Fiche

I. Système informatique embarqué

• Un SIE (**système informatique embarqué**) est un système autonome alliant électronique et informatique (ensemble logiciel et matériel). Il est intégré dans un équipement qui est dédié à une tâche bien précise. Il ne manipule que de l'information.

• Les SIE sont d'abord apparus, bien avant l'invention des ordinateurs personnels, dans le domaine industriel (robots) et celui des transports (trains). Puis grâce à la miniaturisation des processeurs, ils se sont répandus partout : aviation, domotique, Hi-Fi.

• Un SIE ne dispose pas forcément d'une interface utilisateur (exemples : escalator ; porte à ouverture automatique...).

• Un équipement muni d'un SIE est dit **équipement informatisé**. De même on parle d'objet informatisé (exemple : avion).

• Un objet informatisé est composé au moins d'un **processeur** et d'un espace de stockage (disque dur, disque flash). Un processeur est un circuit intégré dont les composants sont réunis sous une fine couche de silicium, placé dans un boitier avec des broches de connexion. C'est le « cerveau » de l'équipement informatisé, il permet les échanges entre les différents éléments de l'équipement et effectue des calculs dont la vitesse (fréquence) se mesure en Hertz.

• Le programme principal du SIE est stocké dans la mémoire et exécuté par le processeur. Il collecte les données (grandeurs physiques) issues de capteurs et les transmet à un convertisseur ; celui-ci transmet le signal numérique au microprocesseur qui traite les données et prend une décision. Il transmet les nouvelles données à un convertisseur qui les envoie vers le (ou les) actionneur(s). Ceux-ci peuvent alors effectuer une action dans le monde physique.

• Un capteur est un dispositif qui permet de détecter un phénomène du monde physique et de le transmettre (à l'aide d'un signal) au système informatique. Un actionneur est un dispositif qui permet au SIE d'agir sur le monde physique, en modifiant son état. Par exemple, un ordinateur portable possède des capteurs (touches du clavier, micro, webcam...) et des actionneurs (écran, enceintes...).

SIC

• Dans le cas d'un SIE où les actionneurs sont commandés de telle sorte que les valeurs lues par les capteurs vérifient une certaine condition, on parle de SIC (système informatique de contrôle).

• Le programme principal est alors issu d'un **algorithme de contrôle** qui contient une boucle « non terminante » (« while True » en langage Python par exemple).

STR

• Il faut également que le système soit au moins aussi rapide (calculs terminés) que les phénomènes contrôlés. Si les valeurs des capteurs changent trop vite, avant que le processeur n'ait le temps d'agir sur les actionneurs, alors rien ne fonctionne. On parle de STR (système temps réel).

• **Exemple 1 :** Une gyroroue est un objet informatisé muni d'un STR. Les grandes lignes de l'algorithme de contrôle sont : si l'utilisateur se penche en avant, la gyroroue accélère pour rétablir l'équilibre ; si l'utilisateur se penche en arrière, la gyroroue ralentit ; si l'utilisateur est bien droit, la gyroroue garde la même vitesse. Le fonctionnement est similaire pour un gyroskate.

• **Exemple 2 :** Dans le système ABS (*Antiblockiersystem* ou système antiblocage des roues) il y a un capteur par roue qui relève plusieurs fois par seconde la vitesse de rotation des roues. Si la vitesse d'une roue est nulle, l'actionneur frein relâche un peu la pression.

• **D'autres exemples :** régulateur de vitesse, freinage automatique d'urgence (système de freinage d'urgence). Une voiture comporte de nombreux SIE.

Contraintes

• Le système doit être réactif, autonome, sûr et la consommation électrique faible.

II. Interface homme-machine

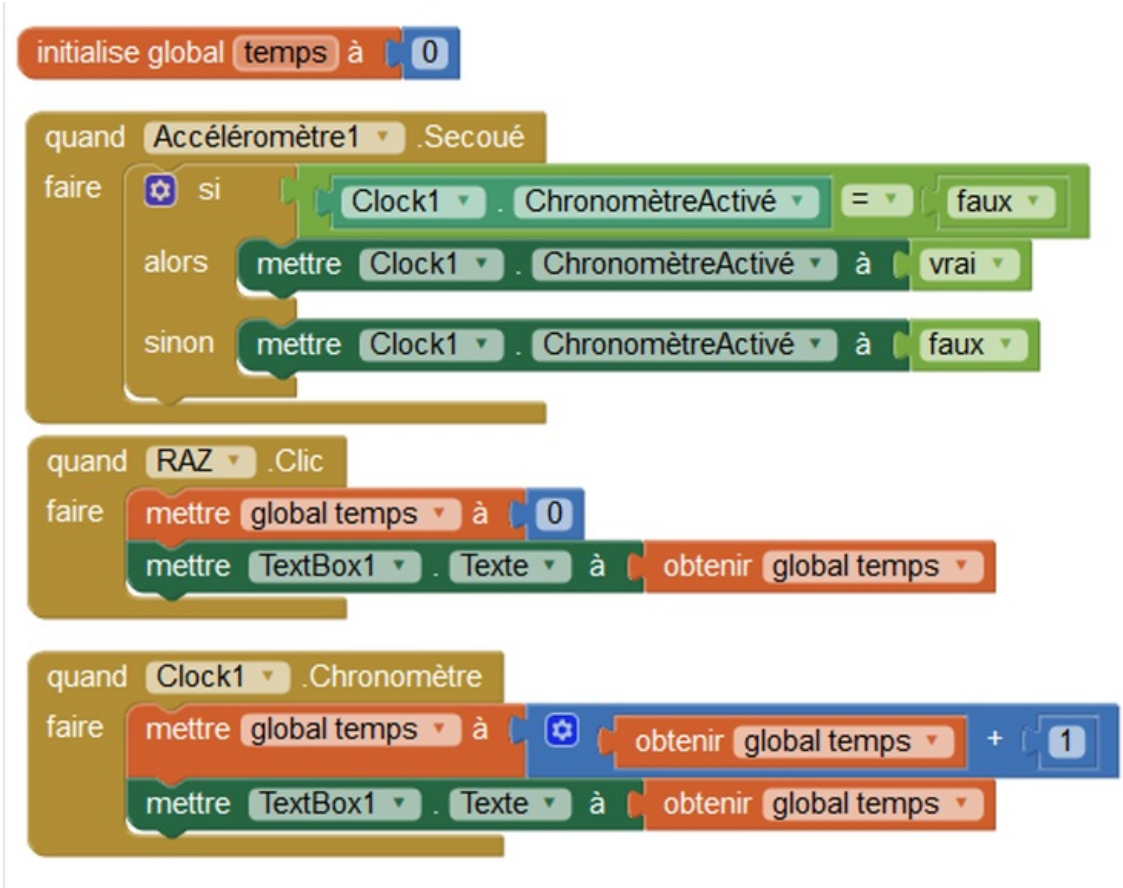
• Une **IHM** (interface homme-machine) est l'ensemble des dispositifs matériels et logiciels qui permettent à un utilisateur d'interagir (envoyer une donnée, obtenir une donnée, commander une tâche précise) avec un SIE. Elle concerne la stratégie globale, la supervision, la planification et les diagnostics. Elle doit être ergonomique, claire et intuitive.

• **Exemples d'IHM :** écran tactile, manette de console de jeu (avec ou sans joystick), reconnaissance vocale, casque de réalité virtuelle...

• **Exemples d'équipements possédant une IHM :** un thermostat ; un vélo à assistance électrique ; une caisse automatique (libre-service) d'hypermarché ; un chronomètre digital.

• Une application pour un smartphone est une IHM. On peut créer sa propre application (Android) en se rendant sur le site web suivant : ai2.appinventor.mit.edu.
On programme à l'aide de blocs, comme sur Scratch.

• Par exemple, on peut créer un chronomètre :



III. Objets connectés

• Un **objet connecté** est un objet équipé d'un SIE et qui peut se connecter à un réseau (souvent Internet) et ainsi accéder à des données.

• Les objets connectés peuvent communiquer (échanger des données) entre eux via un réseau. Ils possèdent une adresse IP. Lorsqu'ils sont connectés à Internet et grâce à des systèmes d'identification, on peut retrouver des appareils et les commander à distance pour mettre à jour le logiciel interne.

• **Exemple :** Un smartphone est l'exemple classique d'un objet connecté. Il possède un STR, des capteurs (micro, écran tactile...) et des actionneurs (moteur du vibreur, écran, lumière du flash...).

• **D'autres exemples :** enceinte connectée, montre connectée, pneu connecté, le futur robot Mars 2020 Rover de la NASA (mars.nasa.gov/mars2020).

• L'IHM d'un objet connecté prend souvent la forme d'une application (sur smartphone ou tablette) ou bien d'une page web.

• Objet connecté sans IHM : Panneau d'affichage numérique du temps d'arrivée du prochain bus.

• **L'internet des objets** (*Internet of things* ou IoT) est l'ensemble des objets connectés entre eux et souvent sur Internet. On prévoit plus de 30 milliards d'objets connectés dans le monde en 2020.

• Points négatifs :
- les objets sont allumés en permanence (DEL connectée par exemple) ;
- la durée de vie est courte (gestion des déchets, recyclage) ;
- des terres rares sont utilisées (extraction polluante) ;
- le piratage est possible ;
- il existe une dépendance ;
- de nombreuses données sont à stocker dans des centres de données.

IV. Commande d'un actionneur, acquisition des données d'un capteur

• On peut créer des programmes en langage Python pour commander un objet informatisé comme un **micro:bit**. Il s'agit d'un nano-ordinateur composé d'un processeur ARM et de capteurs : accéléromètre, boussole numérique, thermomètre, 25 DEL, un port USB, deux boutons...

• L'éditeur Mu (codewith.mu/en/download) est adapté au micro:bit.
On peut également s'entraîner pas à pas avec microbit-micropython.readthedocs.io/fr/latest/.

• Le programme suivant permet de relever la température (de la puce de la carte) et de l'afficher :

```
from microbit import *
while True:
    if button_a.is_pressed():
        display.show(temperature())
    else :
        display.clear()
```

• Cette température est très proche de la température ambiante.

• Pour tester la bonne réactivité des boutons A et B, on peut tester le programme suivant :

```
import microbit

while True:
    if microbit.button_a.is_pressed() and microbit.button_b.is_pressed():
        microbit.display.scroll("AB")
        break
    elif microbit.button_a.is_pressed():
        microbit.display.scroll("A")
    elif microbit.button_b.is_pressed():
        microbit.display.scroll("B")
    microbit.sleep(100)
```

• La carte affichera (à l'aide des 25 DEL) AB si les deux boutons A et B sont pressés en même temps ; la carte affichera A si l'utilisateur appuie uniquement sur le bouton A et B si l'utilisateur appuie uniquement sur le bouton B.

• Prenons l'exemple d'une réponse aléatoire à une question.

```
from microbit import *
import random

phrases = ["Oui","Non","Peut-être"]

while True:
    display.show('Q?')
    if accelerometer.was_gesture('shake'):
        display.clear()
        sleep(1000)
        display.scroll(random.choice(phrases))
    sleep(10)
```

• La carte affiche le texte « Q ? ». Si la carte est secouée, alors au bout d'une seconde (1 000 millisecondes) s'affichera au hasard « Oui », « Non » ou « Peut-être ».

• D'autres possibilités existent pour créer un objet informatisé : carte Arduino UNO, carte Playground Express, Raspberry Pi...

Exercice n°1

Exercice n°2

Exercice n°3

Exercice n°4

Exercice n°5

© 2000-2025, Miscellane