# Cours de microinformatique

## Définition

Micro(-)informatique, *nom féminin*

Sens Général :

Domaine de l'informatique relatif aux micro-ordinateurs

Sens particulier pour ce cours :

Domaine de l'informatique relatif aux micro-contrôleurs

# … permettez-moi de me présenter …

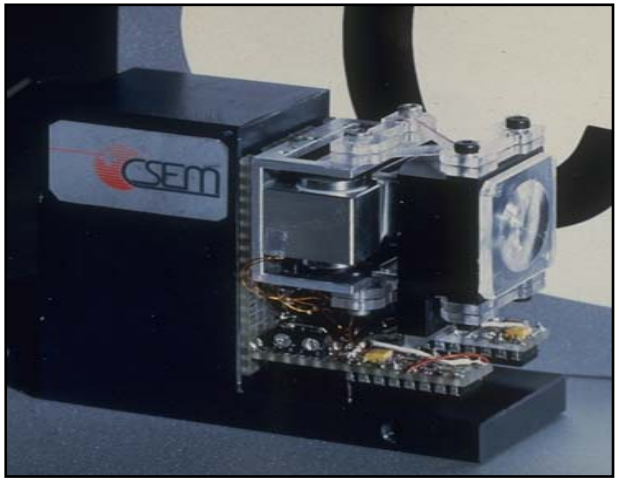


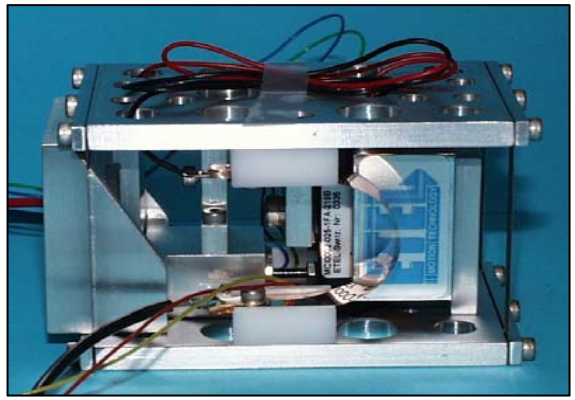
Lorenzo Zago

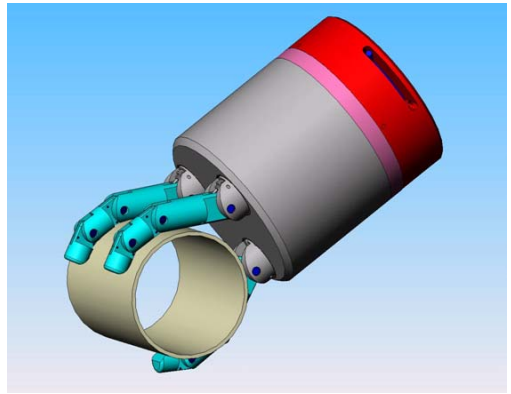
- 59 ans
- Expérience dans le développement de de systèmes opto-électro-mécaniques (en particulier au CSEM - Neuchâtel)
- Mon domaine de d'expérience et d'activité R&D à la HEIG-VD:
  - Applications informatiques scientifiques et techniques et informatique industrielle
  - Systèmes opto-mécatroniques de grande précision

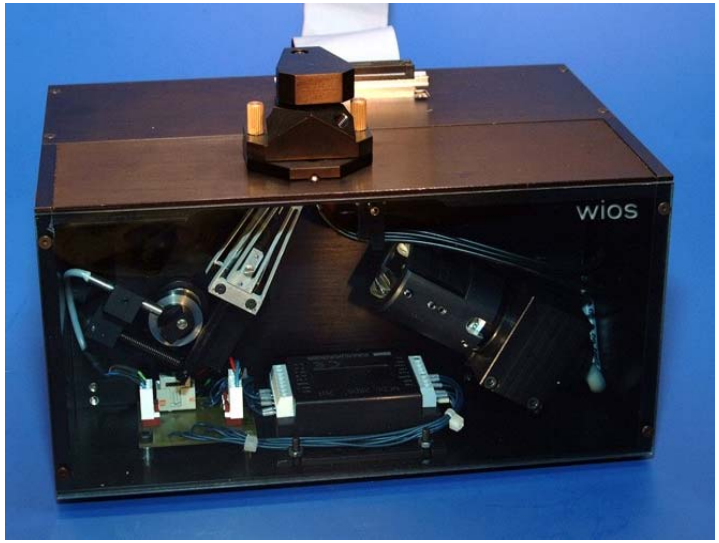
# Systèmes opto-mécatroniques de grande précision



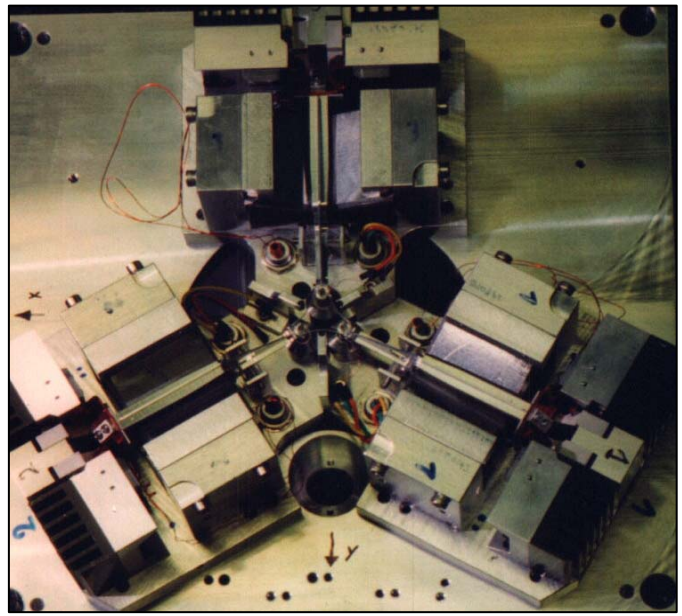






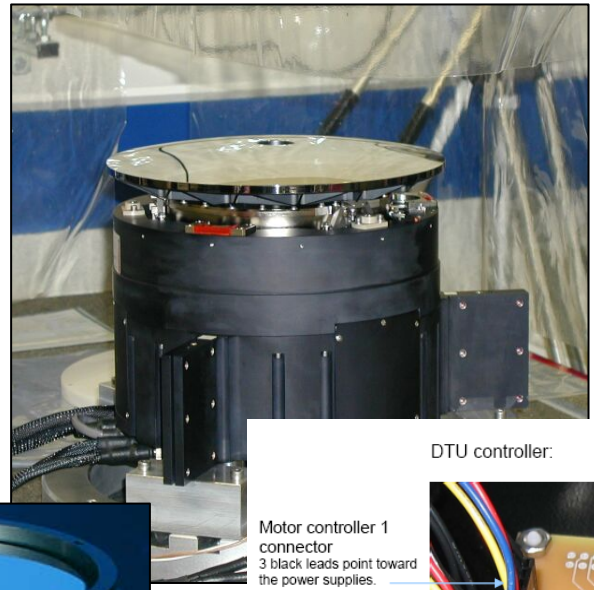

Applications industrielles

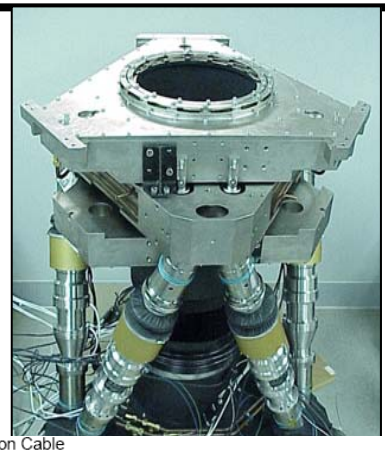


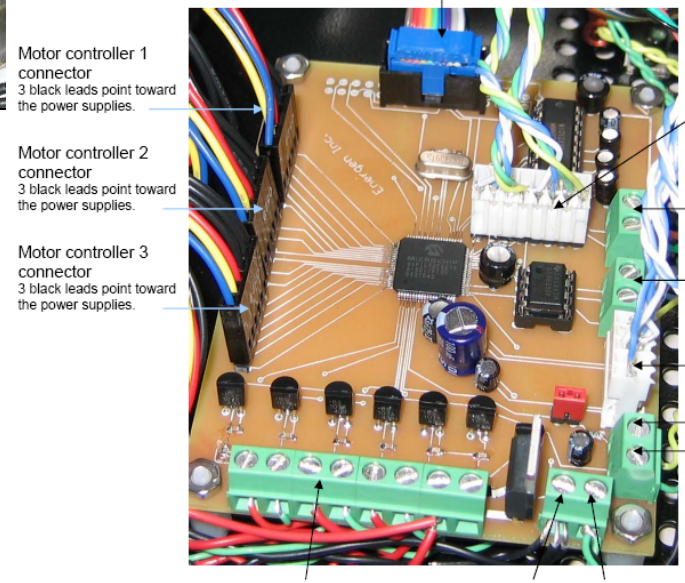


Copyright 2007 CSEM

# Systèmes opto-mécatroniques de grande précision





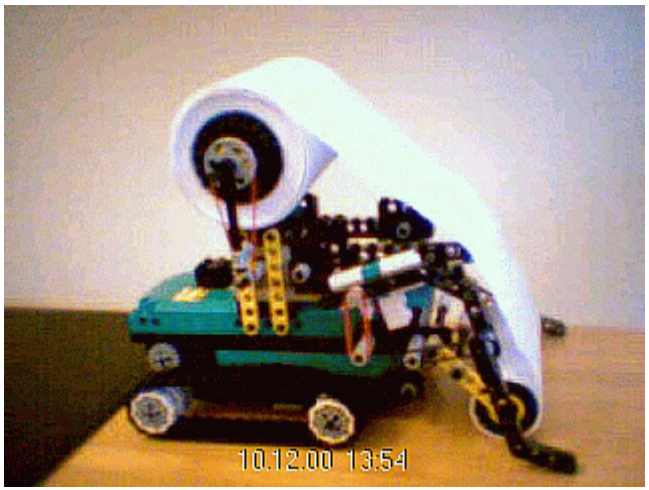


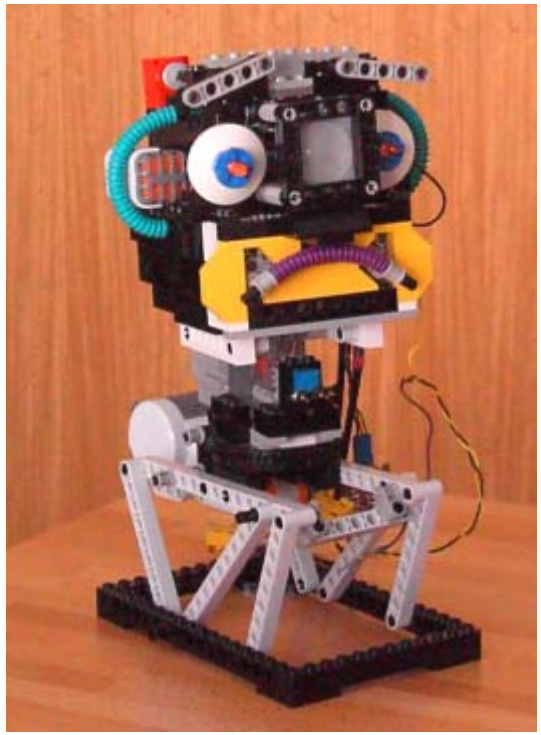

## Applications pour l'astrophysique



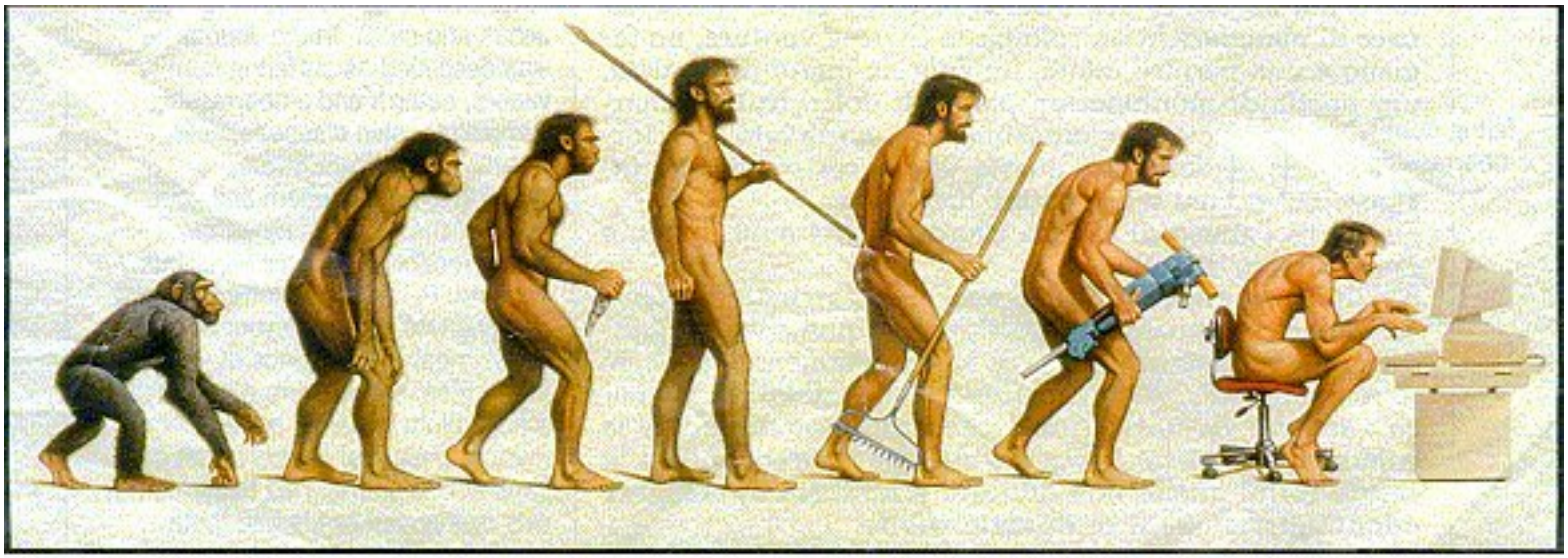
Copyright 2007 CSEM

# Hobby: robotique (Lego) et capteurs



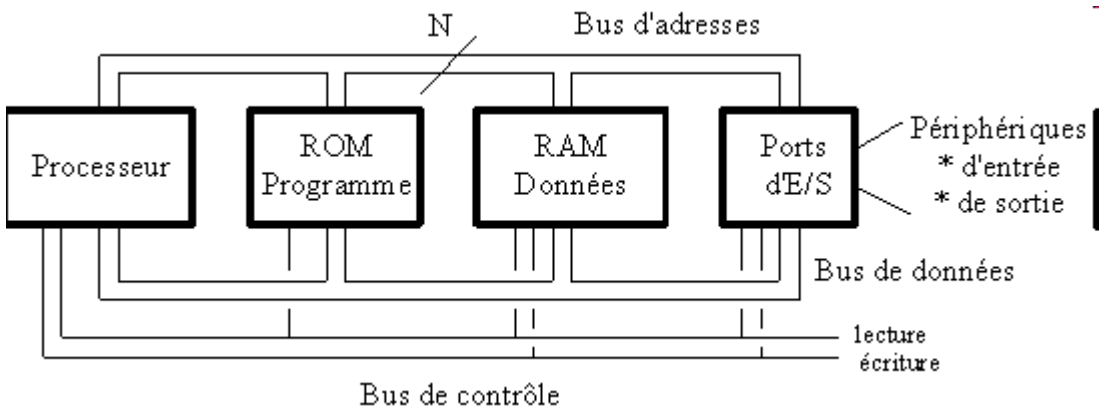



# Introduction à la microinformatique



'Quelque part, quelque chose a terriblement mal tourné ...'

## Structure d'un microprocesseur



## Définition du microcontrôleur

Un **microcontrôleur** est un **circuit intégré** qui rassemble les éléments essentiels d'un ordinateur : **processeur**, **mémoire** (mémoire morte pour le programme, mémoire vive pour les données), **unités périphériques** et **interfaces d'entrée - sortie**.

Les **microcontrôleurs** se caractérisent par un plus **haut degré d'intégration**, une plus **faible consommation électrique** (quelques milliwatts en fonctionnement, quelques nanowatts en veille), une **vitesse de fonctionnement plus faible** (quelques mégahertz) et un coût réduit par rapport aux microprocesseurs polyvalents utilisés dans les ordinateurs personnels

Par rapport à des systèmes électroniques à base d'un microprocesseur et de composants séparés, les microcontrôleurs permettent donc de **diminuer la taille**, **la consommation électrique et le coût** des produits. Ils ont ainsi permis de démocratiser l'utilisation de l'informatique dans un grand nombre de produits et de procédés.

Les microcontrôleurs sont fréquemment utilisés dans les **systèmes embarqués**, comme les contrôleurs des moteurs automobiles, les télécommandes, les appareils de bureau, l'électroménager ...

## Le domaine visé : les systèmes embarqués

La plus grande partie des systèmes informatiques utilisés de nos jours sont des systèmes embarqués :

- ⇨ téléphones mobiles, horloges, baladeurs, récepteurs GPS, électroménager,
- ⇨ véhicules de transport.

Les systèmes embarqués se démarquent des systèmes informatiques traditionnels selon plusieurs aspects :

- ⇨ ils présentent des contraintes de taille, de consommation électrique et de coût importantes ;
- ⇨ ils sont en général dédiés à une tâche bien précise.

La taille des programmes et la quantité de mémoire nécessaire est donc relativement modeste ;

- ⇨ ils doivent communiquer avec des dispositifs d'entrée - sorite :

  boutons, relais, résistances variables, optocoupleurs, moteurs électriques, LED, circuits intégrés logiques, etc. ;

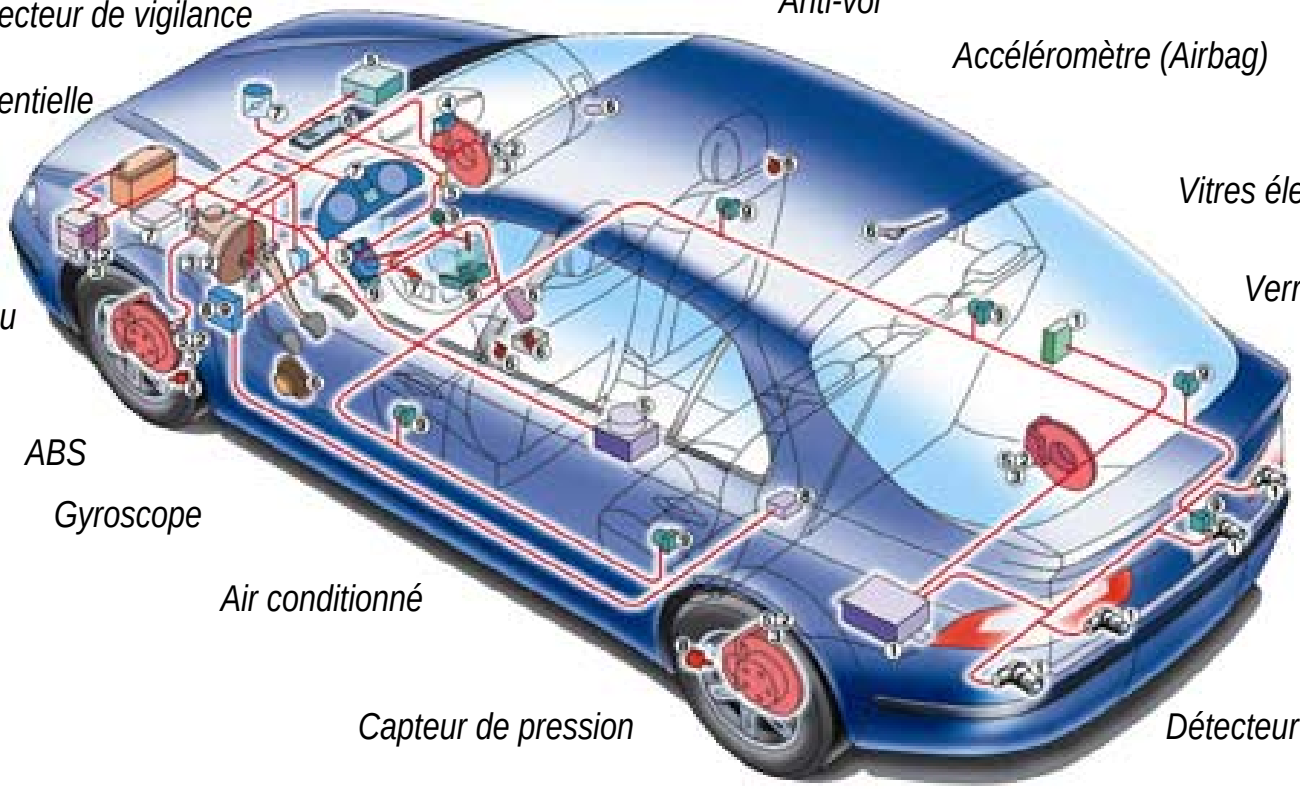
- ⇨ ils n'ont parfois aucun dispositif d'interface homme - machine (ni clavier, ni écran, ni disques, ni imprimante, etc.).

Par exemple, un contrôleur d'injection dans une voiture est totalement *invisible* pour le conducteur.

## Utilisations et volume du marché

Les microcontrôleurs représentent la plus grosse partie des ventes dans le marché des microprocesseurs.
En effet, un foyer moyen d'un pays développé est susceptible d'être équipé de seulement un ou deux microprocesseurs généralistes (ordinateurs), mais d'une ou deux douzaines de microcontrôleurs (appareils électroménagers).
Une automobile de milieu de gamme est équipée d'au moins 50 microcontrôleurs

## Systèmes embarqués pour automobile



## Systèmes embarqués grand public

*Mémoire Flash*

*Téléphone cellulaire*

*Lecteur audio / vidéo*

*PDA : assistant numérique personnel*

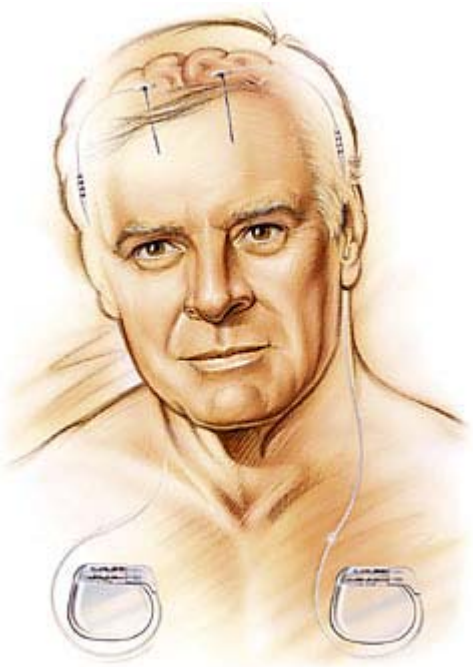
*Appareil de photo numérique*

## Applications biomédicales

Capteur de mesure d'insuline

Pompe à insuline

Pacemaker, défibrillateur



Stimulateur électrique
(Parkinson)

Appareil auditif

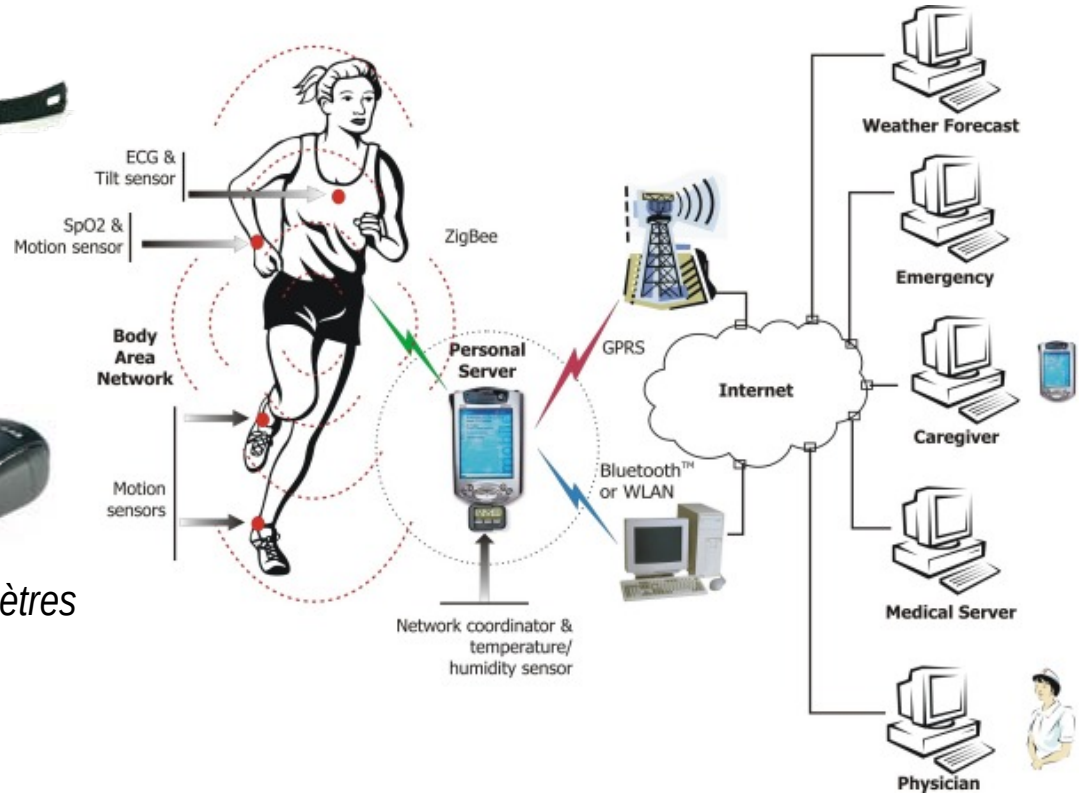
## Systèmes embarqués pour la mesure des performances sportives

*Ceinture*

*Montre*

*Accéléromètres*

*Electrostimulateur*



# Objectifs du cours

- Apprendre les bases de l'utilisation et la programmation de microcontrôleurs nécessaires à tout ingénieur en électronique, mécatronique, microtechnique, systèmes énergétiques (c.à.d. pas particulièrement spécialisé en informatique et systèmes embarqués.

- A l'issue de cette unité d'enseignement, l'étudiant-e sera capable de :
  - expliquer l'architecture de base des microcontrôleurs ;
  - décrire le mécanisme de contrôle du déroulement d'un programme (appels de sous-programmes) ;
  - expliquer le fonctionnement des périphériques les plus utilisés (Timer, interface sérielle UART) ;
  - configurer des périphériques ;
  - programmer des applications de base en assembleur et en C ;
  - programmer une application avec plusieurs interruptions imbriquées.

- A l'issue des travaux pratiques en laboratoire, l'étudiant-e sera en outre capable de :
  - maitriser un outil de développement ;
  - configurer les registres des périphériques ;
  - configurer le mécanisme de gestion des interruptions ;
  - mettre au point l'application sur le matériel cible ;
  - créer un protocole de communication bas niveau entre un maître et un esclave.

# Supports de cours

- Les copies des Powerpoint et tous autres articles distribués durant le cours
- Les données des manips de labo
- Wikipedia, Internet
- etc.

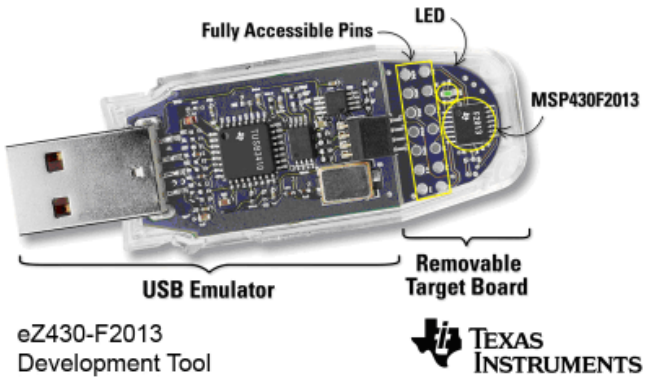
Les présentations et tous les liens utiles seront disponible sur la page du cours
**http://php.iai.heig-vd.ch/~lzo/micro**

# Connaissances préalables

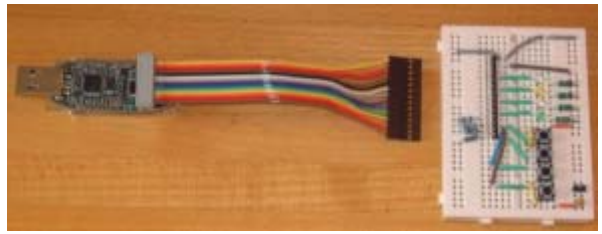
- Absolument nécessaire:
  - Bases de programmation en C
  - Quelque pratique de logiciels type Excel ou Matlab
  - Anglais (en lecture)

# Vous recevrez (contre signature)

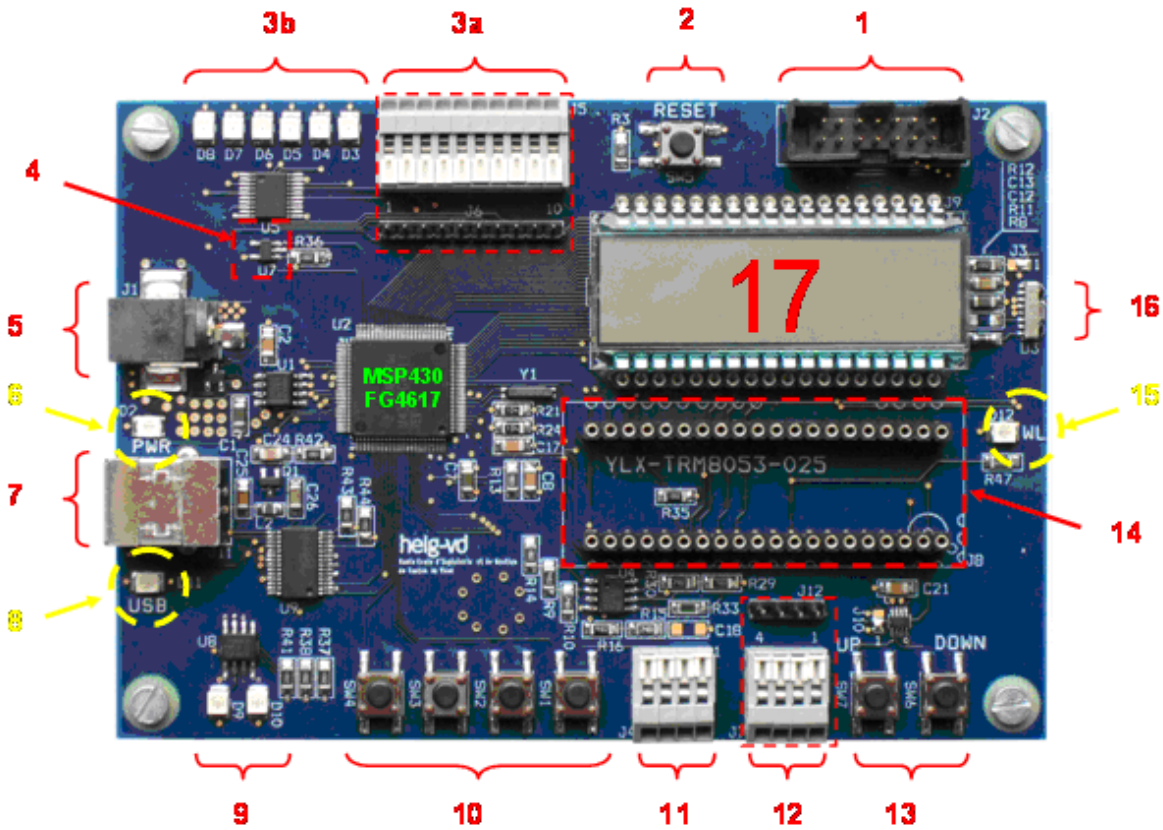
- Un kit ez430 (plus un deuxième module F2012) qui est de la taille d'une clé usb, il sert de programmateur, débogueur et simulateur.



- Une carte d'expérimentation prototype



# Carte d'expérimentation avancée pour les séances de labo ultérieures



# Contrôle et notes

- **Contrôle continu**:
  Il y aura **trois travaux écrits** .

- Pour le labo: des **évaluations** sont attribuées pour chaque travail pratique (qui dans certains cas peut durer plus qu'une séance):
  - Préparation (si des taches ont été attribuées au cours précédent): 20%
  - Avancement en classe: 50%
  - Compte-rendu (log-book, rapport si demandé): 30%

  (ces pourcentages sont indicatifs and peuvent varier de cas en cas)

- **Rémédiation** possible si >= 3,5

# Ponderation

Contrôle continu: 50%

- TE-1: 30%
- TE-2: 35%
- TE-2: 35%

TP de labo: 50%

# Les règles du jeu - TE

Un TE typique inclura:

- Des questions conceptuelles, parfois en forme de QCM
- Des exercices basés sur le travail en classe et au labo

Les questions et problèmes des TE peuvent regarder tout ce qui

- a été **dit** durant le cours (prenez des notes !)
- ce **trouve** dans les Powerpoint distribués (si quelque chose n'est pas claire, demandez …)
- ce trouve dans les articles et la documentation qui auront été **explicitement** demandé comme travail personnel
- tous les exercices faits en classe et au labo

Avant chaque TE, je distribue une liste de tous les sujets possibles.

**Rien de plus, mais aussi rien de moins**

## Programme du cours

- La numération
- Introduction aux microcontrôleurs et au MSP430
- Unité logique et arithmétique, multiplicateur
- GPIO, TE-1
- Interruptions
- Horloges, timers
- TE-2
- Conversion AD et DA
- Communication série
- Modes à basse consommation
- TE-3

## Sujets de laboratoire (tentative)

1/2 : Exercices sur la numération

2/3 : Découverte des outils de développement,
arithmétique (addition, soustraction, multiplication, opérateurs binaires) en assembleur et en C

4/6 : Premiers programmes avec le module EZ430 (GPIO, interruptions, timer)

7/8 : Programmation avec la carte d'expérimentation: LCD, console USB, horloge

9/10 : ADC/DAC avec le module EZ430 avec la carte d'expérimentation

11/12 : Programmation avec la carte d'expérimentation: communication série, basse consommation