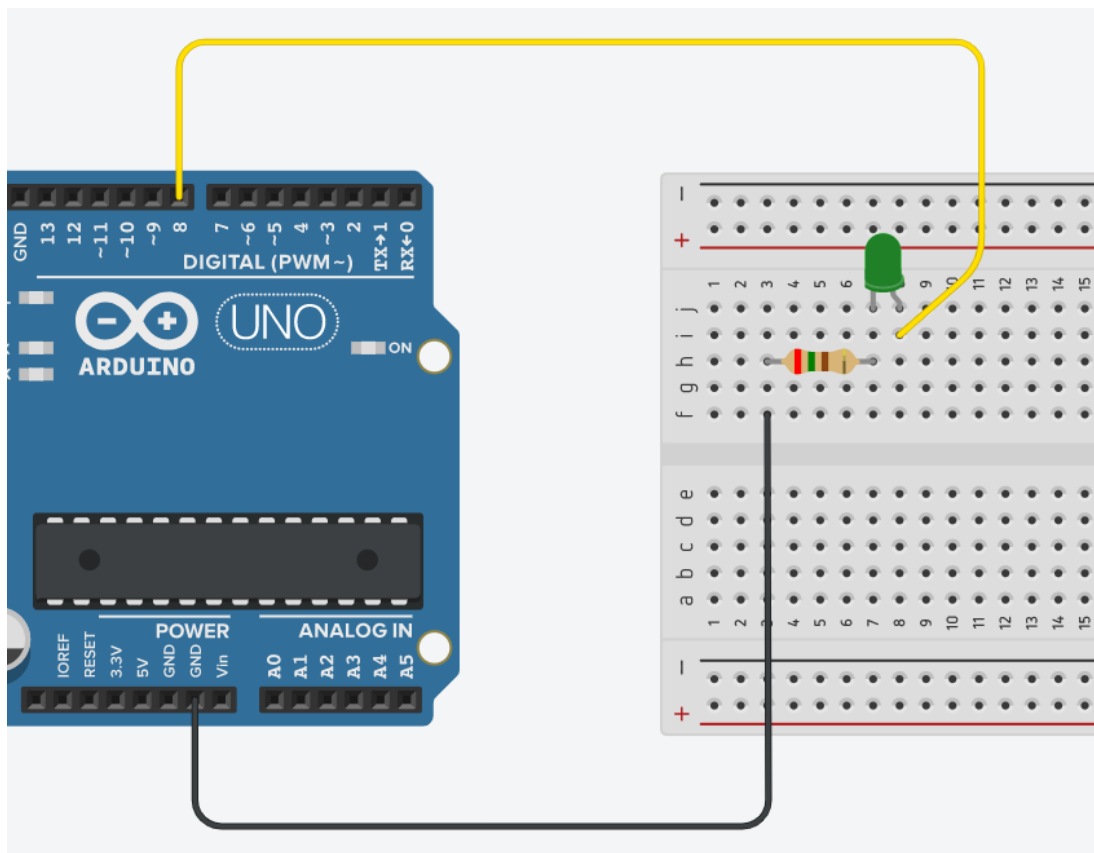
```



## 8 Clignotement Led

```
1 #define LED 8
2
3 void setup()
4 {
5     pinMode(LED, OUTPUT);
6 }
7
8 void loop()
9 {
10     digitalWrite(LED, HIGH);
11     delay(1000); // Attendre 1000 millisecond (= 1s)
12     digitalWrite(LED, LOW);
13     delay(1000);
14 }
```

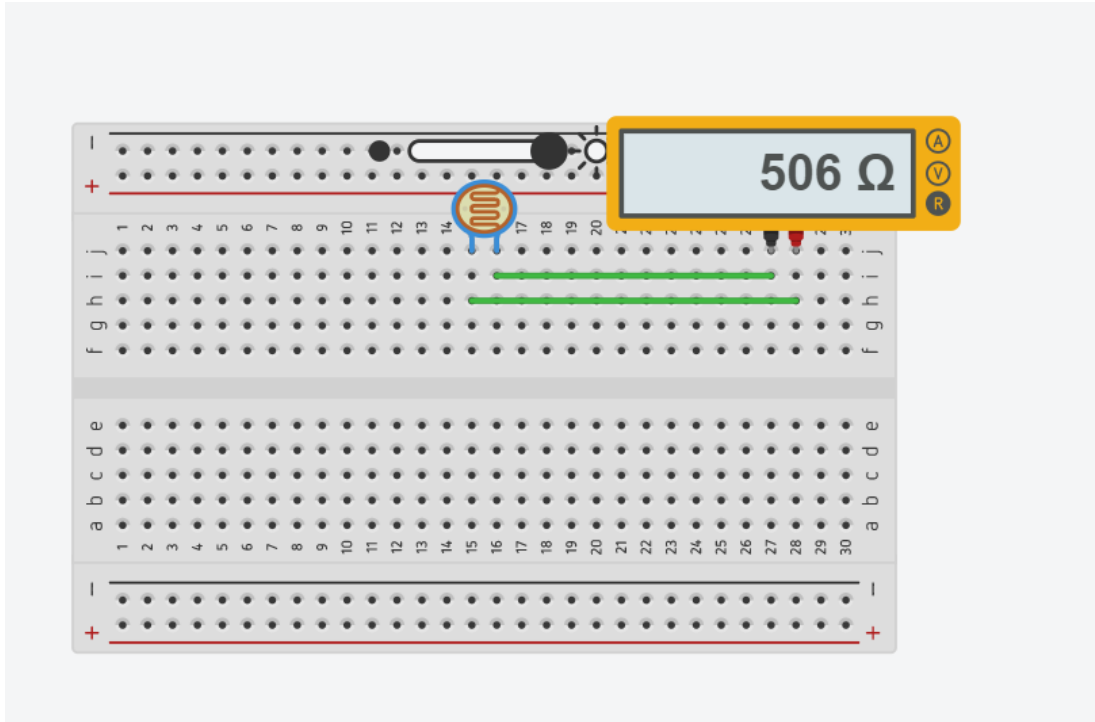
On utilise une résistance de 250  $\Omega$ .



## 9 Détection de lumière et hystérésis

### 9.1 Photorésistance

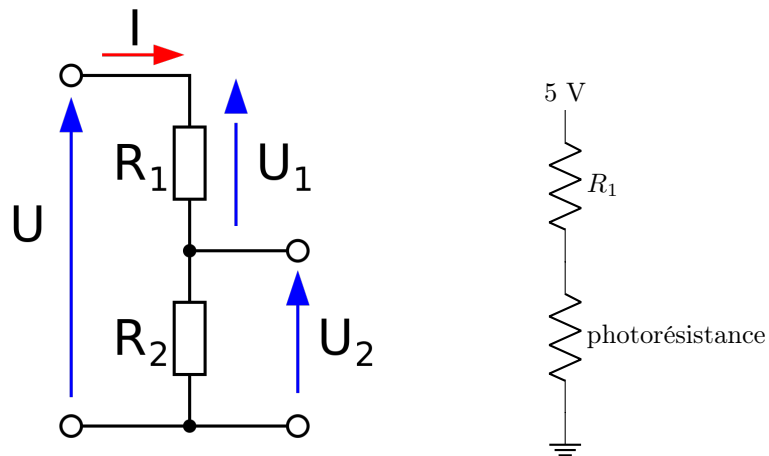
Pour connaître la résistance de la photorésistance dans tinkercad, on place la photorésistance et un multimètre configuré en ohmmètre et on mesure la variation de la résistance quand on change la luminosité.



Variation de la résistance:

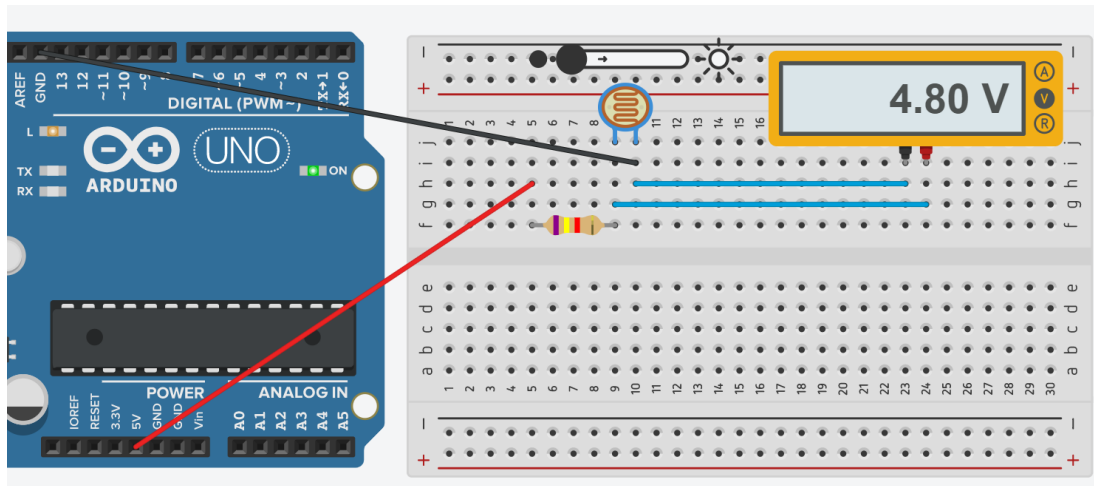
- dans le noir =  $180\text{ k}\Omega$ ,
- à la lumière =  $506\text{ }\Omega$ .

## 9.2 Pont diviseur



Formule pour le calcul de  $R_1$ :

$$\begin{aligned}
 R_1 &= \sqrt{\frac{R_{2,min} \times R_{2,max}^2 - R_{2,max} \times R_{2,min}^2}{R_{2,max} - R_{2,min}}} \\
 &= \sqrt{\frac{506 \times (180k)^2 - 180k \times 506^2}{180k - 506}} \\
 &= 9543.58\text{ }\Omega
 \end{aligned}$$



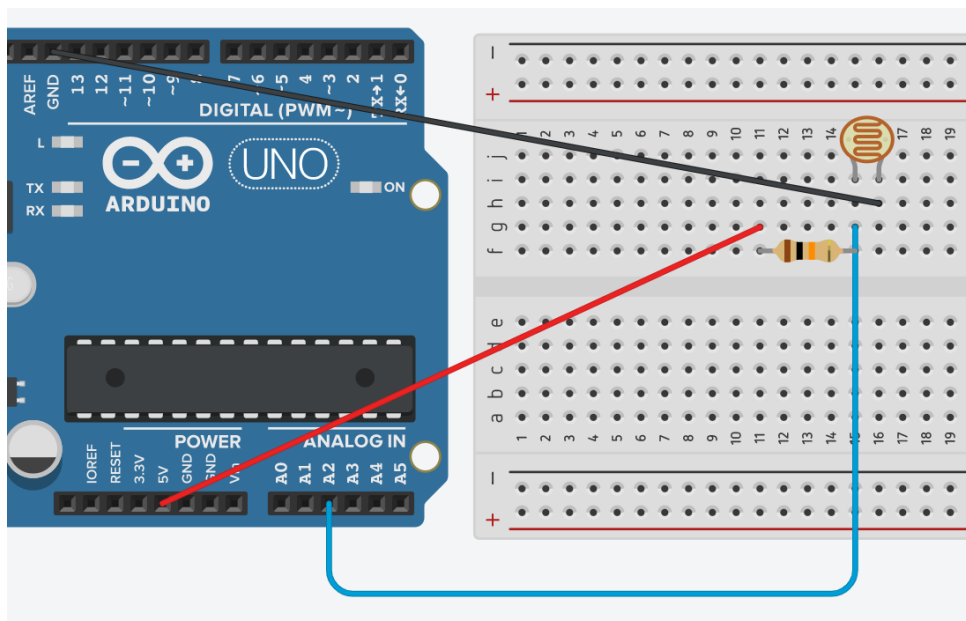
Avec une résistance de  $9543,58 \Omega$ :

- Tension dans le noir: 4,80 V.
- Tension à la lumière: 321 mV.

Avec une résistance de  $10 k\Omega$ :

- Tension dans le noir: 4,74 V.
- Tension à la lumière: 241 mV.

### 9.3 Pourcentage de lumière



Nous devons mesurer la tension et la convertir en pourcentage de la lumière mesurée. On le fait en 2 étapes:

1. Mesurer les tensions:

```

1 #define PIN A2
2
3 void setup()
4 {
5     pinMode(PIN, INPUT);
6     Serial.begin(9600);

```



```

7  }
8
9  void loop()
10 {
11     int value = analogRead(PIN);
12     Serial.println(value);
13 }

```

Valeurs mesurées:

- dans le noir: 969,
- à la lumière: 49.

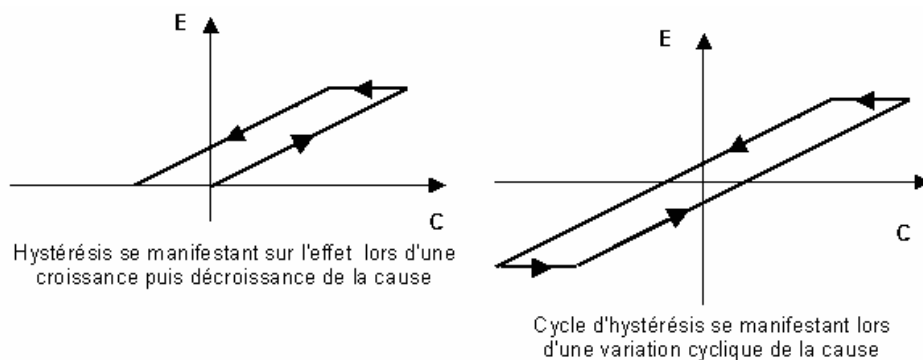
2. Convertir les tensions en pourcentage:

```

1  #define PIN A2
2
3  void setup()
4  {
5      pinMode(PIN, INPUT);
6      Serial.begin(9600);
7  }
8
9  void loop()
10 {
11     int value = analogRead(PIN);
12     Serial.println( map(value, 969,49, 0,100) );
13 }

```

## 9.4 Hystérésis

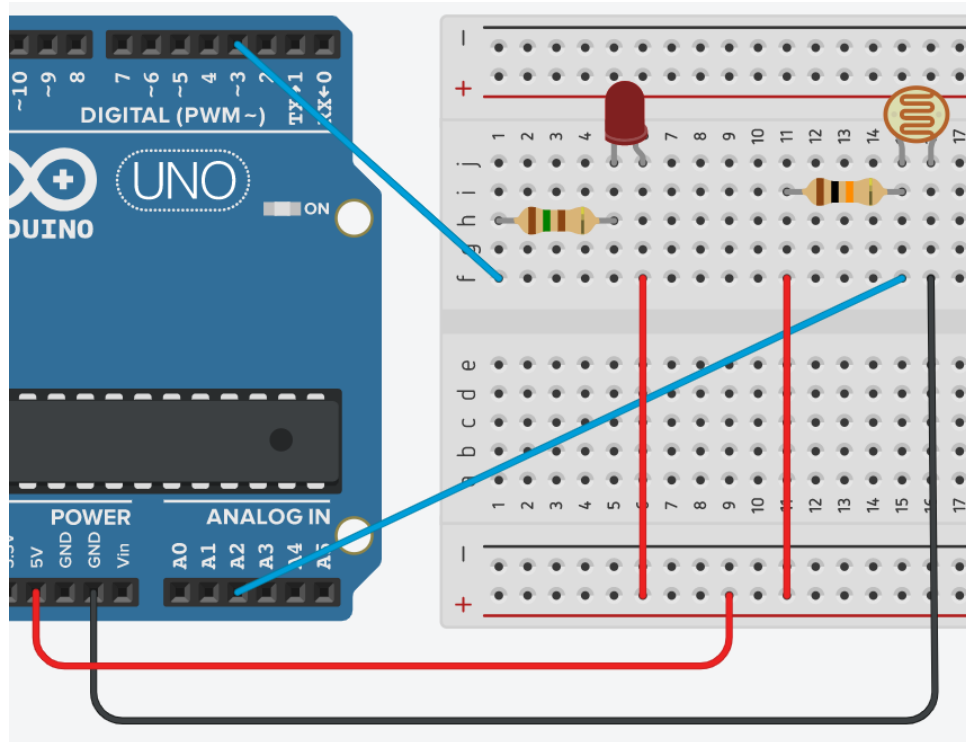


Dans ce cas-ci, nous devons éteindre la LED progressivement en fonction de la luminosité:

- luminosité > 90 %  $\implies$  LED éteinte,
- luminosité < 90 %  $\implies$  LED allumée.

Voici 2 solutions:

- Version 1, LED connectée au 5 V:

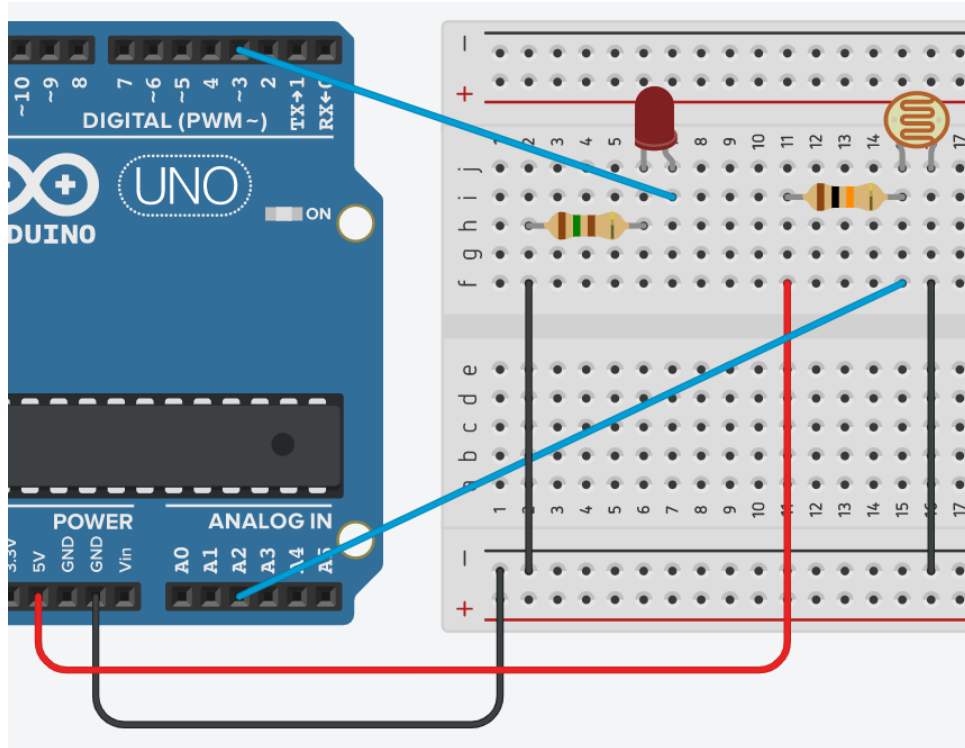


```

1  #define PIN A2
2  #define LED 3
3
4  void setup()
5  {
6      pinMode(PIN, INPUT);
7      pinMode(LED, OUTPUT);
8      Serial.begin(9600);
9  }
10
11 void loop()
12 {
13     char luminosite = map(analogRead(PIN), 49,968, 100,0);
14
15     if (luminosite >= 93)
16         digitalWrite(LED, HIGH); // eteint la led
17     if (luminosite <= 87)
18         analogWrite(LED, map(luminosite, 0,100, 0,255));
19 }

```

- Version 2, LED connectée à la masse:



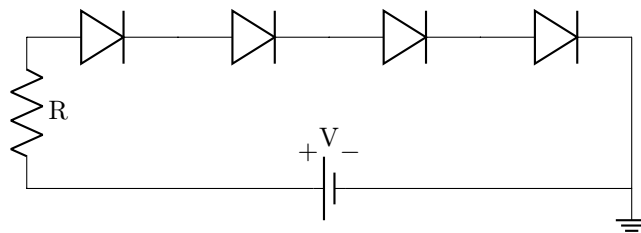
```

1  #define PIN A2
2  #define LED 3
3
4  void setup()
5  {
6      pinMode(PIN, INPUT);
7      pinMode(LED, OUTPUT);
8      Serial.begin(9600);
9  }
10
11 void loop()
12 {
13     char luminosite = map(analogRead(PIN), 49,968, 100,0);
14
15     if (luminosite >= 93)
16         digitalWrite(LED, LOW); // eteint la led
17     if (luminosite <= 87)
18         analogWrite(LED, map(luminosite, 0,100, 255,0));
19 }

```

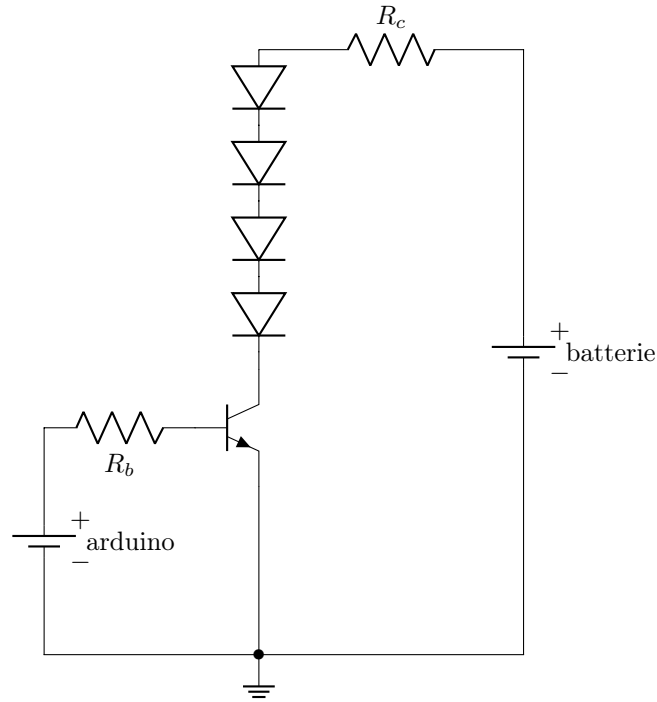
## 10 Alimentation de plusieurs LED en série

### 1. Schéma 1:



Ce premier schéma est impossible à réaliser en mettant un arduino comme source de courant (à la place de V) car il faudrait supporter 2 V par diode (donc 8 V en tout) et l'arduino ne peut fournir que 5 V au maximum.

2. Schéma 2:



On connaît les valeurs suivantes:

- $I_c = 20 \text{ mA}$ , pour passer dans les diodes,
- $V_{batterie} = 9 \text{ V}$ , c'est la seule batterie dans tinkercad,
- $\beta_{cc} = 292$ , donné dans l'énoncé,
- $V_{arduino} = 5 \text{ V}$ ,
- $V_{diode} = 2 \text{ V}$ ,
- $V_{transistor} = 0,3 \text{ V}$  = différence de tension entre le collecteur et l'émetteur,
- $V_{diode/transistor} = 0,7 \text{ V}$  = différence de tension entre la base et l'émetteur.

On utilise la loi des mailles (maille de droite) pour calculer  $R_c$ :

$$V_{batterie} - R_c \times I_c - 4 \times V_{diode} - V_{transistor} = 0$$

$$\Rightarrow R_c = \frac{V_{batterie} - 4 \times V_{diode} - V_{transistor}}{I_c} = 35 \Omega$$

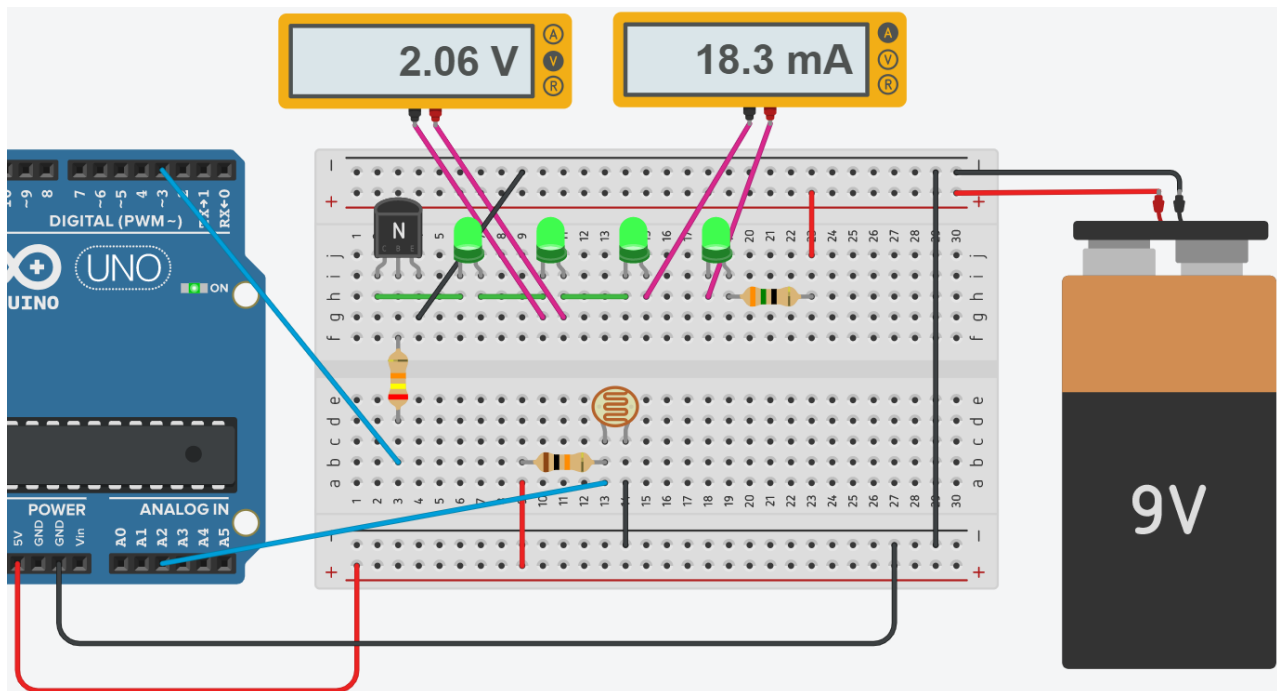
On calcule  $I_b$  avec:

$$I_c = \beta_{cc} \times I_b \Rightarrow I_b = \frac{I_c}{\beta_{cc}} = 0,0685 \text{ mA}$$

Avec la loi des mailles (maille de gauche), on peut trouver  $R_b$ :

$$V_{arduino} - R_b \times I_b - V_{diode/transistor} = 0$$

$$\Rightarrow R_b = \frac{V_{arduino} - V_{diode/transistor}}{I_b} = 62,8 \text{ k}\Omega$$



**Attention !** Il faut connecter la masse de l'arduino à la masse de la pile (comme sur le schéma théorique).

```

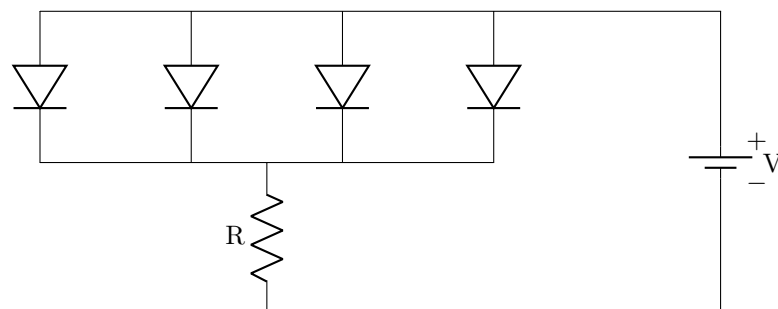
1  #define PIN A2
2  #define LED 3
3
4  void setup()
5  {
6      pinMode(PIN, INPUT);
7      pinMode(LED, OUTPUT);
8  }
9
10 void loop()
11 {
12     // 49 - 969
13     int valLum = analogRead(PIN);
14
15     analogWrite(LED, map(valLum, 49, 969, 0, 255));
16 }

```

**Remarque:** si on va voir la datasheet du transistor *BC547* sur le site de *farnell*<sup>1</sup>, on a un  $\beta_{cc,min} = 110$ .

## 11 Alimentation de plusieurs LED en parallèle

1. Schéma 1:



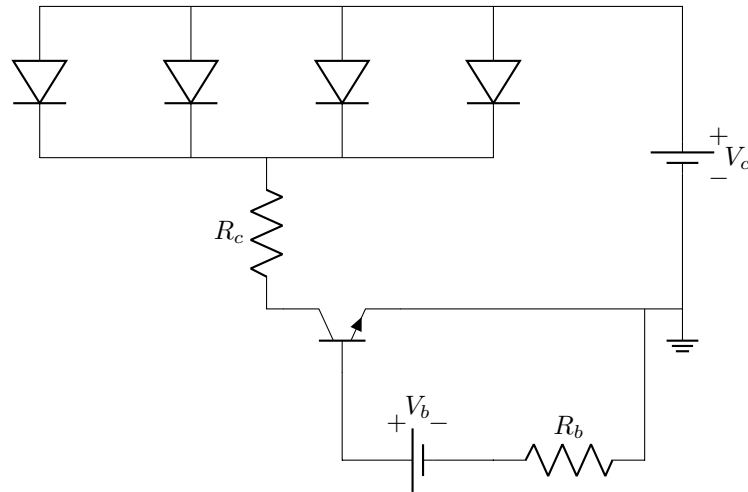
<sup>1</sup><http://www.farnell.com/datasheets/59764.pdf>

Dans ce cas-ci, on n'a pas besoin de pile pour faire ce circuit car on a besoin:

- d'un voltage de 2 V,
- d'un courant de  $4 \times 20 \text{ mA}$ .

Et l'arduino peut nous fournir cela à partir de la pin de 5 V (max 200 mA), **mais** pas depuis une pin I/O normale (max 40 mA). On aura donc besoin d'un transistor.

2. Schéma 2:



On connaît les valeurs suivantes:

- $\beta_{cc} = 292$ , donné dans l'énoncé,
- $I_c = 80 \text{ mA}$ , pour passer dans les diodes,
- $V_c = V_b = 5 \text{ V}$ ,
- $V_{diode} = 2 \text{ V}$ ,
- $V_{transistor} = 0,3 \text{ V}$  = différence de tension entre le collecteur et l'émetteur,
- $V_{diode/transistor} = 0,7 \text{ V}$  = différence de tension entre la base et l'émetteur.

On utilise la loi des mailles (maille du haut) pour calculer  $R_c$ :

$$V_b - I_c \times R_c - V_{diode} - V_{transistor} = 0$$

$$\Rightarrow R_c = \frac{V_b - V_{diode} - V_{transistor}}{I_c} = 33,75 \Omega$$

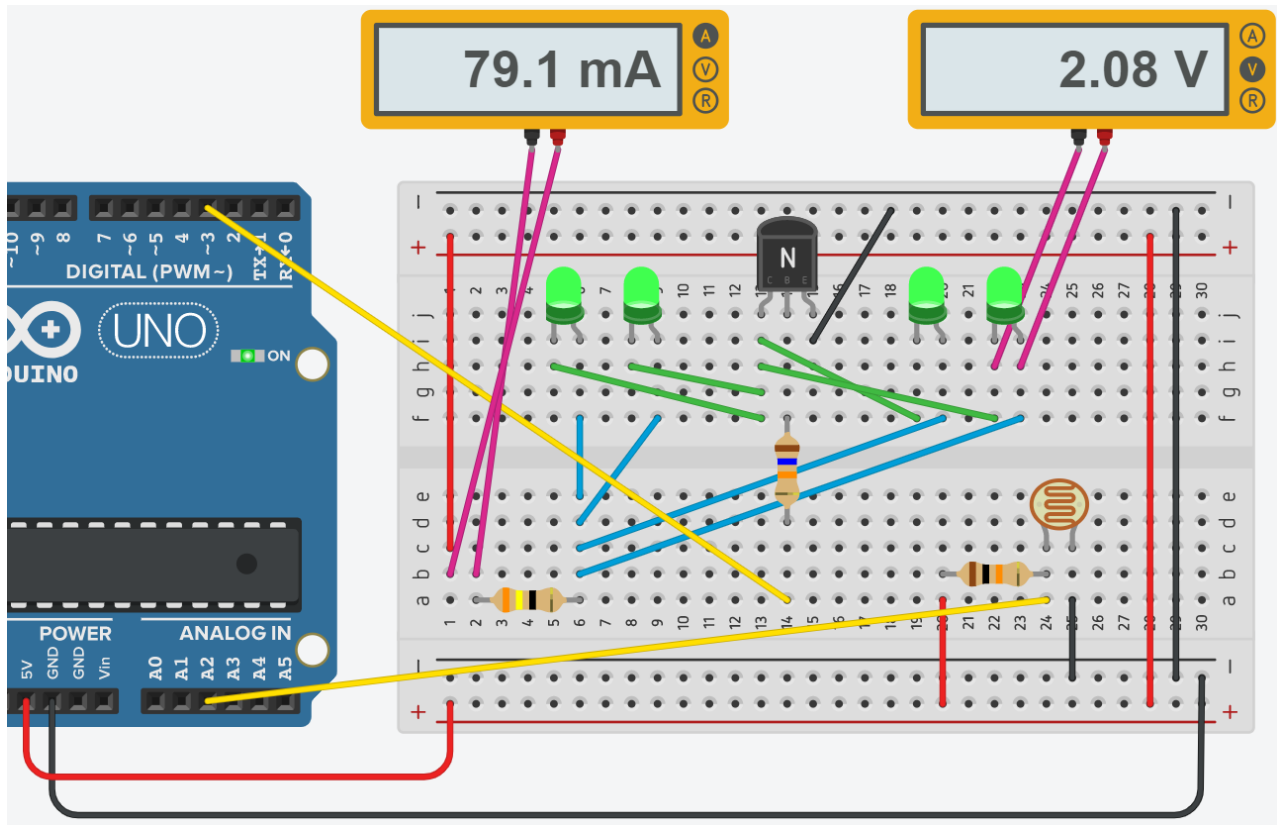
On calcule  $I_b$  avec:

$$I_b = \frac{I_c}{\beta_{cc}} = 0,274 \text{ mA}$$

Avec la loi des mailles (maille du bas) pour calculer  $R_b$ :

$$V_b - I_b \times R_b - V_{diode/transistor} = 0$$

$$\Rightarrow R_b = \frac{V_b - V_{diode/transistor}}{I_b} = 15.69 \text{ k}\Omega$$

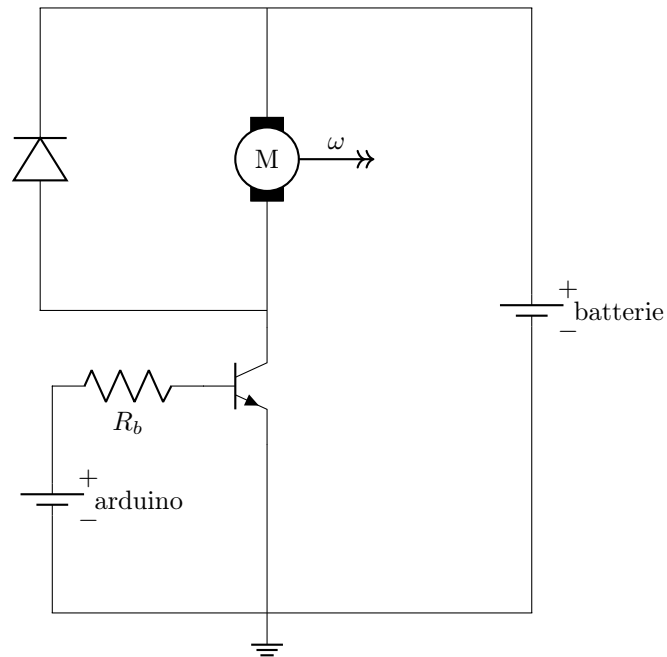


```

1  #define PIN A2
2  #define LED 3
3
4  void setup()
5  {
6      pinMode(PIN, INPUT);
7      pinMode(LED, OUTPUT);
8      Serial.begin(9600);
9  }
10
11 void loop()
12 {
13     // 49 - 969
14     int value = analogRead(PIN);
15     Serial.println(value);
16
17     analogWrite(LED, map(value, 49,969, 0,255));
18 }

```

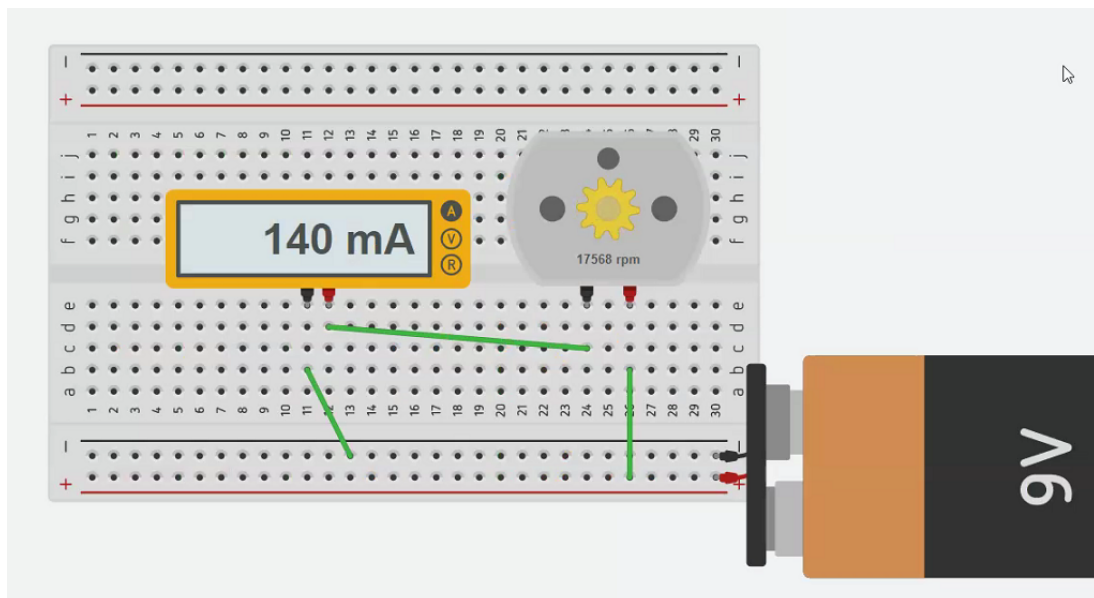
## 12 Commande d'un moteur



On connaît les valeurs suivantes:

- $\beta_{cc} = 292$
- $V_{arduino} = 5 \text{ V}$
- $V_{transistor/diode} = 0,7 \text{ V}$

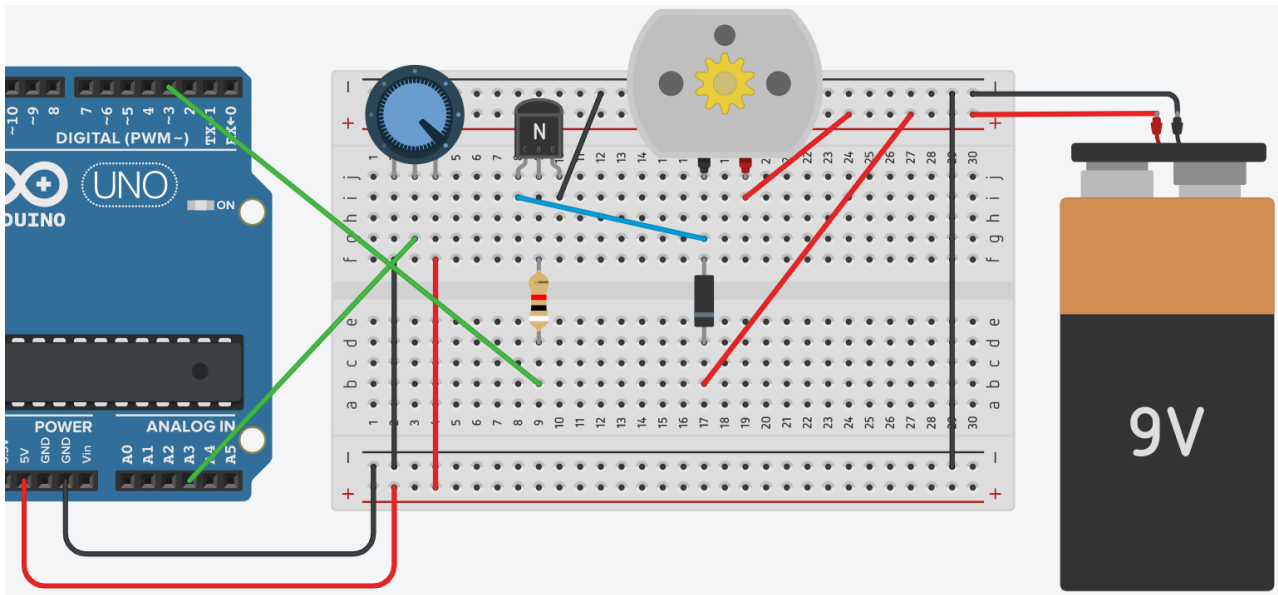
Mesure du courant qui sort de la pile pour passer dans le moteur:



On a donc:  $I_c = 140 \text{ mA}$ . On peut calculer:

$$R_b = \frac{V_{arduino} - V_{transistor/diode}}{I_c / \beta_{cc}} = 8968.57 \Omega$$





```

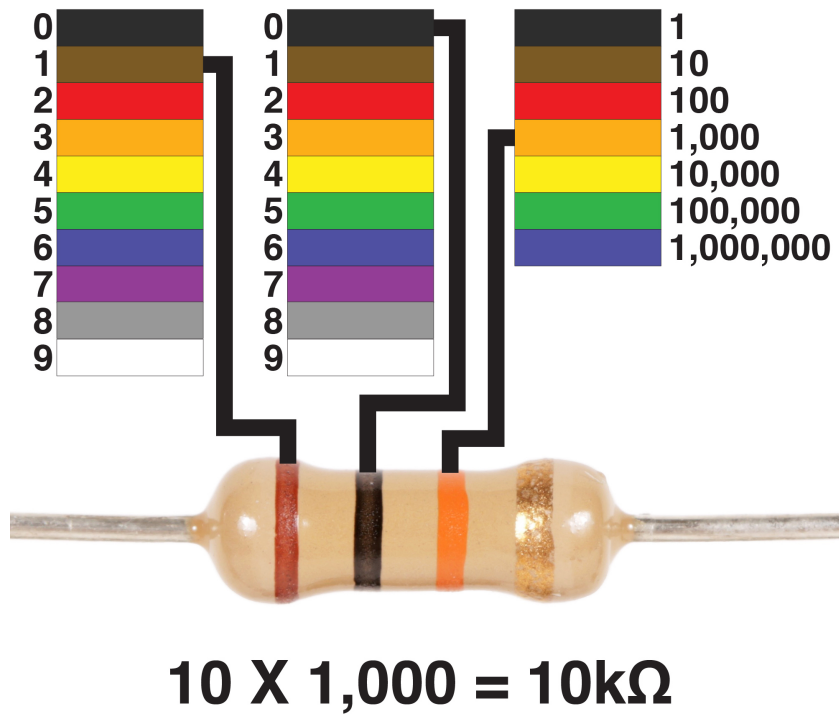
1  #define PIN A3
2  #define MOTEUR 3
3
4  void setup()
5  {
6      pinMode(PIN, INPUT);
7      pinMode(MOTEUR, OUTPUT);
8      Serial.begin(9600);
9  }
10
11 void loop()
12 {
13     // 0 - 1023
14     int value = analogRead(PIN);
15     Serial.println(value);
16
17     analogWrite(MOTEUR, map(value, 0,1023, 0,255));
18 }

```

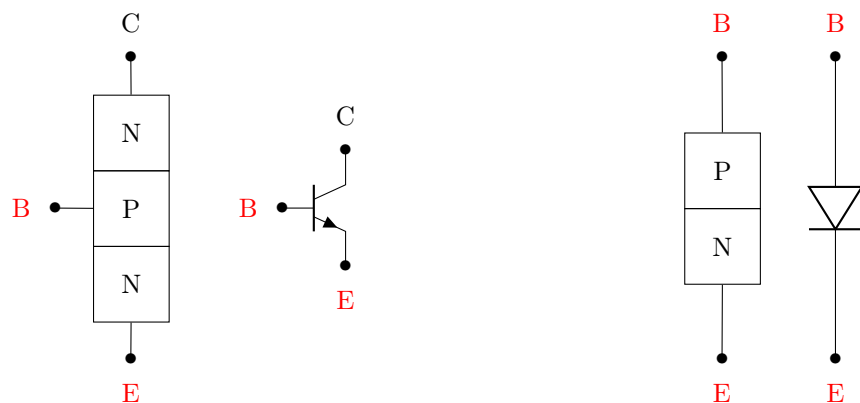
## A Code couleur des résistances

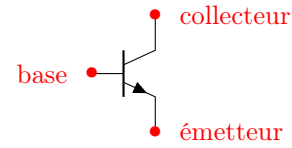
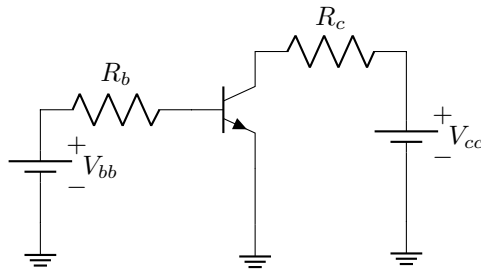
Jusqu'ici, on a utilisé que des résistances de 250, 1k et 10k  $\Omega$ , voici les couleurs pour les identifier:

- 250  $\Omega$  = rouge + vert + marron
- 1k  $\Omega$  = marron + noir + rouge
- 10k  $\Omega$  = marron + noir + orange



## B Transistor

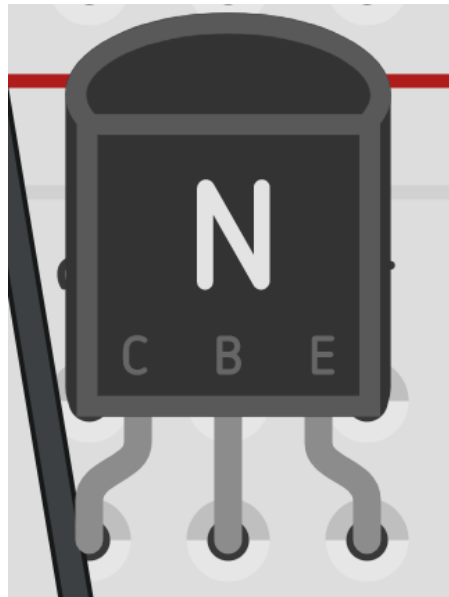




Si:  $\beta_{cc} \times I_b < \frac{V_{cc} - 0,3}{R_c}$ , alors:

- $I_c = \beta_{cc} \times I_b = \frac{V_{cc} - 0,3}{R_c}$
- $I_b = \frac{V_{bb} - 0,7}{R_b}$

(équations données dans le cours, probablement basée sur la loi des mailles)



**Remarque:** le transistor dans tinkercad est le BC546.

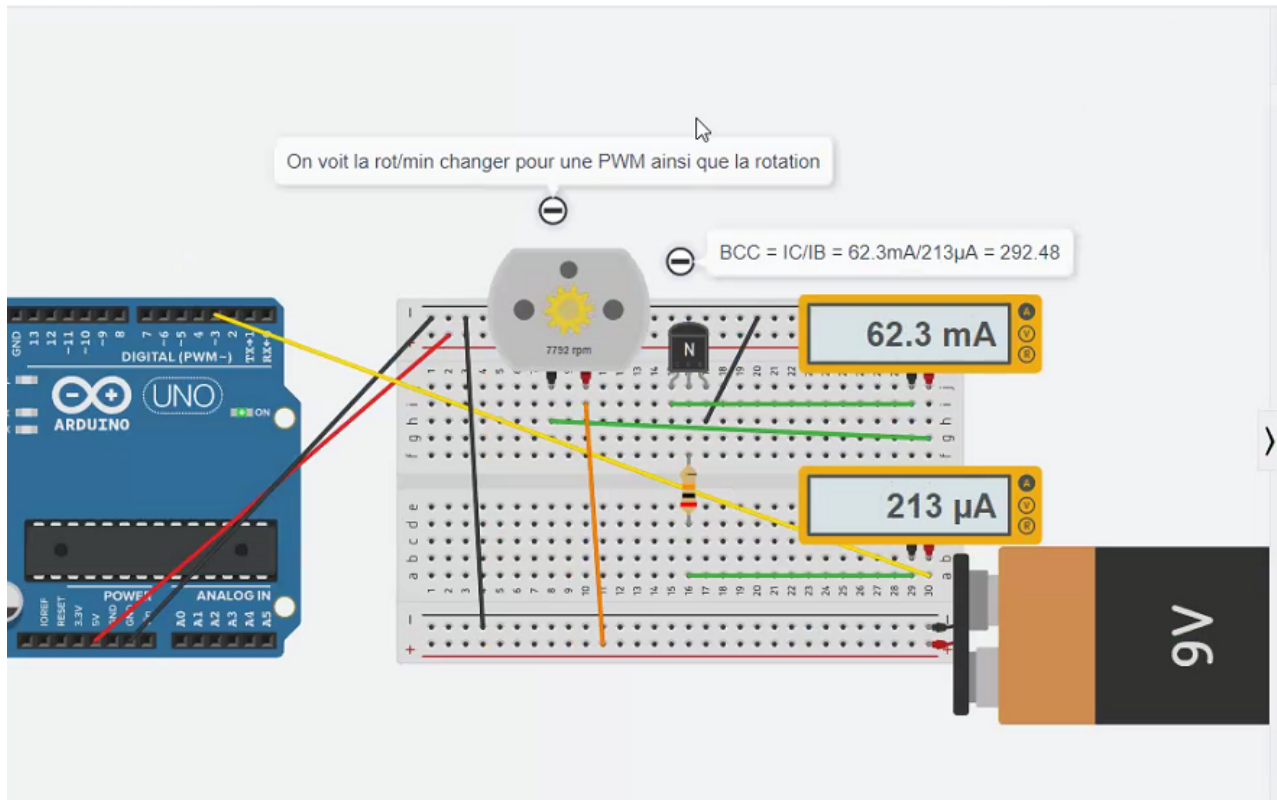
## C Caractéristiques de l'arduino

- Courant max pour les pins **GND** et **5V** = 200 mA.
- Courant max pour les autres pins = 40 mA.
- Voltage max pour toutes les pins = 5 V.
- Voltage min pour toutes les pins = 0 V.

## D Caractéristiques des LED vertes

- Courant max = 20 mA.
- Voltage max = 2 V.

## E Mesure du $\beta_{cc}$ dans tinkercad



On vient de mesurer  $I_c = 62,3 \text{ mA}$  et  $I_b = 213 \mu\text{A}$ . On peut donc calculer  $\beta_{cc}$ :

$$\beta_{cc} = \frac{I_c}{I_b} = \frac{62,3}{0,213} \approx 292,5$$

## F Méthode examen

1. Choisir si on fait un circuit en parallèle ou en série et la source d'alimentation principale

Caractéristiques des composants :

- led (max) : 2.12 V, 20 mA
- pin arduino : 5 V, ( $I_{max}$ ) 40 mA
- 5V/masse arduino : 5 V, ( $I_{max}$ ) 200 mA
- pile : 9 V

2. Faire un dessin du circuit sans le transistor

Seulement :

- la source de tension
- les leds

3. Ajouter le transistor sur le dessin (si nécessaire)

Remarques :

- le transistor se trouve **entre les leds et la masse**
- l'émetteur du transistor (E) est connecté à la masse
- les leds sont connectées au transistor par le collecteur (C)
- la pin qui commande le transistor est connectée à la base (B) avec une résistance entre les 2

4. Ajouter une résistance avant (ou après) les leds et calculer sa valeur

$$R = \frac{V_{source} - V_{led} - 0.3 [V]}{I_{led}}$$

5. Ajouter une résistance à la base du transistor et calculer sa valeur

$$R = \frac{V_{arduino} - 0.7 [V]}{I_b}$$

avec

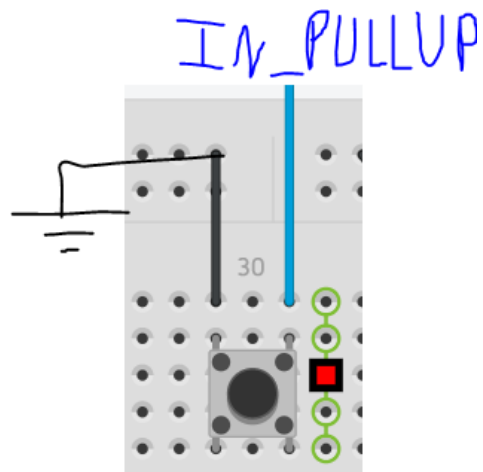
$$I_b = \frac{I_c}{\beta_{cc}} = \frac{I_{led}}{\beta_{cc}} \quad (\beta_{cc} = 292)$$

6. Faire le schéma sur tinkercad

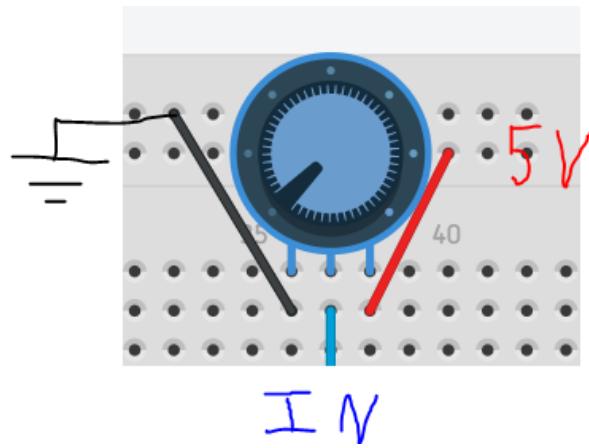
Remarques :

- commencer avec le 5V et la masse
- si il y a une pile, connecter les masses entre elles
- ajouter le transistor, les leds (ctrl+c, ctrl+v pour aller plus vite)
- mettre les résistances (attention aux valeurs)
- tout connecter avec des câbles
- puis, ajouter les boutons, etc.

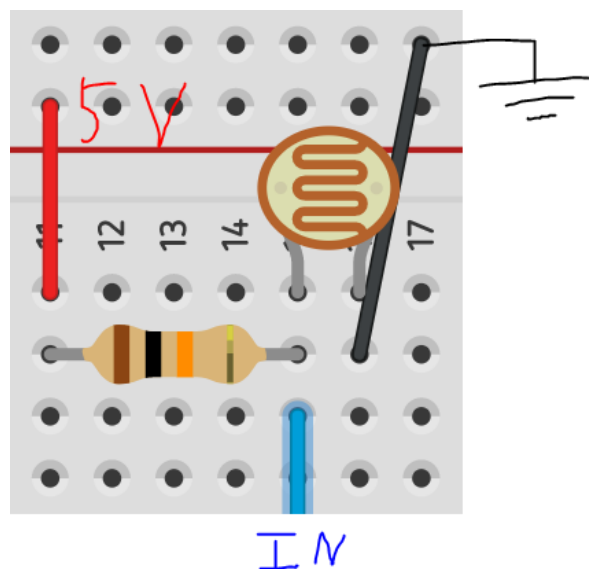
Pour le bouton en input\_pullup :



Pour le potentiomètre :



Pour la photorésistance :



7. Faire le code

(a) On **define** toutes les pins utilisées

ex : `#define LED 7`

(b) Dans `void setup()`

- i. on donne un mode pour chaque pin utilisée

ex :

- `pinMode(LED, INPUT);`
- `pinMode(BUT, INPUT_PULLUP);`
- `pinMode(BUT, OUTPUT);`

- ii. on fait : `Serial.begin(9600);`

(c) Dans `void loop()`

- i. on lit les valeur sur les pin configurées en input (ou `input_pullup`)

ex :

- `bool mode = digitalRead(PIN); // 0 à 1`
- `int val = analogRead(PIN); // 0 à 1023`
- `unsigned int val = analogRead(PIN); // 0 à 1023`

- ii. afficher les valeurs lues (si nécessaire)

ex : `Serial.println(value);`

- iii. Convertir ces valeurs (si nécessaire)

ex :

- `char percent = map(value, 0,1023, 0,100) // value (0-1023), percent (0-100)`
- `char percent = map(value, 0,1023, 100,0) // value (0-1023), percent (100-0)`

- iv. écrire les conditions et renvoyer des valeurs sur les outputs

ex : `if (val > 90) { digitalWrite(LED, HIGH); }`

(d) Si il faut un bouton télérupteur

- i. on define la pin utilisée

```
1 #define BTN 3
```

- ii. dant `setup`, on met la pin en mode `INPUT_PULLUP`

```
1 pinMode(BTN, INPUT_PULLUP);
```

- iii. on définit (en-dehors de `setup` et `loop`) :

```
1 bool etat_precedant_BTN = HIGH; // INPUT_PULLUP ==> HIGH
2 bool etat_led = LOW;
```

- iv. dans `loop`,

```
1 bool etat_BTN = digitalRead(BTN);
2 // si on vient de relacher le bouton
3 if (etat_BTN == HIGH && etat_precedant_BTN == LOW) {
4     etat_led = !etat_led; // on inverse l'etat de la led
5 }
6 digitalWrite(LED, etat_led);
7 etat_precedant = etat;
```

## Table des matières

### I Théorie & Exercices

1

<b>1</b>	<b>Rappel théorique</b>	<b>1</b>
1.1	Rappel général . . . . .	1
1.2	Redressement simple alternance . . . . .	1
1.3	Redressement double alternance avec condensateur . . . . .	2
1.4	Transformateur électrique . . . . .	3
1.5	Diode . . . . .	3
1.6	Transistor . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Examen 2019</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Interro</b>	<b>11</b>
<b>II</b>	<b>Laboratoires</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>Allumer une Led via un bouton poussoir</b>	<b>17</b>
4.1	Explication bouton . . . . .	17
4.2	Résolution exercice . . . . .	17
<b>5</b>	<b>Allumer une Led via un bouton poussoir (input_pullup)</b>	<b>18</b>
5.1	Explication input_pullup . . . . .	18
5.2	Résolution de l'exercice . . . . .	18
<b>6</b>	<b>Télérupteur</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>Mesure analogique et PWM</b>	<b>20</b>
<b>8</b>	<b>Clignotement Led</b>	<b>22</b>
<b>9</b>	<b>Détection de lumière et hystérésis</b>	<b>22</b>
9.1	Photorésistance . . . . .	22
9.2	Pont diviseur . . . . .	23
9.3	Pourcentage de lumière . . . . .	24
9.4	Hystérésis . . . . .	25
<b>10</b>	<b>Alimentation de plusieurs LED en série</b>	<b>27</b>
<b>11</b>	<b>Alimentation de plusieurs LED en parallèle</b>	<b>29</b>
<b>12</b>	<b>Commande d'un moteur</b>	<b>32</b>
<b>A</b>	<b>Code couleur des résistances</b>	<b>34</b>
<b>B</b>	<b>Transistor</b>	<b>34</b>
<b>C</b>	<b>Caractéristiques de l'arduino</b>	<b>35</b>
<b>D</b>	<b>Caractéristiques des LED vertes</b>	<b>35</b>
<b>E</b>	<b>Mesure du <math>\beta_{cc}</math> dans tinkercad</b>	<b>36</b>
<b>F</b>	<b>Méthode examen</b>	<b>37</b>