

3A - Microcontrôleur

TD2 - Utilisation des entrées et sorties d'un microcontrôleur.

Nicolas Delanoue

(1 séance de 2h40)

On pourra consulter <http://perso-laris.univ-angers.fr/~delanoue/polytech/> pour récupérer les énoncés de cours, TD et TP ...

Exercice 1 (Câblage d'une LED)

Les leds (Light Emitting Diode) sont des diodes, elles ne sont passantes que dans un sens. Il est donc important de bien repérer leur orientation. La cathode correspond au méplat sur la led. Ce dispositif électronique est classiquement représenté par le dessin de la figure 1. Lorsque des électrons traversent une led, elle émet de la lumière. Plus précisément, le courant traversant la LED détermine l'intensité lumineuse émise.



FIGURE 1 – Symbole d'une led.

La figure 2 donne la caractéristique $I_F(V_F)$ d'une diode LED (forward voltage).

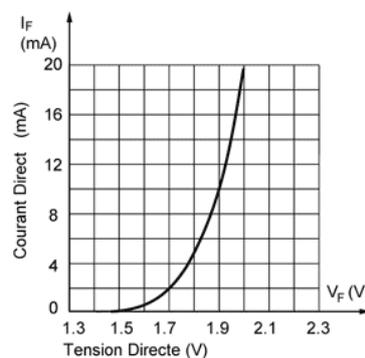


FIGURE 2 – caractéristique $I_F(V_F)$.

1. Quel sera le courant traversant la LED si on la branche à un générateur de tension 1.9 Volts ? 3 Volts ?

2. Quel sera le courant traversant la LED si on la branche à un générateur de courant 5 mA ? 12 mA ? Dans laquelle de ces deux situations la LED sera la plus brillante ?
3. On considère le câblage illustré par la figure 3. En supposant que le constructeur préconise 15 mA comme courant nominal pour allumer la LED et que la tension E est de 5 Volts, trouver la valeur en Ohm de la résistance adéquate.

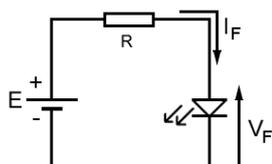


FIGURE 3 – Une résistance en série avec une LED.

4. Que se passerait-il si on mettait une résistance trop faible ?
5. Est-il possible d'invertir les positions de la résistance et de la LED sur le câblage de la figure 3 ?
6. Une sortie numérique d'une microcontrôleur peut-être considérée comme un générateur de tension commandé admettant deux niveaux : un niveau haut (noté H comme High) ou bien un niveau bas (noté L comme Low). En ce qui concerne un arduino,
 - pour un niveau H, on aura 5 Volts de différence de potentiel entre la sortie et la masse,
 - pour un niveau L, on aura 0 Volt de différence de potentiel entre la sortie et la masse.
 Compléter le schéma de la figure 4 de sorte que la LED bleu s'allume sur un niveau H de la sortie 12 et s'éteigne sur un niveau L de la sortie 12.
7. Compléter le schéma de la figure 4 de sorte que la LED rouge s'allume sur un niveau L de la sortie 10 et s'éteigne sur un niveau H de la sortie 10.

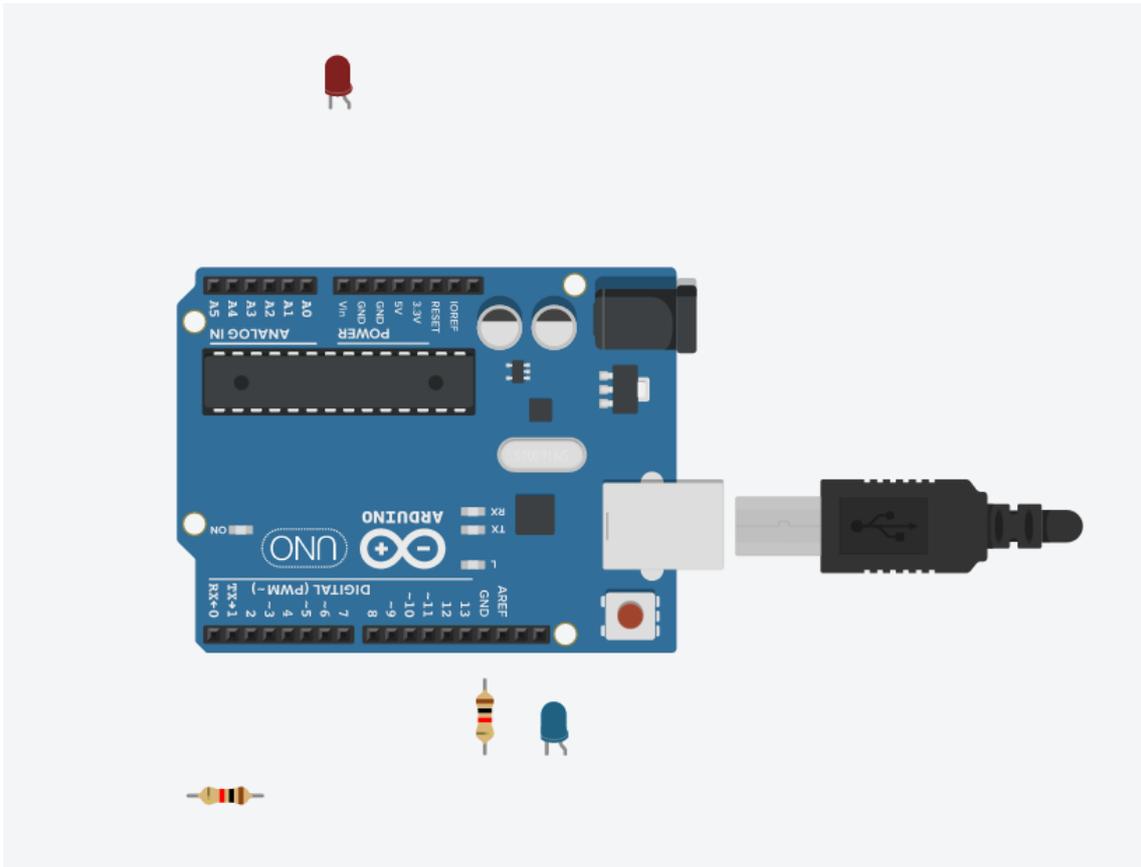


FIGURE 4 – Canevas pour répondre aux questions 6 et 7.

Exercice 2 (Cablage des entrées)

Il n'est pas possible de seulement connecter un switch (interrupteur, bouton poussoir) entre une broche d'entrée du microcontrôleur et le niveau haut (+5V) ou même la masse (0V). En effet, dans les technologies MOS utilisées pour les microcontrôleurs, une entrée non connectée a un état indéterminé.

1. Observer le mauvais câblage de la figure 5 effectué par un novice.

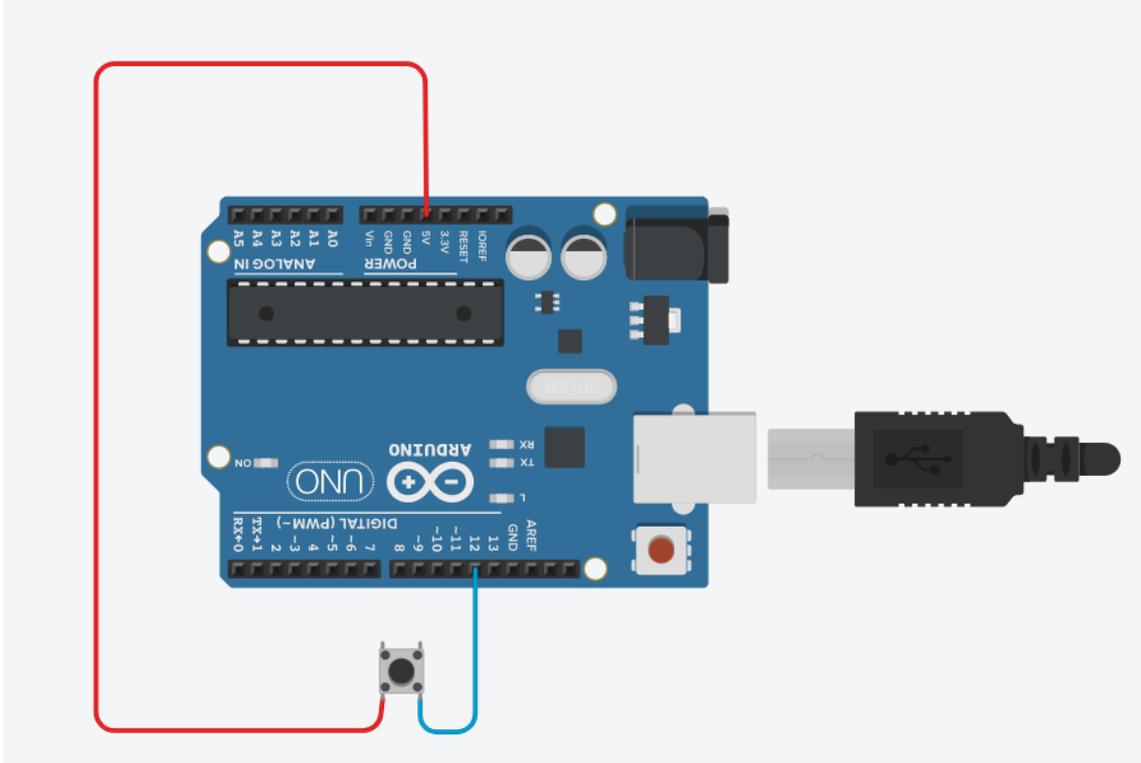


FIGURE 5 – Mauvais câblage d’une entrée.

2. Quelle est la valeur du potentiel à l’entrée 12 dans le cas où le circuit est fermé (c’est à dire quand bouton poussoir est enfoncée) ?
3. Quelle est la valeur du potentiel à l’entrée 12 dans le cas où le circuit est ouvert ?
4. Afin de ne pas avoir ce problème d’entrée indéterminée, on place classiquement une résistance de tirage. Il existe deux manières de réaliser ce câblage nommée respectivement *pull-up* et *pull-down*.

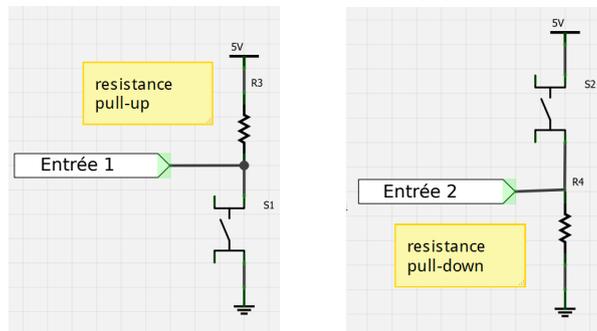


FIGURE 6 – Câblage d’entrées en *pull-up* et *pull-down*..

Compléter les tableaux suivants :

	Montage pull-up
Potentiel à l'entrée 1 si le contact est ouvert	
Potentiel à l'entrée 1 si le contact est fermé	
	Montage pull-down
Potentiel à l'entrée 2 si le contact est ouvert	
Potentiel à l'entrée 2 si le contact est fermé	

Solution : Quand le contact est ouvert, la résistance de tirage ramène l'entrée à un niveau déterminé. Les deux montages à gauche montrent les deux cas. Pour le montage à gauche (pull-up), le contact ouvert conduit à un état haut sur la broche. Dans l'autre cas, c'est l'inverse.

Remarque : En outre, les microcontrôleurs ont parfois des résistances de tirage internes (dans le microcontrôleur) qui sont activables par programme. C'est le cas de l'Atmel 328p pour la carte Arduino UNO. Si l'on utilise la résistance de pull-up interne, on peut alors se contenter de connecter le switch à la masse (et pas au +5V, sinon on verra toujours l'état haut sur l'entrée!). Il faut alors bien configurer la broche pour que la résistance pull-up interne soit activée (cf poly section 5.2 p10). Ceci est illustré par la figure 7.

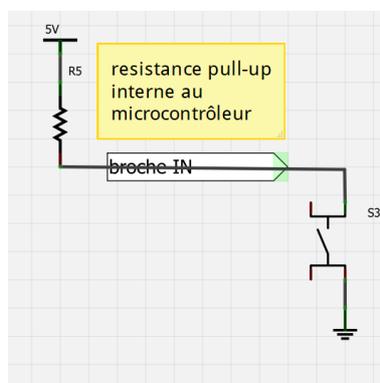


FIGURE 7 – Pull-up interne au microcontrôleur

Exercice 3 (Masque binaire)

Différentes broches d'un microcontrôleur peuvent jouer le rôle d'entrée ou de sortie numériques. Afin de choisir leur comportement (entrée ou sortie), il est nécessaire de paramétrer le microcontrôleur. On peut faire une analogie avec le paramétrage d'un smartphone avec lequel on peut oui ou non activer par exemple le wifi . . .Afin de coder ce paramétrage en c, on utilise classiquement une opération appelée *masque binaire*.

1. La figure 8 propose un câblage d'un masque binaire sur 8 bits (un octet). Les entrées m forment le masque et s est le résultat de l'opération du masque m avec l'entrée a .

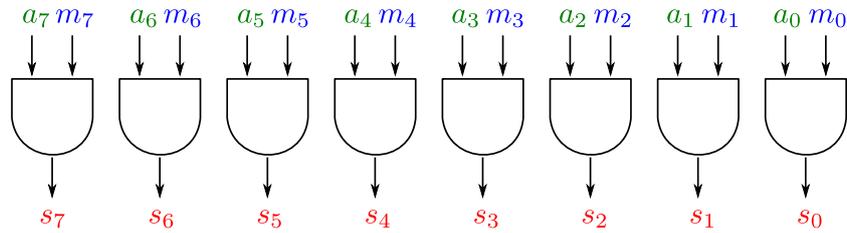


FIGURE 8 – Masque binaire sur 8 bits .

Compléter le tableau suivant avec les valeurs de m et a données :

i	7	6	5	4	3	2	1	0
a_i	1	1	0	1	1	1	0	1
m_i	0	1	1	0	1	1	0	0
s_i	.	.	.	.	.	.	.	.

2. Compléter le tableau suivant avec les valeurs de m et a données :

i	7	6	5	4	3	2	1	0
a_i	1	1	0	1	1	0	0	1
m_i	0	0	0	0	1	1	0	0
s_i	.	.	.	.	.	.	.	.

3. Compléter ce tableau avec le bon masque m .

i	7	6	5	4	3	2	1	0
a_i	a_7	a_6	a_5	a_4	a_3	a_2	a_1	a_0
m_i	.	.	.	.	.	.	.	.
s_i	0	0	a_5	a_4	a_3	0	a_1	0

4. Quelle est la valeur de DDRD à la suite de l'exécution de ces instructions ?

```
DDRD = 0x89;
DDRD &= 0xE3;
// L'instruction précédente aurait pu aussi s'écrire :
DDRD = DDRD & 0xE3;
```

5. Quelle est la valeur de DDRD à la suite de l'exécution de ces instructions ?

```
DDRD = 0x89;
DDRD &= 0b00110000;
```

6. Quelle est la valeur de DDRD à la suite de l'exécution de ces instructions ?

```
DDRD = 0x89;
DDRD&= ~0x1C;
```

7. (Cette question est indépendante de la précédente). Quelle est la valeur de `DDRD` à la suite de l'exécution de ces instructions ?

```
DDRD&= ~0x1C;
```

8. (Cette question est indépendante de la précédente). Quelle est la valeur de `DDRD` à la suite de l'exécution de ces instructions ?

```
DDRD|= 0x1C;
```

Exercice 4 (Paramétrage des entrées/sorties de l'arduino)

On considère le câblage illustrée par la figure 9 :

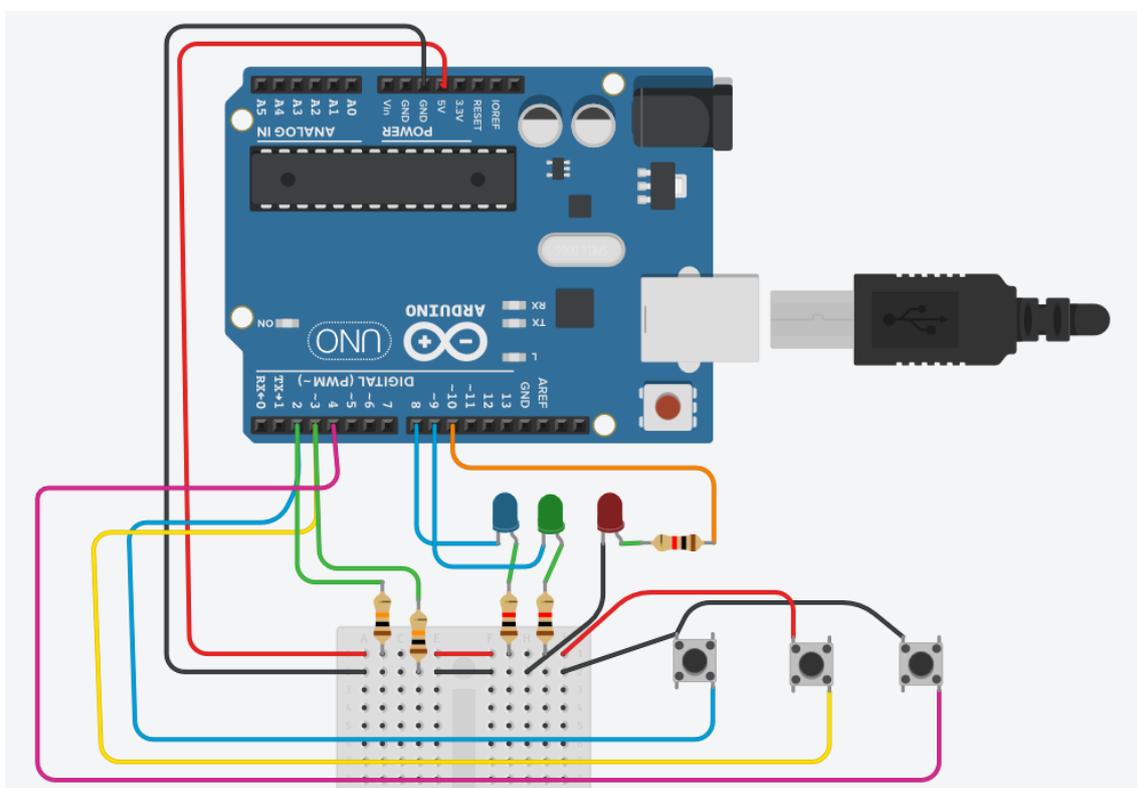


FIGURE 9 – Un câblage

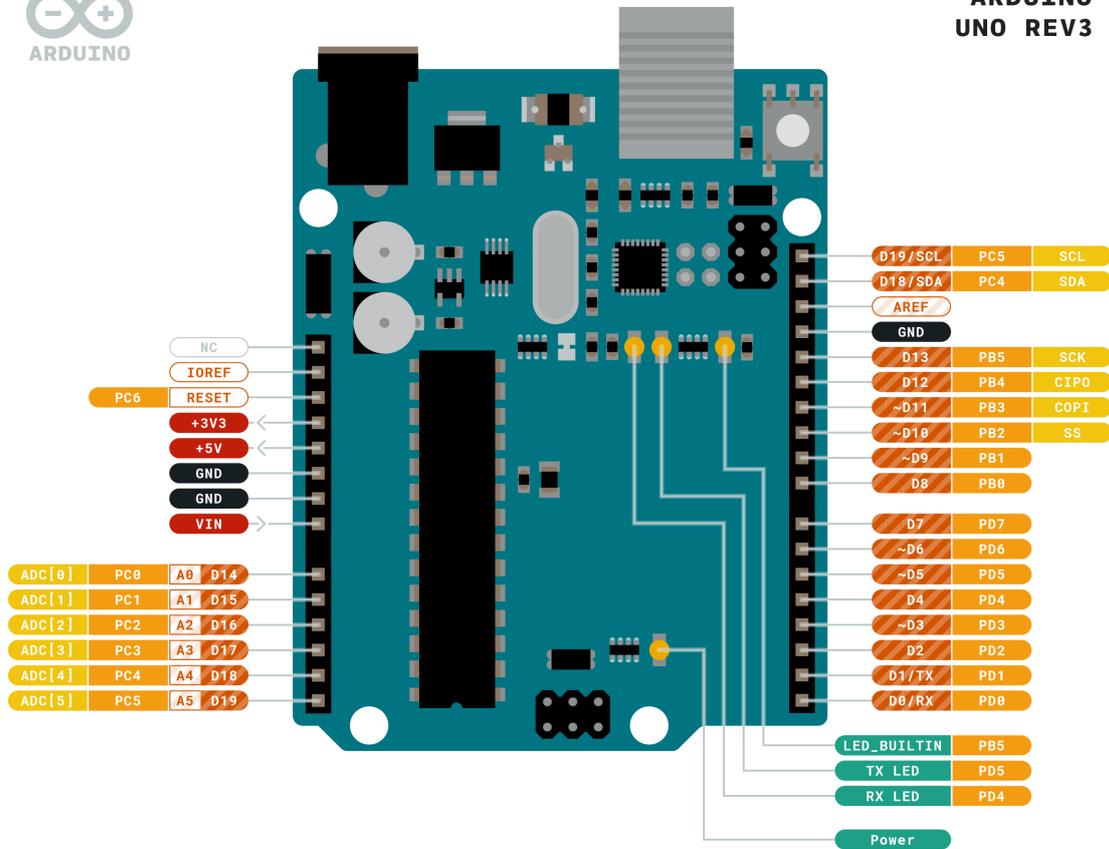
1. Parmi les affirmations suivantes, lesquelles sont vraies ?
- (a) Il y a une résistance pull-up sur la broche 2 (broche PD2).
 - (b) Il y a une résistance pull-down sur la broche 3 (broche PD3).
 - (c) Le bouton poussoir(fil bleu) amène la broche 2 au niveau 0 quand on ferme le contact.
 - (d) Le bouton poussoir(fil jaune) amène la broche 3 au niveau haut (1) quand on ferme le contact.

- (e) La broche 4 (fil rose) est non connectée quand le contact du bouton poussoir est ouvert.
 - (f) La broche 8 (PB0) est connectée à la cathode de la led bleu.
 - (g) La broche 9 (PB1) est connectée à la cathode de la led verte.
 - (h) La cathode de la led rouge est connectée à 0V.
 - (i) Les led bleu/verte s'allument quand les broches 8/9 sont à 0V (niveau bas).
 - (j) Les led rouge s'allume quand la broche 10 est à +5V.
2. Afin de paramétrer correctement le microcontrôleur, on peut écrire les instructions suivantes dans la fonction `setup()`. Est-ce cohérent avec l'analyse faite à la question précédente? (On pourra consulter la figure 10 pour connaître la câblage des broches de l'arduino)

```
DDRD &= 0xE3;  
PORTD |= 0x10; // p12 poly  
DDRB |= 0x07;
```



ARDUINO UNO REV3



Ground	Internal Pin	Digital Pin	Microcontroller's Port
Power	SWD Pin	Analog Pin	
LED	Other Pin	Default	

ARDUINO.CC

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

FIGURE 10 – Cablage des broches de l'Arduino Uno.

3. Pourquoi l'instruction

```
PORTB&= ~0x02;
```

permet d'allumer la led verte ?

4. L'instruction précédente est-elle équivalente à la suivante ?

```
PORTB&=0xFD;
```

5. Quelle instruction permet d'éteindre la led verte ?

Attention de ne pas toucher aux autres broches ...

6. Quand le bouton poussoir bleu ou rose est enfoncé (contact fermé), l'état sur la broche 2 (ou 4) est 0, expliquer pourquoi le programme suivant permet de lire que

l'entrée nommée PD2 est à 0.

```
if((PIND&0x04)==0)
{
    // l'entrée PD2 est à 0 = contact fermé
}
```

7. Sur le modèle de la question précédente, quelle instruction permet de savoir que l'entrée nommée PD2 est à 1 ?

Solution : `(if (PIND&0x04)==0x04) then ...`

Exercice 5

1. Se connecter à <https://www.tinkercad.com/> afin de récupérer le circuit correspondant à la figure 9. Il est accessible
 - soit en cherchant l'utilisateur Nicolas Delanoue,
 - soit via <https://www.tinkercad.com/things/2qoVVsawe7S>.
2. Programmer le système pour que la LED bleue soit allumée quand le bouton bleu est enfoncé, éteinte sinon
3. Programmer le système pour que la LED rouge clignote quand le bouton rose est enfoncé. Vous pouvez utiliser la fonction `delay()` pour la durée entre deux changements de la led.
4. Programmer le système pour que la LED verte s'allume/s'éteigne à chaque front montant sur l'entrée 3. Attention, c'est le changement d'état de l'entrée, le passage de 0 à 1 de l'entrée, qui doit faire basculer l'état de la LED, pas l'état de l'entrée.
5. Écrire la fonction `SetLed` à partir du code suivant :

```
// numLed = 0,1 ou 2
// on = 1 (allume) 0 (éteint)
void SetLed(byte numLed,byte on)
{
    ...
}
```

6. Modifier le programme de la question 4 pour qu'à chaque front sur l'entrée 3, les leds s'allument et s'éteignent selon la séquence suivante :

●○○ → ○●○ → ○○● → ●○○