ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Enseignes et afficheurs à LED

Les interruptions

Dr. Yves Tiecoura

Les interruptions

Dr. Yves Tiecoura

Les interruptions

- Principe des interruptions
- Événements produisant des interruptions
- Mise en œuvre
- Deux exemples

Motivation des interruptions

De manière générale un microcontrôleur doit être programmé pour :

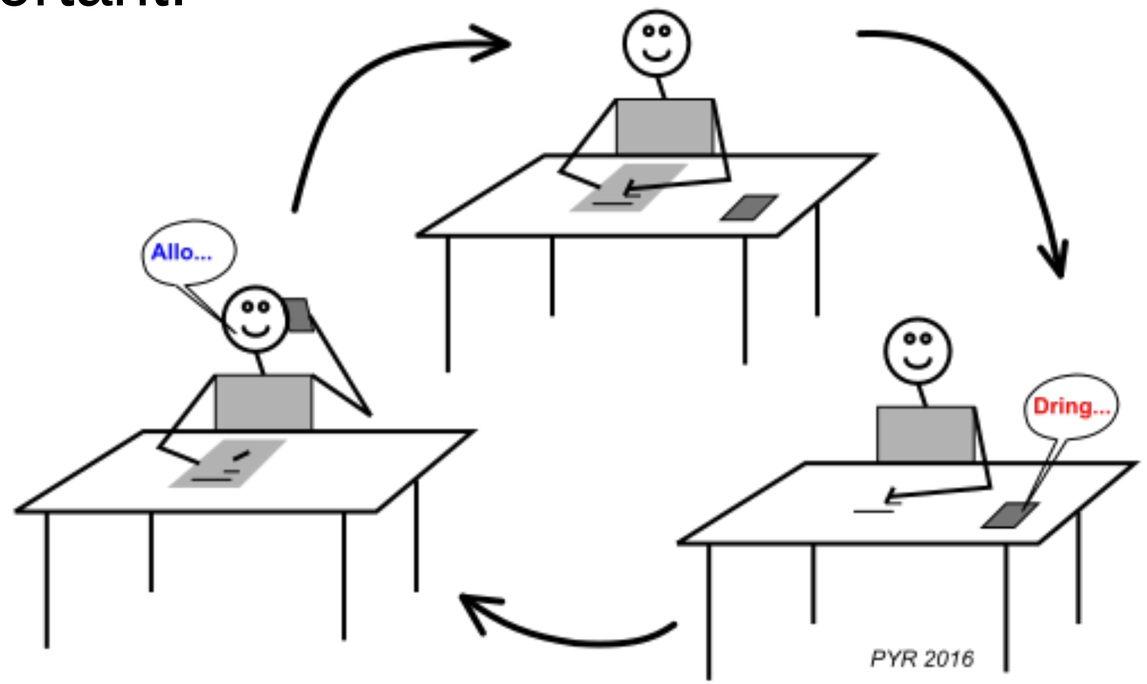
- détecter des changements sur ses entrées
- agir en conséquence sur ses sorties

Dans les enseignes et afficheurs à LED :

- Le système n’a souvent que des sorties...
- Dans certains cas, il doit réagir à des entrées (ex : télécommande)
- Il doit exécuter des tâches à des instants précis (ex : matrices multiplexées)

Définition

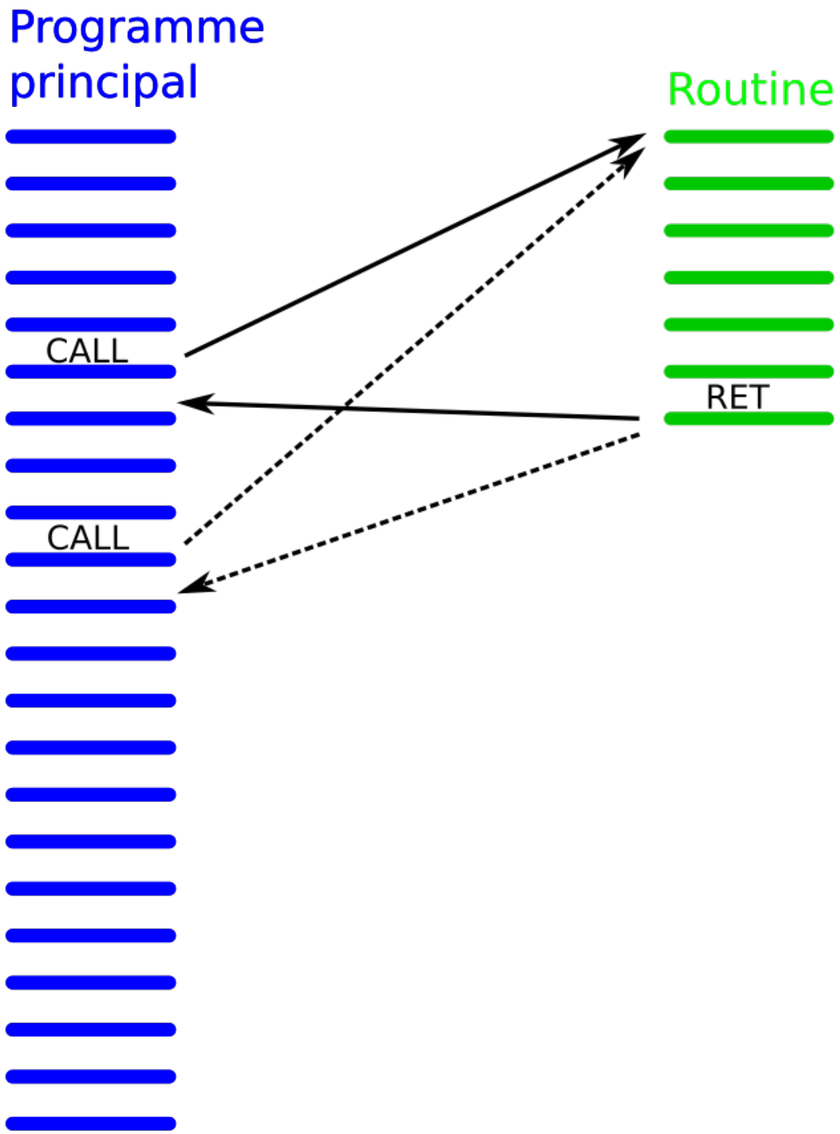
On appelle interruption, l'arrêt temporaire d'un programme au profit d'un autre programme, jugé à cet instant plus important.



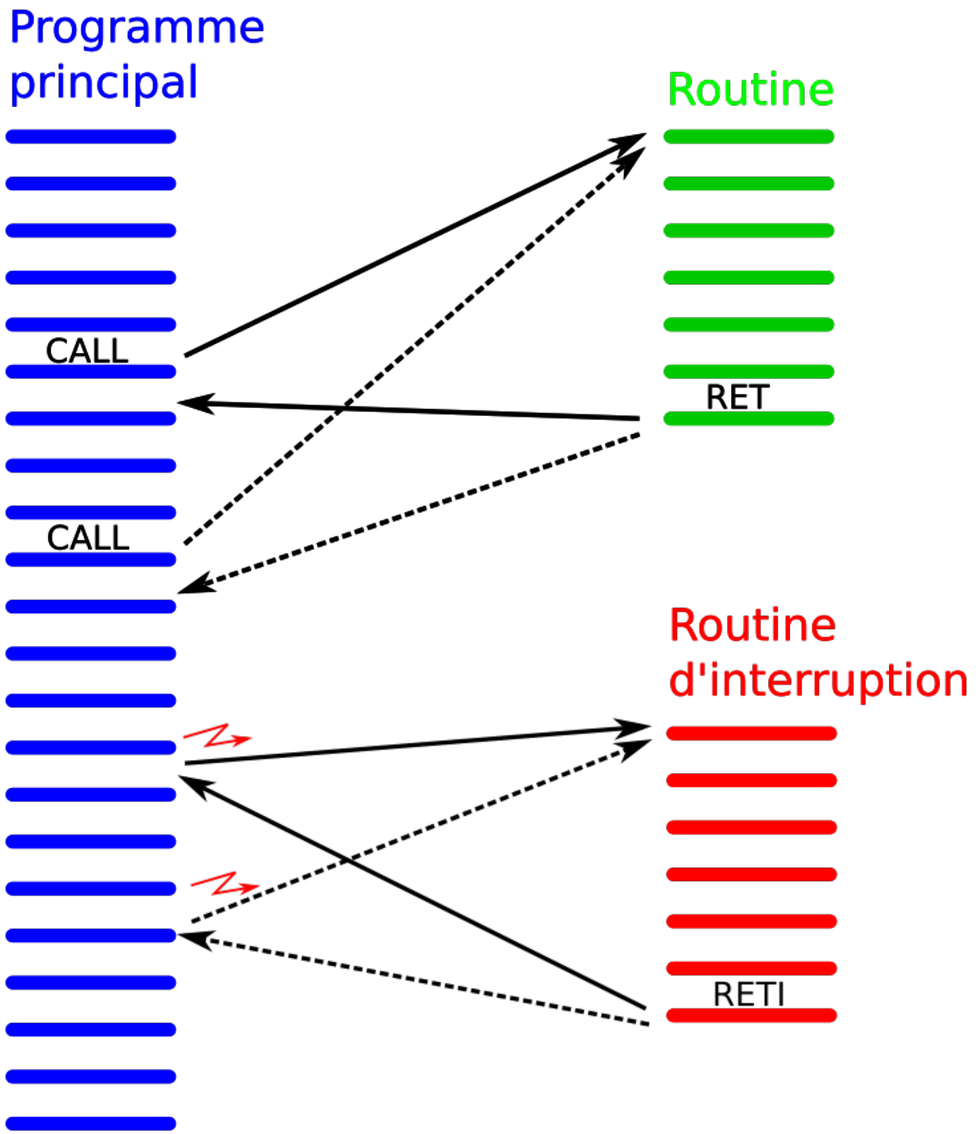
Dans la vie courante :

- Je suis en train de travailler
- Le téléphone sonne
- Je vais répondre au téléphone
- Après la conversation, je reprends mon travail là où je l'avais laissé.

Routine



Routine d’interruption



Événements produisant des interruption

Deux sortes d'événements produisant des interruptions :

- Les événements **extérieurs** au microcontrôleur
- Les événements **intérieurs** au microcontrôleur

...dont les événements liées aux Timers.

Discrimination des sources d'interruption

Il y a plusieurs sources d'interruptions sur un microcontrôleur

Le système doit être capable d'en connaître la source

- En consultant les fanions correspondant à chaque interruption
- Grâce aux **vecteurs d'interruption** *(interrupt vectors)*

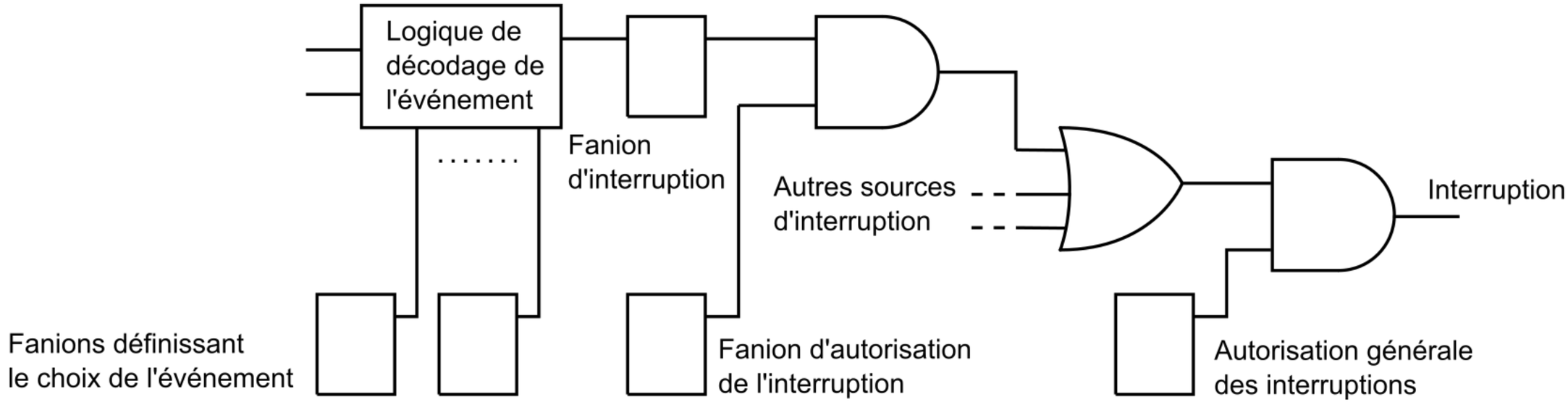
Vecteurs d'interruption sur un MSP430G

- 0xFFFE : Reset
- 0xFFFC : NMI
- 0xFFFA : Timer1 CCR0
- 0xFFF8 : Timer1 CCR1, CCR2, TAIFG
- 0xFFF6 : Comparator_A
- 0xFFF4 : Watchdog Timer
- 0xFFF2 : Timer0 CCR0
- 0xFFF0 : Timer0 CCR1, CCR2, TAIFG
- 0xFFEE : USCI status
- 0xFFEC : USCI receive/transmit
- 0xFFEA : ADC10
- 0xFFE8 : -
- 0xFFE6 : Port P2
- 0xFFE4 : Port P1

Mise en œuvre d'une interruption

Trois étapes pour mettre en œuvre une interruption :

- Autoriser l'interruption qui nous intéresse
- Préciser comment cette interruption doit fonctionner
- Autoriser globalement les interruptions



Syntaxe des routines d'interruptions en C

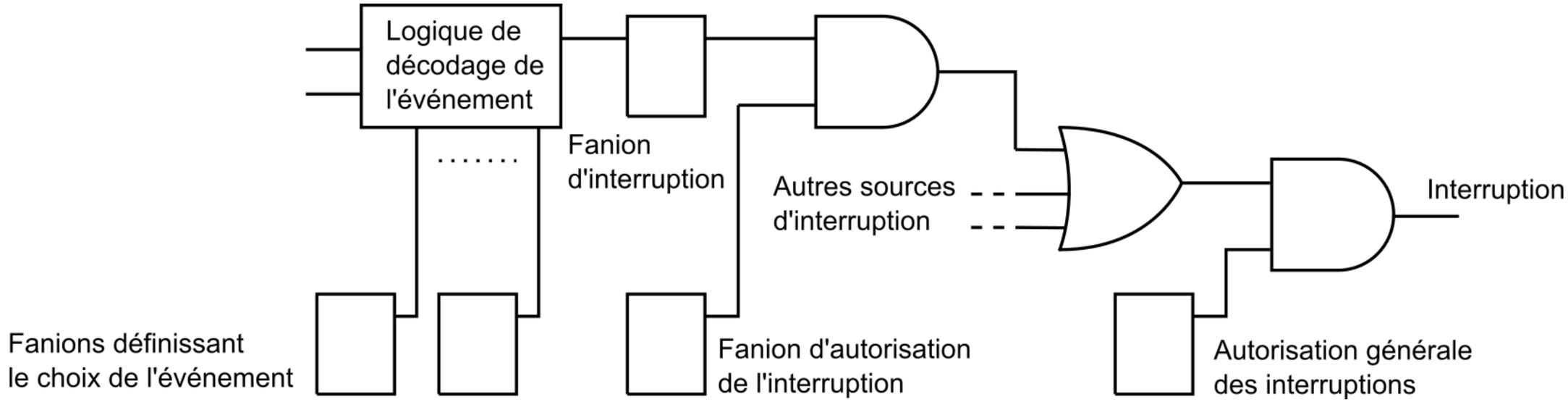
```
#pragma vector=NUMERO_DU_VECTEUR

__interrupt void Nom_de_la_routine (void) {

  ...

}
```

Interruption sur une entrée

- **`P1DIR`** entrée ou sortie
- **`P1OUT`** valeur de sortie
- **`P1IN`** valeur des entrées *(lecture)*
- **`P1REN`** résistance de tirage *(pull-up ou pull-down)*

- **`P1IE`** *Interrupt Enable* : autorisation de l'interruption
- **`P1IES`** *Interrupt Edge Select* : choix du flanc
- **`P1IFG`** *Interrupt FlaG* : les **fanions d'interruption**

Interruption sur une entrée



- **`P1IE`** *Interrupt Enable* : autorisation de l'interruption
- **`P1IES`** *Interrupt Edge Select* : choix du flanc
- **`P1IFG`** *Interrupt FlaG* : les **fanions d'interruption**

Interruption sur une entrée

```
1  int main() {
2    WDTCTL = WDTPW + WDTHOLD; // Stop watchdog timer
3    P1DIR |= (1<<6); // Led verte en sortie
4    P1OUT |= (1<<3); P1REN |= (1<<3); //pull-up sur l'entrée P1.3
5
6    P1IES |= (1<<3); // Sur le flanc descendant
7    P1IE |= (1<<3); // Interruption P1 activée sur le bit 3
8    P1IFG &=~(1<<3); // Fanion d'interruption remis à zéro
9    __enable_interrupt(); // General Interrupt Enable
10
11   while(1) { // il n'y a rien à faire dans la boucle principale !
12   }
13 }
```

Interruption sur une entrée

```
14  // Routine d'interruption associée au Port P1
15
16  // Syntaxe spécifique pour les interruptions :
17  #pragma vector=PORT1_VECTOR
18  __interrupt void Port1_ISR(void) {
19
20
21 // Fanion d'interruption correspondant au bit 3 remis à 0 :
22     P1IFG &= ~(1<<3)
23
24     P1OUT ^= (1<<6); // inverse P1.6 (LED verte)
    }
```

Interruption sur deux entrées, avec discrimination

```
1  int main() {
2     ...
3     P1IES &=~((1<<3)|(1<<4)); // Flancs montants
4     P1IE |= (1<<3)|(1<<4); // Interruption activée sur 2 entrées
5     P1IFG &=~((1<<3)|(1<<4)); // Fanions d'interruption remis à 0
6     ...
7
8  #pragma vector=PORT1_VECTOR
9  __interrupt void Port1_ISR(void) {
10    // discrimination des causes possible de l'interruption :
11    if (P1IFG & (1<<3)) { P1IFG &= ~(1<<3); ... ;}
12    if (P1IFG & (1<<4)) { P1IFG &= ~(1<<4); ... ;}
13 }
```

Interruption sur une fin de conversion AD

```
1  int main() {
2    WDTCTL = WDTPW + WDTHOLD; // Stop watchdog timer
3    P1DIR |= (1<<6); P1OUT &=~(1<<6); // LED verte en sortie
4    // Activation du convertisseur ADC 10 bits (ADC10) :
5    ADC10CTL0 = ADC10SHT_2 + ADC10ON + ADC10IE; // Interrupt enable
6    ADC10CTL1 = INCH_1; // Canal 1 = entrée A1 = P1.1
7    ADC10AE0 |= (1<<1); // Autorisation de l'entrée A1
8    __enable_interrupt(); // General Interrupt Enable
9    ADC10CTL0 |= ENC + ADC10SC; // lance une première conversion
10
11   while(1) { // il n'y a rien à faire dans la boucle principale !
12   }
13 }
```

Interruption sur une fin de conversion AD

```
14 // Routine d'interruption associée à la fin de conversion ADC
15 #pragma vector=ADC10_VECTOR
16 __interrupt void ADC10_ISR(void) {
17
18   uint16_t val = ADC10MEM; // lit le résultat de la conversion
19   ADC10CTL0 |= ENC + ADC10SC; // lance la conversion suivante
20
21   if (val > 511) {
22// La LED verte montre si la valeur dépasse Vcc/2
23     P1OUT |= (1<<6); // LED verte On
24   } else {
25     P1OUT &=~(1<<6); // LED verte Off
26   }
   }
```

Les interruptions

- Principe des interruptions
- Événements produisant des interruptions (externes ou internes)
- Mise en œuvre
- Deux exemples (interruption sur une entrée et sur une fin de conversion)